

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

PREVISÃO DE CHEIAS COM MODELOS SIMPLIFICADOS
DO PROCESSO CHUVA-VAZÃO

Dissertação de Mestrado

Ademar Cordero

Orientador: Prof. Dr. Antônio Eduardo Lanna

PORTO ALEGRE, julho de 1988

5/10/88
10/10/88

PREVISÃO DE CHEIAS COM MODELOS SIMPLIFICADOS
DO PROCESSO CHUVA-VAZÃO

Trabalho apresentado como requisito
para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil. Área de
concentração: Recursos Hídricos e
Saneamento.

Porto Alegre, julho de 1988.

RESUMO

Os danos causados pelas enchentes podem ser reduzidos através de duas linhas básicas de ações. Uma é através das obras estruturais e a outra pelas medidas não-estruturais. As obras estruturais nem sempre conseguem controlar totalmente as inundações, por isso, a população que corre o risco de ser atingida pelas águas deve aprender a conviver com as enchentes. Para isso, é necessário estabelecer um mecanismo de alerta durante as cheias, que permitam avisar a comunidade o nível que o rio atingirá, e o momento em que ele vai ocorrer. Isto é possível, através de modelos hidrológicos de previsão de cheia em tempo atual.

Um modelo precipitação-vazão para previsão de cheia em tempo atual, baseado no hidrograma unitário (MOPHUD), foi aplicado para uma bacia de cabeceira. As previsões foram feitas a partir da chuva efetiva, pela convolução do hidrograma unitário. A chuva efetiva foi determinada deduzindo da chuva total as perdas, e estas, foram determinadas recursivamente através do método índice- ϕ . A chuva considerada na previsão foi a que caiu até o momento da previsão, deste momento em diante ela foi considerada nula.

A aplicação do modelo foi na bacia de Ibirama (SC) que tem 3314 Km² de área. As previsões foram de 2, 4, 6 e 8 horas de antecedência. Os resultados deste estudo foram comparados com os obtidos por Cruz (1987).

ABSTRACT

The harms caused by the floods can be reduced through two acting basic lines. One is through structural works and other through non-structural. The structural works are not mostly capable of providing for a whole control of the inundation and, consequently, the population which runs the risk in being reached by the waters should learn how to live with the flood. For this, it is necessary to establish a warning mechanism during the flood which permits to tell the population the level to be reached by the river and the time which it will occur. This is possible through the forecasting hydrological models in real time.

A real time forecasting rainfall-runoff model of flood based on the unit hydrograph (MOPHU) was applied for a headwaters basin. The forecasting were done from the rainfall excess, convolved with the unit hydrograph. The rainfall excess was determined through deducing the losses from the total rainfall, which were determined recursively through the ϕ -index method. The rainfall considered in the forecasting was the one which fell down up to the forecasting moment, from that moment on it was considered null.

The applicability of the model was conducted at the Ibirama (SC) basin, with a 3314 km² area. The forecasting were done 2, 4, 6 and 8 hours ahead of time. The results of this study were compared with those obtained by Cruz (1987).

A G R A D E C I M E N T O S

Ao prof. Dr. Antônio Eduardo Lanna, agradecimentos especial pela orientação e incentivo para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Ao prof. Hélio dos Santos Silva agradeço pelas sugestões e discussões durante este estudo.

Reconhecimento pelo empenho do Diretor do Centro Tecnológico, prof. eng^o Wilson Lang e da Coordenadora do Projeto Crise prof^a Beate Frank da Universidade Regional de Blumenau, pela minha liberação para a realização desta dissertação.

Ao funcionário Marcel Siebert do Projeto Crise - FURB, agradeço pelo apoio que prestou na confecção deste trabalho.

Ao estudante Charles Adriano agradeço pela elaboração dos programas computacionais para confecção gráfica deste trabalho, através do plotter.

SUMÁRIO

CAPITULO - I

INTRODUÇÃO	1
------------------	---

CAPITULO - II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
-----------------------------	---

CAPITULO - III

METODOLOGIA	13
3.1 - Introdução	13
3.2 - Modelo de Previsão Tipo ARMAX	14
3.2.1 - Estimativa Recursiva dos Parâmetros	15
3.2.1.1 - Técnica Ordinária dos Mínimos Quadrados	15
3.2.1.2 - Técnica Tradicional dos Mínimos Quadrados	16
3.2.1.3 - Técnica Recursiva dos Mínimos Quadrados .	18
3.3 - Modelo de Previsão baseado no Hidrograma Unitário	21
3.3.1 - Introdução	21
3.3.2 - Estimativa do Hidrograma Unitário	21
3.3.2.1 - Método de Inversão de Matriz	23
3.3.3 - Retardo Inicial	25
3.3.4 - Processo Recursivo de Estimativa das Perdas	26
3.3.5 - Previsão Final	28

3.4 - Modelo Chuva-vazão IPH-II	29
3.4.1 - Perdas por Evaporação e Intercepção	29
3.4.2 - Separação de Escoamentos	30
3.4.3 - Propagação dos Escoamentos Superficial e Subterrâneo	36
3.4.4 - Comentário	38
3.5 - Modelo Conjugado	39
3.6 - Testes de Informação	41
3.6.1 - Introdução	41
3.6.2 - Função Autocorrelação (ou Autocorrelação)...	42
3.6.2.1 - Limites de Confiança	43
3.6.3 - Função Correlação Cruzada	44
3.6.3.1 - Limites de Confiança	44
3.7 - Testes de Adequação	45
3.7.1 - Análise Visual	45
3.7.2 - Coeficiente de Persistência	45
3.7.3 - Coeficiente de Eficiência Relativa	46

CAPITULO - IV

REGIÃO DE ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS	47
--	----

CAPITULO - V

APLICAÇÕES E RESULTADOS	56
5.1 - Modelo MOPHU	56
5.1.1 - Passos de Previsão	56
5.1.2 - Resultados obtidos.....	59
5.2 - Modelos de Previsão de Erro Tipo ARIMAX	76
5.2.1 - Testes de Informação	76
5.2.1.1 - Análises dos Testes	76
5.2.2 - Modelos Testados	85
5.2.2.1 - Escolha do Melhor Modelo	89

5.3 - Modelo Conjugado (MOPHU + ARIX).....	91
5.3.1 - Testes de Informação	91
5.3.1.1 - Análise dos Testes	91
5.3.2 - Comentário dos Resultados	100
5.4 - Modelos de Previsão de Vazão ARIMAX, IPH-II e Conjugado	101
5.4.1 - Testes de Informação	118
5.4.1.1 - Análise dos Testes	118
5.5 - Análises dos Resultados	136
5.5.1 - Análise Visual.....	136
5.5.2 - Coeficientes de Persistência	136
5.5.3 - Coeficiente de Eficiência Relativa	138
5.6 - Aplicação do MOPHU com Precipitação Puntual	149
5.6.1 Análise dos Resultados	150

CAPITULO - VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	158
----------------------------------	-----

CAPITULO - VII

BIBLIOGRAFIA	163
APÊNDICE A	168
APÊNDICE B	174
APÊNDICE C	180

C A P Í T U L O - 0

INTRODUÇÃO

As inundações que ocorreram durante as últimas cheias no sul do Brasil, principalmente em julho de 1983 evidenciaram de forma dramática a necessidade de que seu controle seja realizado, visando minimizar os prejuízos decorrentes, incluindo a proteção da vida humana.

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem principalmente devido a uma combinação entre uma excessiva precipitação pluviométrica com certas conformações geométricas e topográficas da bacia hidrográfica. Os desmatamentos e as urbanizações são fatores agravantes das cheias e não causadores das mesmas.

Os danos causados pelas inundações podem ser evitados ou reduzidos através de duas linhas básicas de ação. A primeira é através das medidas estruturais, nestas estão englobadas as medidas físicas de engenharia constituídas pelo homem para reduzir o risco de enchentes, tais como: controle de cobertura vegetal, reservatórios, diques de terra, cortinas de concreto, canais extravasores, melhoramentos nas seções dos rios, etc. Porém, estas obras são geralmente muito caras, sendo que muitas delas apenas amenizam o problema, não solucionam por definitivo. A segunda linha de ação para enfrentar o problema é através das soluções não-estruturais, estas tem por objetivo minimizar os danos através da melhor convivência da população com as enchentes. Uma solução deste tipo é a previsão de nível do rio em tempo atual, com a emissão de

alerta, nesta alternativa está inserido o escopo deste estudo. Outras soluções são a regulamentação do uso da terra, o seguro de enchentes etc.. A previsão de níveis em tempo atual, quando associada ao zoneamento de áreas inundáveis, permite que a cada nível previsto, a população possa identificar a área de inundação correspondente e, dessa forma saber se sua residência, indústria, casa comercial, etc., vai ser atingida pelas águas. Através desta informação poderá ser feito o deslocamento de pessoas, animais e material que possa ser danificado. Essas medidas podem ser eficazmente utilizadas tanto na ausência quanto na existência de obras estruturais de controle de cheias, caso em que colaborariam para aprimorar suas operações no controle dos impactos de cheias, cujos efeitos não possam ser totalmente anulados pelas obras.

Os problemas de cheias no Brasil não são recentes. Até bem pouco tempo seu controle era realizado em grande parte por obras de engenharia. Após as ocorrências das cheias de 1983 iniciou-se a implantação de várias redes telemétricas de dados hidrométricos no sul do país, possibilitando com isso a execução de previsão em tempo atual de vazão ou nível em seções críticas. A implantação de sistemas de previsão requer o desenvolvimento em paralelo de modelos de previsão em tempo atual adequados às condições em que deverão ser utilizados. Para isso, há que se contar com os poucos dados existentes para o ajuste e teste do modelos, muitos deles obtidos somente a partir da instalação da rede telemétrica. Isso justifica a pesquisa de modelos que se adaptem a situações de carência de dados, como a descrita acima.

Em uma bacia hidrográfica são usados basicamente três tipos de modelos: 1) chuva-vazão; 2) vazão-vazão (propagação); e 3) híbrido.

O primeiro tipo de modelo, chuva-vazão é usado geralmente em bacias de cabeceira, quando não existe estação fluviométrica à montante da seção que se deseja realizar a

previsão, ou mesmo, se existir e o tempo de viagem da onda entre a estação fluviométrica de montante e a seção que se deseja fazer a previsão for muito curto.

Os modelos precipitação-vazão existentes na literatura variam desde os mais simples até os mais sofisticados. Entretanto, os modelos sofisticados tais como alguns conceituais, embora de grande interesse na aplicação da transformação chuva-vazão, têm restrições na sua aplicação em previsão de vazão em tempo atual. A complexidade envolvida exige a necessidade em obter muitas informações que acompanhado da dificuldade da atualização dos seus parâmetros, são os principais fatores que limitam seu uso. Por isso, geralmente os modelos mais simples são preferidos quando se trata de previsão de cheias em tempo atual.

O tempo máximo à frente, ou seja, o tempo de previsão "lead time" que se pode realizar as previsões, depende do tempo de resposta da bacia.

Dentre os modelos precipitação-vazão desenvolvidos para previsão de cheias podemos citar: o modelo linear baseado no hidrograma unitário (Chander and Shanker, 1984), os modelos de função de transferência (Moore, 1982), o modelo de armazenamento não-linear (Lambert e Lowing, 1980) e os modelos conceituais (Kitamidis e Bras, 1980.a; Manley, et alii, 1980).

O segundo tipo de modelo, vazão-vazão, é geralmente usado nas seções inferiores da bacia, onde grande parte das vazões vem da seção de montante. Neste caso, a contribuição de percurso entre a seção de montante e a seção da previsão é desprezível.

O terceiro tipo de modelo, híbrido, é utilizado nas seções intermediárias da bacia, quando as vazões consideráveis são aquelas advindas tanto de seções à montante quanto às de contribuições em percurso.

Quando modelos vazão-vazão podem ser empregados, geralmente é adequado o uso de modelos empíricos lineares. Isso foi verificado, no rio Danúbio (Ambrus e Szöllösi-Nagy, 1984), no rio Itajaí-Açú em Blumenau (Lanna e Valença, 1985), no rio Uruguai em Uruguaiana e Itaquí, e no rio Jacuí em Cachoeira do Sul (Lanna 1986). Este procedimento é aceitável uma vez que é possível a representação do processo de propagação de vazão em rios por funções lineares em curtos intervalos de tempo, o que atende a necessidade da previsão. A vantagem desses modelos, além de sua simplicidade, está na facilidade de incorporação de um algoritmo de atualização de parâmetros em tempo atual.

Já os modelos chuva-vazão procuram representar geralmente um processo altamente não-linear. Nesses casos modelos conceituais têm sido utilizados para previsão de cheia em tempo atual. Ao contrário dos modelos vazão-vazão, em que se procura simplesmente representar um processo de deslocamento de água no espaço unidimensional, os modelos chuva-vazão procuram representar um processo de partição da água precipitada (principalmente a infiltrada e a escoada superficialmente), seguido do processo de deslocamento da água, distribuída espacialmente na bacia. Na fase de partição da chuva, a umidade do solo é a grandeza principal que comanda o processo, sendo portanto, importante a sua atualização recursiva, além dos outros parâmetros do modelo.

Existe, contudo, nos modelos conceituais complexos, uma maior dificuldade de atualização recursiva dos parâmetros. Neste caso, pode-se adotar dois caminhos: a) a utilização de um modelo bastante simples que possa ter seus parâmetros e/ou o estado de umidade do solo atualizados com facilidade, podendo ainda ser conjugado com um modelo empírico linear, para corrigir as previsões do primeiro; b) a utilização de um modelo mais complexo, com parâmetros fixos, cujas previsões sejam corrigidas com um modelo empírico linear.

O objetivo deste estudo é investigar a possibilidade de adotar um modelo do processo chuva-vazão simples, para previsão de cheia em tempo atual em bacias de cabeceira, com parâmetros atualizados recursivamente.

Para filtrar os erros de previsão do modelo chuva-vazão, serão testados modelos do tipo ARIMAX. Assim, o valor final da previsão será a soma da vazão prevista pelo modelo chuva-vazão, com o valor do erro previsto pelo modelo ARIMAX.

C A P Í T U L O - I I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existe na literatura um considerável número de modelos matemáticos do processo chuva-vazão, os quais variam dos mais complexos de múltiplos parâmetros, que procuram descrever conceitualmente o processo, até os mais simples, que buscam exclusivamente aproximações do processo. Estes modelos podem ser classificados de uma forma geral em conceituais e empíricos. Os primeiros consideram o processo físico da transformação chuva-vazão e os empíricos se baseiam nas características estocásticas das séries de variáveis envolvidas, sem se preocupar com o processo físico.

Para previsão de cheias em tempo atual podem ser usados modelos conceituais ou empíricos. A previsão pode ser realizada sem levar em conta as novas informações que chegam em cada intervalo de tempo ou levando em conta estas novas informações, para atualizar as variáveis e os parâmetros dos modelos.

Os modelos encontrados na literatura, normalmente não levam em conta as novas informações. Na última década é que tem existido uma preocupação maior no desenvolvimento de modelos recursivos, isto é, que utilizam as novas informações que chegam a cada intervalo de tempo para atualizar as variáveis e os parâmetros do modelo.

A seguir será descrito de forma sucinta os modelos hidrológicos mais simples do processo chuva-vazão, que podem ser ou que já foram utilizados em previsão de cheia em tempo atual, em bacias de cabeceira ou em pequenas bacias.

Modelos Chuva Efetiva-Escoamento Superficial

Sherman (1932) foi o primeiro hidrólogo a considerar a possibilidade de ocorrer uma única hidrógrafa de escoamento superficial para chuvas de mesma duração e volume, caídas sobre a mesma bacia. Baseou-se no fato de que o escoamento superficial é função das características físicas da bacia e da chuva que o provocou. Havendo pouca variação nas características físicas, este escoamento é dependente fundamentalmente da precipitação.

A hidrógrafa unitária é considerada como representação do escoamento superficial devido a um excesso de chuva unitária de duração especificada, distribuída uniformemente sobre a bacia considerada. O conceito de hidrograma unitário tornou-se largamente aceito como uma das mais notáveis contribuições para a hidrologia. Prova disto é que nos dias atuais ainda se utiliza o hidrograma unitário em larga escala.

Zoch (1934) apresentou originalmente o modelo dito reservatório linear simples. Este modelo utiliza a equação da continuidade e a equação de armazenamento para determinar o hidrograma unitário instantâneo. O mesmo é convolucionado com a chuva efetiva para determinar a escoamento superficial. Este modelo tem um único parâmetro.

Sugawara e Maruyama (1956) utilizando a mesma analogia do reservatório linear, assumiram dois reservatórios em cascata ou em série, onde cada reservatório possui um parâmetro diferente. O hidrograma unitário instantâneo deste modelo foi determinado considerando que a saída do primeiro reservatório seria a entrada do segundo.

Nash (1957) representou o escoamento superficial por "N" reservatórios em forma de cascata. Cada reservatório produziu o efeito de armazenamento utilizando a mesma relação linear do modelo do reservatório linear simples e o parâmetro k seria igual para todos os reservatórios.

Clark (1957) utilizou o histograma tempo-área para levar em conta o efeito de translação. O modelo tempo-área procura levar em conta a variação do tempo de contribuição de diferentes partes da bacia. Para isso são determinadas as isócronas, que são as linhas que unem os pontos da bacia que têm o mesmo ponto de concentração com relação à seção principal.

Para levar em conta os efeitos de translação e armazenamento, Clark combinou o modelo do reservatório linear simples com o histograma tempo-área (HTA). A precipitação é transladada pelo HTA e depois amortecida pelo reservatório linear simples. Os dois efeitos não estão disassociados na realidade e o amortecimento provocado pelo reservatório produz, também, uma defasagem.

Dooge (1959) generalizou a combinação dos efeitos de armazenamento e translação. Na realidade, este procedimento procura levar em conta o efeito de distribuição da chuva na bacia e o amortecimento no escoamento. Dooge assumiu o seguinte: a) para uma área de mesmo tempo de concentração, a água que precipita sobre esta área deve passar pelos mesmos reservatórios até a seção principal; b) todos os reservatórios têm o mesmo coeficiente de armazenamento.

O efeito da distribuição da precipitação na bacia, passa a ser crítico quando a área aumenta e em conseqüência, o tempo de concentração da bacia também aumenta. Para bacias com grandes declividades, superfícies impermeáveis e pequenas áreas, este efeito é pequeno.

Modelos Aplicados em Previsão de Cheia em Tempo Atual

Lambert (1969) desenvolveu um modelo precipitação-vazão denominado ISO "Input-Storage-Output", mais tarde foi extendido por Mckerchar(1975), Lowing et alii(1975) e Green(1979). Eles partiram da equação da continuidade $dS/dt = p - e - q$, onde $S=S(t)$ é o armazenamento na bacia, $p=p(t)$ é a precipitação média, e e q são a evaporação e a vazão respectivamente. No caso de previsão

e é considerado zero e S é dado em função de q , pela seguinte expressão: $S = K \log q$. Este modelo foi aplicado originalmente numa sub-bacia do Ceiriog ($113,7 \text{ Km}^2$) que fica localizada na bacia do rio Dee, na Inglaterra.

Tucci e Clarke (1980) utilizaram o modelo IPH-II para previsão de vazão em tempo atual, com calibração recursiva de seus parâmetros, mediante técnica iterativa de otimização, visando minimizar a soma dos quadrados dos erros de previsão.

Para diminuir o tempo de computação os autores usaram uma alternativa simplificadora, que consiste em reter na memória do computador somente os M valores observados mais recentes da chuva e vazão, junto como os conteúdos dos armazenamentos do modelo ao tempo $t-M$, para efetuar a atualização dos parâmetros no tempo t . Assim os conteúdos dos armazenamentos sintetizam a história das condições da bacia ao tempo $t-M$.

Chander e Shanker (1984) propuseram um modelo de previsão de vazão em tempo atual, recursivo, baseado no hidrograma unitário da bacia. Primeiramente foi determinado o hidrograma unitário da bacia, o mesmo foi utilizado para determinar as perdas, através do método do índice- ϕ . Determinada a perda, foi calculada a chuva efetiva. Finalmente foi feita a previsão através da convolução do hidrograma unitário com a chuva efetiva.

O modelo tem os seguintes parâmetros: o tempo de retardo inicial e o hidrograma unitário da bacia, que após terem sido determinados foram considerados constantes para a bacia e o parâmetro de infiltração (índice- ϕ), este foi atualizado em cada intervalo de tempo, recursivamente, através da minimização da soma dos quadrados dos erros. Este método foi testado originalmente em duas bacias indianas, uma de 833 Km^2 e a outra de $119,6 \text{ Km}^2$.

Corradini et alii(1985) propuseram um modelo semi-distribuído precipitação-vazão para previsão de cheia em tempo atual. Este modelo determina a chuva efetiva de modo similar ao modelo anteriormente descrito. A diferença básica deste modelo com relação ao anterior está na transformação da chuva efetiva em vazão superficial, que neste caso utiliza o método de Clark (1957).

Delleur e Obled(1985) aplicaram dois modelos em series para previsão de cheia em tempo atual. O primeiro modelo foi utilizado para transformar a chuva total em efetiva, este modelo é do tipo conceitual não linear. O segundo é um modelo de função de transferência, que utiliza a chuva efetiva determinada pelo primeiro modelo e transforma em vazão superficial. Os coeficientes são estimados recursivamente, segundo dois algoritmos: dos mínimos quadrados e da máxima verossimilhança.

Corradini e Melone(1986) apresentaram um modelo para previsão de cheias em tempo atual semi-distribuído, para grandes bacias. Neste modelo, a determinação das perdas tentam levar em conta a física do processo de infiltração. O modelo atualiza recursivamente dois parâmetros: o coeficiente de escoamento e a sortividade das equações de infiltração.

Vargas et alii(1986) apresentaram um modelo para previsão de cheia em tempo atual, para bacias de cabeceira, cuja entrada fundamental é a chuva em desenvolvimento. Foi utilizado neste caso um modelo de função de transferência para representar o processo precipitação-vazão, com a utilização da metodologia do filtro de Kalman. Os parâmetros do modelo foram atualizados recursivamente através do algoritmo da máxima verossimilhança. O modelo foi aplicado numa bacia de 130 km² e as previsões foram realizadas para até 4 horas de antecedência.

Braga e Barros(1987) aplicaram dois modelos de previsão de cheias em tempo atual. Um conceitual, distribuído chuva-vazão(CRADEN), proposto por Pessoa (1986) e desenvolvido com o

propósito de empregar dados de precipitação fornecidos por um radar meteorológico e um modelo estocástico linear (MEL), apresentado por Braga(1981), do tipo compacto. O modelo empírico deu melhores resultados para previsão de 3 horas de antecedência. Os modelos foram aplicados em uma bacia paulista de 1948 Km².

Cruz (1987) testou os modelos IPH-II, estocásticos tipo ARIMAX e Conjugado (IPH-II+ARIMAX). O IPH-II foi utilizado para previsão de vazões em tempo atual, seus parâmetros foram ajustados "off-line". Os modelos estocásticos ARIMAX testados foram para previsão de vazões e erros em tempo atual. Os parâmetros destes modelos foram atualizados recursivamente pela técnica recursiva dos mínimos quadrados. O modelo conjugado foi definido como a soma da vazão prevista pelo IPH-II, com o valor do erro previsto pelo ARIMAX, nos seus devidos alcances.

O modelo ARIMAX aplicado para previsão de vazões deu bons resultados para alcances de até 4 horas de antecedência, enquanto que o IPH-II não teve um bom desempenho para estes alcances.

As previsões realizadas através do IPH-II não deram bons resultados. Porém a conjugação das vazões previstas pelo IPH-II, com a dos erros previstos por um modelo do tipo ARIMAX, deram resultados satisfatórios. Este estudo foi realizado na bacia de Ibirama, a mesma tem 3314 Km² de área e fica localizada em Santa Catarina.

Os modelos estocásticos lineares constituídos por uma equação auto-regressiva foram utilizados para previsão em tempo atual por diversos autores. Nestes tipos de modelos, a vazão prevista para um intervalo futuro é correlacionada com as vazões ocorridas nos intervalos passados, podendo ser correlacionadas também com outras variáveis, como a precipitação e a umidade do solo. A crítica que tem sido feita a estes tipos de modelos referem-se a sua incapacidade para operar adequadamente em situações muito diferentes das utilizadas para a

determinação de seus parâmetros . Este problema é minimizado em parte com técnicas recursivas de atualização dos parâmetros.

Comentário

Existem várias técnicas que possam ser usada na atualização recursiva dos parâmetros de um modelo hidrológico. As mais comuns são: a técnica recursiva dos dos mínimos quadrados e a do filtro de Kalman.

A técnica recursiva dos mínimos quadrados foi utilizada para atualizar parâmetros em modelos estocásticos por: Lanna e Valença (1985), Lanna (1986) e Cruz(1987).

Tendo em vista o interesse específico desta pesquisa em selecionar modelos simplificados de previsão de cheias em tempo atual, com finalidade em aplicar em bacias de cabeceira, os modelos estocástico linear ARIMAX, o baseado no hidrograma unitário, o IPH-II e o Conjugado, serão descrito no próximo capítulo.

C A P Í T U L O - 0 0 0

METODOLOGIA

3.1 - Introdução

Um grande número de modelos do tipo precipitação-vazão já foram desenvolvidos, variando dos mais simples até os mais complexos. Entretanto, modelos sofisticados tais como alguns conceituais, embora tenham grande interesse na transformação do processo chuva-vazão têm sido pouco utilizados para a previsão de cheias em tempo atual. A complexidade envolvida se traduz num esforço computacional muito grande e, somado com o grande número de parâmetros envolvidos nestes modelos, são os principais fatores que limitam seu uso. Por isso, modelos mais simples são geralmente preferidos em previsão de cheias em tempo atual (Corradini et alii, 1985).

As principais vantagens em usar modelos simples são, o pequeno número de parâmetros e suas estruturas geralmente pouco complexas, o que permite a utilização de computadores de pequeno porte (microcomputadores). Isto dá condições para que seus parâmetros sejam atualizados recursivamente através de algoritmos apropriados, sem muito esforço computacional.

A seguir serão descritas as componentes dos modelos que foram selecionados para serem aplicados na região de estudo.

3.2 - Modelo de Previsão Tipo ARMAX

A estrutura matemática do modelo estocástico linear ARMAX é a seguinte:

$$\hat{Y}(t+h) = \sum_{i=0}^p a_i Y(t-i) + \sum_{j=0}^q b_j [\hat{Y}(t-j) - Y(t-j)] + \sum_{k=0}^r [c_k X(t-k)] + \sum_{l=0}^m [d_l Z(t-l)] + \dots$$

onde:

$\hat{Y}(t+h)$ é o valor previsto obtido no início do intervalo t , para o intervalo de tempo $t+h$. h é ditto o alcance da previsão.

$Y(t)$ é o valor observado no tempo t .

$X(t)$ e $Z(t)$ são variáveis ditas exógenas que se relacionam com $Y(t)$ podendo ser usadas na previsão.

a_i, b_j, c_k e d_l são parâmetros a serem computados.

$p+1, q+1, r+1$ o número de parâmetros do tipo a_i, b_j, c_k e d_l respectivamente.

O primeiro somatório da expressão contém os termos auto-regressivos do modelo (CAR). O segundo somatório contém os termos da média móvel (CMA). O terceiro e o quarto somatório são das variáveis exógenas (CX).

Podemos verificar que as variáveis X, Y e Z podem ter seus valores iguais aos observados ou qualquer transformação destes valores. Alguns exemplos seriam a padronização (subtração da média e posterior divisão pelo desvio padrão), modulação (divisão pela média) e a transformação em logaritmos. Outro tipo de transformação seria atribuída como valor da variável a diferença entre seu valor em dado intervalo e seu valor no intervalo anterior. Isso seria dito diferenciação de primeira ordem, neste caso o modelo ARMAX é transformado num ARIMAX, sendo a letra I a representação da diferenciação de primeira ordem.

Este modelo é bastante simples pois ele representa um caso geral de modelos lineares, no qual pode-se especificar um modelo precipitação-vazão do tipo hidrograma unitário. Os parâmetros deste modelo podem ser estimados recursivamente. Esta atualização dos parâmetros permite não apenas o aumento passo a passo da amostra sobre a qual os parâmetros do modelo são aferidos, mas também admite a consideração de modelos cujos parâmetros variam lentamente com o tempo.

3.2.1 - Estimativa Recursiva dos Parâmetros

Chama-se de estimativa recursiva aquela que utiliza as últimas informações disponíveis para aprimorar as estimativas dos parâmetros do modelo. A estimativa recursiva dos mínimos quadrados será discutida a seguir.

3.2.1.1 Técnica Ordinária dos Mínimos Quadrados

Seja uma série temporal formada pela variável $y(t)$, $t=1,2,\dots,k$. Pretende-se estabelecer uma regressão linear entre esta variável e $\underline{x}(t)$, $t=1,2,\dots,k$ em que $\underline{x}(t)$ é um vetor com dimensão m de variáveis explicativas conhecidas no intervalo de tempo t . Este vetor poderá incluir tanto variáveis outras que $y(t)$, quanto seus valores passados.

O modelo de regressão linear é dada por:

$$y(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t) + \dots + \alpha_m x_m(t) + e(t) \quad (3.2.1)$$

onde:

$x_j(t)$ é a componente de ordem j do vetor $\underline{x}(t)$.

α_j é o coeficiente de regressão de ordem j .

$e(t)$ é um escalar aleatório, ou o erro de regressão.

Note-se que no presente caso não foram adotados as suposições necessárias à aplicação rigorosa da técnica dos mínimos quadrados. Estas suposições estabelecem que o vetor \underline{x} é formado por variáveis linearmente independentes cujas observações

são realizadas sem erro. O erro $e(t)$ é portanto atribuído unicamente à observação da variável $y(t)$. Adicionalmente, outras suposições com relação aos erros $e(t)$ estabelecem:

1- $e(t)$ é uma sequência de variáveis aleatórias com média zero ou $E [e(t)] = 0$

2- os valores de $e(t)$ são não autocorrelacionados e tem variância constante $E [e(r) e(s)] = 0$ para $r \neq s$ e $E [e(t) e(t)] = \sigma^2$ para qualquer valor de t .

Isto poderá em certos casos implicar em estimativas assintoticamente tendenciosas dos coeficientes que compõem o vetor \underline{a} . Em certos casos, mais raros contudo, poderá não existir soluções finitas para estes parâmetros. Estes casos porém não impedem a aplicação da técnica em situações não ortodoxas, como a de previsões hidrológicas, feitas as advertências necessárias.

O modelo anterior pode ser apresentado na seguinte forma vetorial compactada:

$$Y(t) = \underline{x}^T(t) \underline{a} + e(t) \quad (3.2.2)$$

onde:

τ representa a transposição do vetor $\underline{x}(t)$

\underline{a} é o vetor cujas componentes são os coeficientes de regressão α_j

3.2.1.2 - Técnica Tradicional dos Mínimos Quadrados

A técnica dos mínimos quadrados estima os coeficientes que compõem o vetor minimizando a soma dos quadrados dos erros $e(t)$. Isto pode ser formalmente apresentado por:

calcule $\underline{a} = \alpha_j, (j=1,2,\dots, m)$ tal que:

$$Z = \sum_{t=1}^k \left[\sum_{j=1}^m x_j(t) \alpha_j - Y(t) \right]^2 \quad (3.2.3)$$

seja mínimo.

Em notação vetorial o valor de Z fica.

$$Z = \sum_{t=1}^k [\underline{x}^T(t) \underline{a} - Y(t)]^2 \quad (3.2.4)$$

O mínimo de Z será obtido quando suas derivadas com respeito às componentes de \underline{a} se anularem, ou:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z}{\partial a_j} &= 2 \sum_{t=1}^k [\underline{x}^T(t) \underline{a} - Y(t)] x_j(t) = 0 \\ \sum_{t=1}^k [x_j(t) \underline{x}^T(t) \underline{a} - x_j(t) Y(t)] &= 0 \\ \sum_{t=1}^k [x_j(t) \underline{x}^T(t)] \underline{a} - \sum_{t=1}^k [x_j(t) Y(t)] &= 0 \end{aligned} \quad (3.2.5)$$

para $j=1, 2, \dots, m$

Compactando mais ainda esta condição com uso de notação vetorial temos:

$$\sum_{t=1}^k [\underline{x}(t) \cdot \underline{x}^T(t)] \cdot \underline{a} - \sum_{t=1}^k [\underline{x}(t) \cdot Y(t)] = 0 \quad (3.2.6)$$

Suponha-se que a matriz dada pelo produto $\underline{x}(t) \cdot \underline{x}^T(t)$ fosse não singular ou seja, que existisse sua inversa. As componentes de \underline{a} poderão ser estimadas por:

$$\hat{\underline{a}} = p \cdot \underline{b} \quad (3.2.7)$$

onde:

$$p = \sum_{t=1}^k [\underline{x}(t) \cdot \underline{x}^T(t)]^{-1}$$

e

$$\underline{b} = \sum_{t=1}^k [\underline{x}(t) \cdot Y(t)]$$

Esta é a apresentação matricial da técnica tradicional dos mínimos quadrados. No caso a ser estudado em que se deseja

estabelecer regressões entre variáveis temporais para fins de previsão, conta-se com uma amostra expandida de observações a cada novo intervalo de tempo ocorrido. Isto possibilita a reavaliação de \underline{a} a cada novo intervalo de tempo.

Uma possibilidade para isso seria calcular \underline{a} a cada novo intervalo, pela técnica tradicional dos mínimos quadrados. Porém, isso apresenta dois problemas: a necessidade de se inverter uma matriz a cada nova operação e a necessidade de armazenamento das observações. A técnica recursiva dos mínimos quadrados, que será descrita a seguir, apresenta uma alternativa para os dois problemas acima descritos.

3.2.1.3 - Técnica Recursiva dos Mínimos Quadrados

Lanna, 1986 apresentou o desenvolvimento a seguir descrito. Considerando que a solução da equação (3.2.7) está baseada em k observações, então tal equação fica:

$$\hat{\underline{a}}_k = p_k \cdot \underline{b}_k \quad (3.2.8)$$

Suponha que os valores \underline{a}_k , \underline{b}_k e p_k são conhecidos para os $(k-1)$ intervalos.

$$\hat{\underline{a}}_{k-1} = p_{k-1} \cdot \underline{b}_{k-1} \quad (3.2.9)$$

com o conhecimento das observações do intervalo de tempo k os valores de p e \underline{b} poderiam ser **atualizados pelas** seguintes fórmulas:

$$p_k^{-1} = p_{k-1}^{-1} + \underline{x}(k) \cdot \underline{x}^T(k) \quad (3.2.10)$$

e

$$\underline{b}_k = \underline{b}_{k-1} + \underline{x}(k) \cdot Y(k) \quad (3.2.11)$$

onde $\underline{x}(k)$ e $Y(k)$ são respectivamente o vetor das variáveis explicativas e a variável Y , tal como se apresentam no intervalo de tempo k .

Estes dois termos, b_k é fácil de ser atualizado, mas para fazer o cálculo de p_k , sem que se proceda a inversão de matriz, será necessário fazer algumas simplificações algébricas.

Pré-multiplicando a equação (3.2.10) por p_k e pós-multiplicando por p_{k-1} vem:

$$p_{k-1} = p_k + p_k \cdot \underline{x}(k) \cdot \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \quad (3.2.12)$$

Pós-multiplicando esta equação por $\underline{x}(k)$:

$$\begin{aligned} p_{k-1} \cdot \underline{x}(k) &= p_k \cdot \underline{x}(k) + p_k \cdot \underline{x}(k) \cdot \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \cdot \underline{x}(k) = \\ &= p_k \cdot \underline{x}(k) \cdot [1 + \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \cdot \underline{x}(k)] \end{aligned} \quad (3.1.13)$$

O termo entre colchetes é um escalar. Pode-se agora isolar p_k , sem a necessidade da inversão de matrizes.

Pós-multiplicando a última expressão pela inversa do termo entre colchetes e por $\underline{x}^T(k) p_{k-1}$, tem-se:

$$p_{k-1} \cdot \underline{x}(k) [1 + \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \cdot \underline{x}(k)]^{-1} \underline{x}^T(k) p_{k-1} = p_k \cdot \underline{x}(k) \underline{x}^T(k) p_{k-1} \quad (3.2.14)$$

O termo da direita da igualdade reduz-se a $(p_{k-1} - p_k)$ partindo da equação (3.2.12). Dai:

$$p_k = p_{k-1} - \underline{g}_k \cdot \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \quad (3.2.15)$$

onde, por definição,

$$\underline{g}(k) = p_{k-1} \cdot \underline{x}(k) [1 + \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \cdot \underline{x}(k)]^{-1} \quad (3.2.16)$$

Substituindo-se o valor dado para p_k na eq. 3.2.8 vem

$$\hat{\underline{a}}_k = [p_{k-1} - \underline{g}_k \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1}] \cdot \underline{b}_k \quad (3.2.17)$$

Substituindo-se \underline{b}_k pelo seu valor dado pela equação (3.2.11) e observando-se que $\hat{\underline{a}}_k = p_{k-1} \cdot \underline{b}_{k-1}$ (eq. 3.2.9):

$$\begin{aligned} \hat{\underline{a}}_k &= \hat{\underline{a}}_{k-1} - \underline{g}_k \underline{x}^T(k) \cdot \underline{a}_{k-1} + p_{k-1} \underline{x}(k) \cdot Y(k) - \\ &- \underline{g}_k \underline{x}^T(k) p_{k-1} \underline{x}(k) \cdot Y(k) = \\ \hat{\underline{a}}_{k-1} - \underline{g}_k \cdot \underline{x}^T(k) \cdot \hat{\underline{a}}_{k-1} + [p_{k-1} - \underline{g}_k \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1}] \underline{x}(k) \cdot Y(k) \end{aligned} \quad (3.2.18)$$

A equação (3.2.15) indica que o termo entre colchetes é a expressão de p_k ; logo:

$$\hat{\underline{a}}_k = \hat{\underline{a}}_{k-1} - \underline{g}_k \cdot \underline{x}^T(k) \cdot \underline{a}_{k-1} + p_k \underline{x}(k) \cdot Y(k) \quad (3.2.19)$$

Da equação (3.2.13) verifica-se que $p_k \cdot \underline{x}(k) = \underline{g}_k$; logo:

$$\hat{\underline{a}}_k = \hat{\underline{a}}_{k-1} - \underline{g}_k [\underline{x}^T(k) \cdot \hat{\underline{a}}_{k-1} - Y(k)] \quad (3.2.20)$$

Alternativamente,

$$\hat{\underline{a}}_k = \hat{\underline{a}}_{k-1} - p_k \cdot \underline{x}(k) [\underline{x}^T(k) \cdot \hat{\underline{a}}_{k-1} - Y(k)]$$

As equações (3.2.15, 16 e 20) estabeleceram as expressões para as estimativas recursivas dos coeficientes de regressão. O interesse prático maior deste procedimento, além de sua evidente elegância teórica, pode ser verificado pela natureza da expressão.

$$[1 + \underline{x}^T(k) \cdot p_{k-1} \cdot \underline{x}(k)]^{-1}$$

Esta expressão determina um escalar que pode ser invertido sem maiores trabalhos computacionais. Já a estimativa usual apresentada pela equação 3.2.8 prevê a inversão da matriz formada pela soma do produto $\underline{x}(t) \cdot \underline{x}^T(t)$. o que pode exigir considerável trabalho computacional quando o número de componentes do vetor \underline{x} é grande.

3.3 - Modelo de Previsão baseado no Hidrograma Unitário-MOPHU

3.3.1. Introdução

Qualquer que seja o tipo de modelo utilizado para representar o processo chuva-vazão, existe a dificuldade em aplicá-lo à previsão em tempo atual. A dificuldade na maioria dos modelos é a de incorporar as novas informações que vão se dispondo, à medida que o evento de interesse vai ocorrendo, como é o caso de uma cheia que se pretende prever numa bacia de cabeceira. No caso particular do hidrograma unitário, é necessário ir estimando as perdas na bacia e ir atualizando esta função, à medida que o evento se desenvolve (Vargas et alii, 1986).

A seguir, será apresentada uma metodologia especialmente atrativa para previsão de cheias em tempo atual, para ser utilizada em um modelo baseado no hidrograma unitário, (Chander e Shanker, 1984). A metodologia permite ir atualizando, recursivamente, as perdas à medida que as novas informações vão chegando no momento da ocorrência a enchente.

3.3.2 - Estimativa do Hidrograma Unitário

O hidrograma unitário é definido como o hidrograma de descargas resultante de 1 mm de chuva efetiva, uniformemente distribuída sobre uma bacia, a uma taxa uniforme, durante um período de tempo especificado.

Quando se tem registro de dados de chuva e vazão nos intervalos de tempo desejados, a estimativa do hidrograma unitário pode ser feita de três maneiras:

- a) soluções por tentativa e erro ou iterativas, como as descritas por Wilson (1969);

- b) soluções analíticas diretas, como a técnica da análise harmônica e a da inversão de matrizes;
- c) soluções baseadas no hidrograma unitário instantâneo pré-estabelecida, como a de Nash (1960).

Antes disso, para determinar o hidrograma unitário, é necessário fazer a separação dos escoamentos e a determinação da chuva efetiva. Para a separação dos escoamentos, neste estudo, foi escolhido o método de seleção de dois pontos, A e C. O ponto A é facilmente determinado no início do ramo de elevação do hidrograma. O ponto C pode ser encontrado no ponto de inflexão do ramo de recessão e aparece quando essa parte do hidrograma é plotada em papel semilogarítimo.

Unindo os dois pontos com uma linha reta, o escoamento direto é igual a diferença entre a ordenada da descarga total e a ordenada do escoamento de base.

A determinação da chuva efetiva é feita a partir do hidrograma total, retirando da chuva total as perdas ocorridas. Esta determinação é baseada no fato de que o volume de escoamento direto é igual ao volume da chuva efetiva.

A determinação da chuva efetiva envolve a estimativa do volume total das perdas e da sua distribuição no tempo. Na análise dos dados observados, o volume total das perdas é distribuído no tempo, considerando uma perda inicial no começo do evento e uma taxa constante de perdas no restante do mesmo. Este método é conhecido como Método do Índice- ϕ .

O método de estimativa das ordenadas do hidrograma unitário através da inversão de matriz será descrito a seguir. Este método foi o escolhido por ser de fácil determinação via microcomputador e por apresentar resultados mais consistentes do que os outros métodos acima descritos (NERC, 1975).

3.3.2.1 - Método de Inversão de Matriz

O método de inversão de matriz é utilizado para determinar as ordenadas do hidrograma unitário [U(t)], a partir do escoamento direto [Q(t)] e da chuva efetiva [PE(t)]. Este método foi apresentado originalmente pela TVA(1961).

Sejam os registros de precipitação efetiva com intervalo de tempo t.

$$PE_1, PE_2, \dots, PE_M$$

e as vazões resultantes destes registros de precipitações para o mesmo intervalo de tempo,

$$Q_{1+\tau}, Q_{2+\tau}, \dots, Q_{N+\tau}$$

o HU, portanto deverá ter $K = N - M + 1$ ordenadas.

$$U_1, U_2, \dots, U_K$$

As operações destas variáveis são:

$$\begin{aligned}
Q_{1+\tau} &= PE_1 U_1 \\
Q_{2+\tau} &= PE_2 U_1 + PE_1 U_2 \\
Q_{3+\tau} &= PE_3 U_1 + PE_2 U_2 + PE_1 U_3 \\
&\dots
\end{aligned}$$

Que pode ser apresentada pela seguinte expressão:

$$Q_{i+\tau} = \sum_{j=1}^{i \leq m} [PE_{i-j+1} U_j] \tag{3.3.1}$$

onde:

- Q_i é a vazão superficial no tempo i.
- τ é o retardo inicial, definido no item 3.3.3.
- PE_i é a precipitação efetiva no intervalo i.
- U_j é a ordenada do hidrograma unitário (em Δt),
 $j = 1, 2, \dots, m$; Δt é o intervalo de tempo.

Em notação vetorial fica:

$$\begin{aligned} Q_{1+T} &= \underline{PE}_1^T \cdot \underline{U} \\ Q_{2+T} &= \underline{PE}_2^T \cdot \underline{U} \\ Q_{3+T} &= \underline{PE}_3^T \cdot \underline{U} \\ &\dots \end{aligned}$$

E em notação matricial fica da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} PE_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ PE_2 & PE_1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ PE_M & PE_{M-1} & \dots & PE_1 & \dots & 0 \\ 0 & PE_M & \dots & PE_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & PE_M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{1+T} \\ Q_{2+T} \\ \dots \\ Q_{N-1+T} \\ Q_{N+T} \end{bmatrix}$$

que pode ser representada por:

$$\underline{PE}^T \cdot \underline{U} = \underline{Q} \quad (3.3.2)$$

Portanto são N equações e K incógnitas e como $K \leq N$ o sistema tem infinitas soluções.

Para obtermos uma solução segue o desenvolvimento.

Pré-multiplicando ambos os lados da equação (3.3.2), pela matriz de precipitação \underline{PE} obtemos:

$$\underline{PE} \cdot \underline{PE}^T \cdot \underline{U} = \underline{PE} \cdot \underline{Q} \quad (3.3.3)$$

fazendo

$$\underline{X} = \underline{PE} \cdot \underline{PE}^T$$

tem-se

$$\underline{X} \cdot \underline{U} = \underline{PE} \cdot \underline{Q}$$

ou

$$\underline{U} = \underline{X}^{-1} \cdot \underline{PE} \cdot \underline{Q}$$

Verifica-se que a expressão (3.3.3) é idêntica a (3.2.7), que é a dos mínimos quadrados.

Como o procedimento procura minimizar a soma dos quadrados dos erros, podem resultar valores negativos de ordenadas na recessão do HU, onde os valores passam a ser próximos a zero. O ajuste dos mínimos quadrados dá ênfase aos valores maiores onde o erro ao quadrado fica maior.

3.3.3 - Retardo Inicial

A chuva que cai sobre uma bacia não produz uma resposta imediata, no que tange aos acréscimos das descargas em uma determinada seção do rio. Há portanto, um certo tempo entre a primeira chuva efetiva e o primeiro acréscimo do nível da água, na seção considerada. Este tempo entre a primeira chuva efetiva e o primeiro acréscimo na descarga é denominado "tempo de resposta inicial".

Este tempo de resposta será aqui designado de retardo inicial (τ) e o incremento da descarga, ocorrido após o primeiro intervalo de tempo, de $Q_{1+\tau}$. A precipitação ocorrida antes do intervalo de tempo ($1+\tau$), contando a partir do primeiro acréscimo do nível da água na seção de referência, é considerada perda inicial. Esta perda ocorre devido às interceptações, aos armazenamentos nas depressões e a infiltração que não produz escoamento.

O retardo inicial (τ) pode ser determinado para uma bacia hidrográfica. O seu valor depende basicamente da área de contribuição da bacia, da intensidade e da variação espacial da chuva. Seu valor pode ser suposto como sendo constante quando for tomado por base um ou mais eventos representativos da bacia.

3.3.4 - Processo Recursivo de Estimativa das Perdas

A estimativa das perdas é feita recursivamente através do método do índice- ϕ . Este método é definido como sendo a intensidade média da precipitação acima da qual o volume de chuva iguala o volume do escoamento superficial. A maior dificuldade que temos aqui é a de estimar recursivamente o valor deste índice. Apresentaremos a seguir um procedimento que resolve este impasse, ou seja, o de permitir estimar o valor da perda e de sua distribuição no tempo durante a ocorrência da cheia..

Para um intervalo de tempo "j",

$$PE_j = P_j - \phi^{(0,i)} \quad (3.3.4)$$

onde:

PE_j = é a precipitação efetiva no intervalo j;

P_j = é a precipitação do intervalo j.

$\phi^{(0,i)}$ = é o valor do índice- ϕ determinado no instante i

Substituindo o valor de PE_j na equação (3.3.1)

temos:

$$Q_{i+\tau} = \sum_{j=1}^{i \leq m} [P_{t-j+1} - \phi^{(0,i)}] U_j \quad (3.3.5)$$

para $i = 1$ temos:

$$Q_{1+\tau} = (P_1 - \phi^{(0,1)}) U_1 \quad (3.3.6)$$

ou

$$\phi^{(0,1)} = \frac{P_1 U_1 - Q_{1+\tau}}{U_1} \quad [3.3.6(a)]$$

Após conhecer os valores de $Q_{1+\tau}$, P_1 e U_1 , o primeiro

valor de ϕ pode então ser determinado pela equação [3.3.6(a)].

Este valor do índice- ϕ é utilizado agora para determinar a chuva efetiva, para o intervalo de tempo $(1+\tau)$ pela equação (3.3.4). Lembramos ainda que a chuva ocorrida antes deste intervalo, foi considerada perda inicial.

Para generalizar a equação para a determinação do índice- ϕ num tempo qualquer são apresentados dois critérios:

a) o critério dos mínimos quadrados dos erros entre o valor observado e o previsto, utilizado por Chander e Shanker (1984), cuja expressão genérica, para um intervalo k qualquer, é a seguinte:

$$\phi^{(0,k)} = \frac{\sum_{j=1}^k \{ [Q_{j+\tau} - \sum_{i=1}^j P_{j-i+1} U_i] \sum_{i=1}^j U_i \}}{\sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^j U_i)^2} \quad (3.3.7)$$

b) utilizando simplesmente o ajuste entre o valor previsto e o observado no intervalo k , Corradini et alii (1985) obtiveram a seguinte expressão geral, para um intervalo k qualquer:

$$\phi^{(0,k)} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{k-i+1} U_i - Q_k}{\sum_{i=1}^k U_i} \quad (3.3.8)$$

Introduzindo o conceito de retardo inicial na equação (3.3.8), temos:

$$\phi^{(0,k)} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{k-i+1} U_i - Q_{k+\tau}}{\sum_{i=1}^k U_i} \quad [3.3.8(a)]$$

Entretanto, se $\phi > P_i$, em algum intervalo de tempo $1 \leq i \leq k$, então a chuva efetiva daquele intervalo é considerada zero. Isto para os dois critérios acima descritos. Neste caso, as equações 3.3.7 ou a 3.3.8 acima generalizadas devem ser recalculadas, eliminando os termos correspondentes à precipitação nula.

3.3.5 - Previsão Final

A vazão final prevista será determinada convolucionando a chuva efetiva com as ordenadas do hidrograma unitário e somando por último, a vazão de base, através da seguinte expressão:

$$\hat{Q}_{t+\tau} = \left[\sum_{j=1}^t (P_{t-j+1} - \phi^{(0,k)}) U_j + B \right] ; t \geq k \quad (3.3.9)$$

onde:

\hat{Q} é a vazão total prevista;

$t+\tau$ é o intervalo de tempo que se deseja fazer a previsão, tomada por base o início do evento;

$t+\tau-k$ é o alcance da previsão;

K é o intervalo de tempo da previsão;

B é o fluxo de base, considerado constante no tempo;

3.4 - Modelo IPH-II

A versão final do modelo IPH-II apresentada por Tucci et alii, 1983 será descrita a seguir. O modelo é baseado principalmente no algoritmo de separação de escoamentos desenvolvido por Berthelot, 1970.

O modelo é composto pelos seguintes algoritmos:

- a) algoritmo de perdas por evaporação e intercepção.
- b) algoritmo de separação de escoamentos.
- c) algoritmo de propagação dos escoamentos superficial e subterrâneo.

3.4.1 - Perdas por Evaporação e Intercepção

O algoritmo de perdas por evaporação e intercepção tem o objetivo de calcular a parcela da precipitação que evapora, mais a que fica retida por intercepção da cobertura vegetal e depressões. Subtraindo estas perdas da precipitação obtem-se a parcela de água que efetivamente vai escoar e provocar a formação da onda de cheia.

Como procedimento inicial, é feita a comparação, a cada intervalo de tempo, entre a precipitação ocorrida, e a evaporação potencial. Quando a evaporação potencial é maior que a precipitação, toda a quantia precipitada evapora não sobrando nada para escoar. Então, a evaporação passa a ser atendida pelo reservatório de intercepção. Caso a quantidade de água no reservatório de intercepção ainda não seja suficiente, a evaporação será satisfeita pela água contida no solo, conforme a equação a seguir:

$$ES_t = \frac{Ep_t \cdot S_t}{S_{\max}} \quad (3.4.1)$$

onde, ES_t é a quantidade água do solo que vai evaporar, Ep_t a

evaporação potencial, $S_{m\acute{a}x}$ o teor máximo de umidade no solo e S_t a umidade do solo no tempo t.

Por outro lado, se a precipitação é maior que a evaporação potencial, a precipitação cobre todo o potencial de evaporação. A diferença então é retida pelo reservatório de interceptação, até que sua capacidade máxima seja satisfeita. Neste caso, o que sobra vai escoar sendo utilizado no algoritmo de separação dos escoamentos.

3.4.2. - Separação de Escoamentos

O algoritmo de separação de escoamento objetiva determinar, a partir da precipitação resultante do algoritmo de perdas, qual o volume irá se propagar pela superfície ou subterraneamente.

Uma parcela da precipitação devido as **áreas** impermeáveis, escoam apenas superficialmente. Este valor é:

$$V_{es} = P_t \cdot I_{mp} \quad (3.4.2)$$

onde V_{es} é o - volume que escoam superficialmente, I_{mp} o parâmetro que define a porcentagem de área impermeável; e P_t a precipitação resultante do algoritmo de perdas.

A parcela da precipitação que será utilizada nos cálculos do algoritmo de separação de escoamento, é portanto o seguinte:

$$P_t = P_t - V_{es}$$

onde P_t e V_{es} já foram definidos acima.

Berthelot, 1970 apresentou um algoritmo para a separação dos escoamentos baseados em três equações:

Equação de Horton, 1939 para cálculo da infiltração:

$$I_t = I_b + (I_o - I_b) h^{(t-t_o)} \quad (3.4.4)$$

onde I_t é a capacidade de infiltração no tempo t , I_b a capacidade de infiltração mínima, I_o a capacidade de infiltração no tempo inicial $t=0$, h é igual a e^{-k} , sendo k um parâmetro empírico relacionado com o tipo do solo e é base do logaritmo neperiano.

Equação de percolação da camada superior do solo:

$$T_t = I_b \cdot (1 - h^{(t-t_o)}) \quad (3.4.5)$$

onde T_t é a percolação no instante t , sendo $T(t=t_o) = 0$. Os outros termos já foram definidos anteriormente.

Equação da continuidade aplicada a zona superior do solo:

$$\frac{dS}{dt} = I - T \quad (3.4.6)$$

onde S é armazenamento, I infiltração e T a percolação.

Com estas três equações, pode-se chegar as relações armazenamento/infiltração e armazenamento/percolação. Para isso, primeiro substituem-se as equações de Horton e da percolação na equação da continuidade. Depois de integrar, obtém-se:

$$S - S_o = \frac{I_o}{\ln h} [h^{(t-t_o)} - 1] \quad (3.4.7)$$

onde S_o é o estado de umidade do solo quando inicia a percolação, I_o a capacidade de infiltração correspondente, h o coeficiente da equação de Horton.

Para chegar as relações desejadas, basta isolar $h^{(t-t_o)}$ nas equações de infiltração e percolação e substituir na equação acima. a primeira substituição resulta na relação armazenamento/infiltração:

$$S = a_t + b_t I \tag{3.4.8}$$

onde: $a_t = S_o - \frac{I_o^2}{\ln h(I_o - I_b)}$

$$b_t = \frac{I_o}{\ln h(I_o - I_b)}$$

A segunda substituição resulta na relação armazenamento/percolação:

$$S = a_t + b_t T \tag{3.4.9}$$

onde: $a_t = S_o = 0$

$$b_t = \frac{-I_o}{I_b \ln h}$$

Com essas equações pode-se fazer a separação dos escoamentos. O primeiro passo é comparar a precipitação com a capacidade de infiltração naquele instante, o que acarreta duas situações a analisar.

A primeira situação a ser analisada é quando a precipitação é maior que a capacidade de infiltração ($P_t > I_t$). Nesse caso, a equação de Horton é aplicável, e com ela calcula-se a infiltração do instante $(t+1)$. Substituindo-se I_{t+1} na relação armazenamento/infiltração (Eq. 3.4.8) calcula-se a infiltração do instante $(t+1)$ e com este último valor pode-se então calcular a percolação pela equação 3.4.9.

O próximo passo é calcular os volumes infiltrados, percolados e de escoamento superficial. O primeiro se obtém da integração da equação de Horton:

$$V_i = I_b \cdot \Delta t + \frac{(I_t - I_b)}{\ln h} (h^{\Delta t} - 1) \tag{3.4.10}$$

onde:

V_i é o volume infiltrado e Δt o intervalo de tempo I_t . I_b e h já foram definidos anteriormente.

Para calcular o volume de escoamento superficial precisa-se conhecer o volume precipitado:

$$V_{pr} = P_t \Delta t \quad (3.4.11)$$

onde: V_{pr} é o volume precipitado, P_t a precipitação e Δt o intervalo de tempo.

O volume de escoamento superficial é calculado pela relação:

$$V_e = V_{pr} - V_i + V_{es} \quad (3.4.12)$$

onde:

V_e é o volume escoado. Os outros termos já foram definidos anteriormente.

Finalmente para calcular o volume percolado, integra-se a equação da percolação obtendo-se:

$$V_p = I_b \cdot \Delta t + \frac{T_{t+1} - T_t}{\ln h} \quad (3.4.13)$$

onde:

V_p é o volume percolado. Os demais termos já foram definidos.

Os três volumes V_i , V_e e V_p serão propagados pelo algoritmos de propagação de escoamentos.

A segunda situação é resultado da comparação da precipitação com a infiltração, quando esta última é maior que a precipitação ($I_t > P_t$). Para fazer o cálculo dos volumes, é preciso conhecer o comportamento da curva de infiltração ao longo do intervalo t , $t-1$, isto é, se a capacidade de infiltração permanecerá maior que a precipitação em todo o intervalo ou não. Se $I_{t+1} > P_t$, conclui-se que toda a precipitação vai infiltrar. Mas se $I_{t+1} < P_t$, então nesse caso, o intervalo $(t, t-1)$ será dividido em duas partes distintas: a primeira com infiltração total do valor precipitado e a segunda, com existência de volume escoado superficialmente, já que a precipitação é maior que a

capacidade de infiltração.

Com a intenção de calcular I_{t+1} , supõe-se que toda a precipitação se infiltre e calcula-se o armazenamento no instante seguinte (t+1) pela equação da continuidade:

$$S_{t+1} = S_t + P_t \cdot \Delta t - T \cdot \Delta t \quad (3.4.14)$$

onde:

S é o armazenamento, P_t a precipitação e T a percolação.

A relação armazenamento/percolação, nos fornece os valores de T_t e T_{t+1} em função de S_t e S_{t+1} . Substituindo-se estes valores na equação da continuidade, ela fica:

$$S_{t+1} = \frac{S_t \left(2 - \frac{\Delta t}{b_t} \right) + 2\Delta t \left(P + \frac{a_t}{b_t} \right)}{2 + \frac{\Delta t}{b_t}} \quad (3.4.15)$$

onde os termos da equação acima já são conhecidos.

O conhecimento do valor de S_{t+1} , permite finalmente que se calcule o valor da infiltração no instante (t+1), com auxílio da relação armazenamento/infiltração:

$$I_{t+1} = \frac{S_{t+1} - a_i}{b_i} \quad (3.4.16)$$

É necessário comparar este último valor com a precipitação, para poder calcular os volumes. Tem-se então dois casos:

1) a capacidade de infiltração no instante (t+1) é maior que a precipitação. Para calcular a percolação, aplica-se a relação armazenamento/percolação. Como a capacidade de infiltração em todo o intervalo de tempo é maior que a precipitação, deduz-se que todo este volume será infiltrado:

$$V_i = P_t \cdot \Delta t \quad (3.4.17)$$

onde V_i é o volume de infiltração, P_t a precipitação e Δt o intervalo de tempo.

Dai se conclui que o volume a escoar superficialmente será somente aquele referente as áreas impermeáveis da bacia:

$$V_e = V_{es}$$

Para calcular o volume percolado, usa-se a equação da continuidade:

$$V_p = V_i - S_{t+1} + S_t \quad (3.4.18)$$

2) A capacidade de infiltração no instante $(t+1)$ é menor que a precipitação. Nesse caso, sabe-se que existe um instante tx em que $P=I$, e que este instante divide o intervalo de tempo em dois: $(t - tx)$ e $(tx - t+1)$. Substituindo-se $I=P$ na relação armazenamento/infiltração, para o instante tx que se quer conhecer obtém-se o valor do armazenamento:

$$S_x = a_1 + b_1 \cdot P_t \quad (3.4.19)$$

Com o valor de S_x pode-se calcular a percolação para o instante tx através da relação armazenamento/percolação:

$$T_x = S_x / b_t \quad (3.4.20)$$

Substituindo-se este valor na equação da continuidade, junto com o valor da percolação no instante t :

$$S_x = S_t + P \cdot \Delta tx - \frac{(T_x + T_t) \cdot \Delta tx}{2} \quad (3.4.21)$$

onde S_x e T_x já foram respectivamente definidos, S_t e T_t são respectivamente o armazenamento e a percolação no instante t , Δtx é o intervalo $(t - tx)$, que é o valor que queremos conhecer:

$$\Delta tx = \frac{2 \cdot b_t (S_x - S_t)}{2 \cdot b_t \cdot P - S_x - S_t} \quad (3.4.22)$$

Para o cálculo dos volumes no intervalo $(t_x - t+1)$, procede-se da mesma forma que na primeira situação analisada, onde a precipitação é maior que a capacidade de infiltração. Inicia-se calculando o armazenamento e a percolação para o instante $t+1$, passando-se a seguir aos cálculos dos volumes, sempre substituindo Δt por $(\Delta t - \Delta t_x)$.

Para o primeiro intervalo $(t - t_x)$, observa-se:

- a) como a precipitação é menor que a capacidade de infiltração, não há volume de escoamento superficial: $V_e = 0$;
- b) considerando a equação da continuidade:

$$S_x - S_t = V_i - V_p \quad (3.4.23)$$

onde:

$V_i = P \cdot \Delta t_x$, pode-se calcular o volume de percolação V_p para o instante t_x :

$$VP_x = V_i - S_x + S_t \quad (3.4.24)$$

Para saber o resultado final, soma-se os resultados obtidos nos dois intervalos, tomando-se o cuidado de somar ao volume de escoamento superficial, a parcela V_{es} , relativa as áreas impermeáveis.

3.4.3. - Propagação dos Escoamentos Superficial e Subterrâneo

O algoritmo de propagação dos escoamentos superficial utiliza o histograma sintético (HEC , 1974).

Para obter o histograma sintético, admite-se que o tempo de percurso é proporcional a distância de cada seção principal.

O histograma tempo-área é dividido em k intervalos e as ordenadas são calculadas como segue:

$$f_i = A_{c_i} - A_{c_{i-1}} \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, k \text{ e } k = T_c \quad (3.4.25)$$

onde:

$$A_c = a \cdot T^n \quad \text{para } 0 < T < T_c/2$$

$$A_c = 1 - a \cdot (1 - T)^n \quad \text{para } T_c/2 < T < T_c$$

sendo A_c a área contribuinte acumulada em **porcentagem** da área total, T_c o tempo de concentração em Δt , T tempo na mesma unidade de T_c e n um coeficiente que varia com a forma da bacia. Para bacias com formato retangular $n=1$, com formato de losango $n=2$ e para bacias com formato entre retângular e losângular. $n=1,5$.

Com o volume superficial calculado no algoritmo de separação de escoamento, pode-se transladar este volume em cada Δt , para toda a simulação por:

$$PE_t = \sum_{j=1}^t [V_{e_{t-j+1}} \cdot f_j] \quad (3.4.26)$$

onde PE é o escoamento superficial transladado, V_e o volume de escoamento superficial e f_j a ordenada j do histograma tempo-área.

Para simular o efeito de armazenamento, utiliza-se um reservatório linear simples que considera a seguinte relação:

$$S = K_{sup} \cdot Q \quad (3.4.27)$$

onde K_{sup} é um parâmetro do reservatório fictício, S o armazenamento deste reservatório e Q a vazão de saída do mesmo.

Esta última equação combinada com a equação da continuidade:

$$\frac{ds}{dt} = I - Q \quad (3.4.28)$$

para um instante de tempo Δt fica:

$$Q_t = Q_{t-1} e^{-\Delta t/k_{sup}} + PE_t (1 - e^{-\Delta t/k_{sup}}) \quad (3.4.29)$$

sendo Q_s a vazão na seção devido ao escoamento superficial, e a base do logaritmo neperiano e Δt o intervalo de tempo. Os outros termos já foram definidos no texto.

Para o cálculo da propagação subterrânea, utiliza-se a equação anterior, com parâmetro K_{sub} . A entrada neste caso é o volume percolado ao invés da precipitação efetiva.

A vazão final, para o intervalo de tempo em questão, é obtida somando-se as duas vazões resultantes da aplicação da última equação, com seus respectivos parâmetros e dados de entrada.

3.4.4. - Comentário

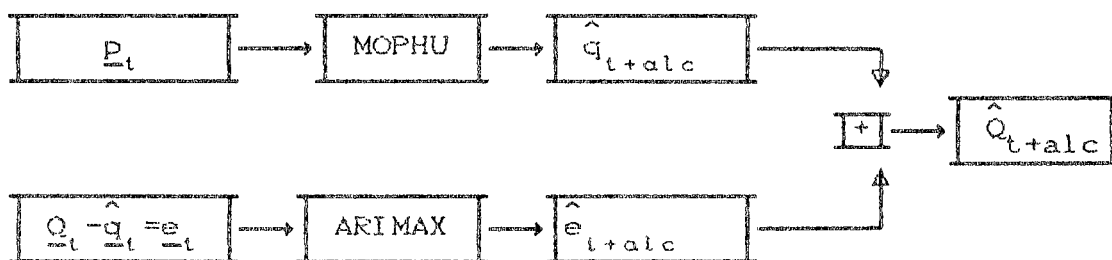
O modelo IPH II foi desenvolvido para simular o processo chuva-vazão. O mesmo foi utilizado para previsão de vazão em tempo atual por Tucci e Clarke (1980), com atualização recursiva de cinco parâmetros e por Cruz (1987) que considerou seus parâmetros fixos.

3.5 - Modelo Conjugado

Quando se aplica um modelo de previsão de cheia em tempo atual, na maioria das vezes, ocorre uma diferença entre o valor previsto pelo modelo de previsão e o valor observado, esta diferença é denominada de erro de previsão. Uma tentativa para filtrar o erro de previsão, pode ser feita através um modelo de previsão de erro. Neste caso, o valor da previsão é a soma do valor previsto pelo modelo de previsão de vazão, com o valor previsto pelo modelo de previsão de erro, isto é valido para um mesmo alcance. A soma destes dois valores previstos, vazão mais erro é a previsão do modelo Conjugado.

Cruz(1987) aplicou o modelo IPH-II para previsão de vazões e em cada alcance de previsão, ajustou um modelo do tipo ARIMAX para prever os erros do modelo IPH-II. A proposta aqui é aplicar o mesmo tipo de modelo, ou seja, do tipo ARIMAX, para prever os erros do modelo MOPHU.

O esquema do modelo Conjugado, que conjuga os modelos MOPHU e o do tipo ARIMAX é descrito a seguir.



onde:

\underline{P}_t = vetor que contém os valores de precipitação desde o intervalo inicial até o intervalo de tempo t ;

\hat{q}_{t+alc} = previsão de vazão do modelo MOPHU, para o intervalo $t+alc$. (onde alc é o alcance da previsão em intervalos de tempo);

- \underline{Q}_t = vetor que contém valores da vazão observada até o intervalo de tempo t;
- \hat{q}_t = vetor que contém os valores das vazões previstas pelo MOPHU até o tempo t;
- \underline{e}_t = vetor que contém os erros de previsão do modelo MOPHU até o tempo t;
- \hat{e}_{t+alc} = erro previsto pelo modelo ARIMAX para o intervalo de tempo t + alc;
- \hat{Q}_{t+alc} = estimativa de vazão para o tempo t + alc com o modelo conjugado;

Com a série de precipitações conhecidas no tempo t atual, faz-se as previsões com o MOPHU, obtendo-se dessa forma, a vazão estimada para o tempo t + alc. Dos intervalos anteriores calcula-se os erros cometidos, fazendo a diferença entre o valor observado e o previsto pelo MOPHU. Com os valores dos erros previamente conhecidos é possível utilizar modelos ARIMAX para prever o erro para o tempo t + alc, o qual é somado ao valor da vazão prevista pelo MOPHU, para aprimorar a previsão.

Conhecida as series históricas dos erros de previsão para cada alcance, pode-se ajustar modelos tipo ARIMAX de previsão de erros para cada alcance. Além das séries de erros, estes modelos podem utilizar outras variáveis, tais como as vazões observadas, as precipitações, etc.

3.6 - Testes de Informação

3.6.1 - Introdução

A seguir serão descritos dois testes, realizados a partir de funções correlação, para serem utilizados em análises de dados hidrológicos.

O primeiro é feito a partir de uma serie temporal simples, neste caso, a função correlação a ser utilizada é a autocorrelação. O objetivo deste teste é detectar a dependência que existe entre os valores desta série, em vários retardos.

O segundo teste é feito a partir de duas séries temporais, neste caso a função correlação a ser utilizada é a correlação cruzada. O propósito deste teste é detectar a dependência entre as duas séries em vários retardos.

Os valores das séries a serem utilizados podem ser nas formas natural ou diferenciado. Entende-se por forma natural quando os valores da serie estiverem na forma original e diferenciado quando os valores da serie sofrem uma diferenciação de primeira ordem.

3.6.2 - Função Autocorrelação (ou Autocorrelação)

A função autocorrelação tem por objetivo conhecer a dependência entre o valor de x no tempo t e o valor de x no tempo $t + k$. Em geral, um processo estocástico x_t tem uma função autocorrelação a qual é definida por Jenkins e Watts (1969), como:

$$\rho_{t,t+k} = \frac{\text{Cov} [x_t, x_{t+k}]}{\sigma_x_t \sigma_x_{t+k}} = \frac{Y_{xx}_{t,t+k}}{\sigma_x_t \sigma_x_{t+k}} \quad (3.6.1)$$

onde $Y_{xx}(\cdot)$ e $\sigma_x(\cdot)$ representam a função autocorrelação e o desvio padrão respectivamente de x , e k é o retardo.

Teóricamente, o valor da autocorrelação varia entre 1 e -1. Um valor positivo r_k indica que há um grau de dependência positiva; se for negativo, indica uma dependência negativa. A plotagem da função autocorrelação r_k versus retardo (k) é chamado de correlograma e indica o tipo de persistência ou correlação estrutural que tem a série temporal. Pode-se dizer que um correlograma que decai muito rapidamente com o número de retardo tem dependência a curto prazo ou pequena memória. Por outro lado, se o correlograma decai lentamente, pode-se dizer que tem dependência de longo prazo ou memória grande.

Considerando uma série temporal x_1, \dots, x_n , seu correlograma simples pode ser determinado através da estimação de cada termo da equação (3.6.1), como Jenkins e Watts (1969) e Yevjevich (1972a).

$$r_k = \frac{\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i x_{i+k} - \frac{1}{(N-k)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_i \right) \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k} \right)}{\left[\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i^2 - \frac{1}{(N-k)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_i \right)^2 \right]^{1/2} \left[\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k}^2 - \frac{1}{(N-k)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (3.6.2)$$

onde r_k , $k = 1, \dots, m$ é o correlograma simples no tempo de retardo k , e m é o número máximo de retardo.

3.6.2.1 - Limites de Confiança

Yevjevich (1964) sugere o uso da expressão desenvolvida por Anderson (1942) para determinar o limite de confiança de séries não-correlacionadas. A equação sugerida é a seguinte:

$$r_{k,\alpha} = \frac{-1 \pm u_{\alpha/2} \sqrt{N-k+1}}{(N-k)} \quad ; k=1, \dots, m \quad (3.6.3)$$

onde:

$r_{k,\alpha}$ são os limites de confiança $(1-\alpha)$;

$u_{\alpha/2}$ é o desvio padrão normal correspondente à probabilidade $\alpha/2$.

3.6.3 - Função Correlação Cruzada

A função correlação cruzada é útil para detectar a dependência linear entre uma série temporal x_t e uma série y_{t+k} , onde K é o tempo de retardo. Em geral, a função correlação cruzada de dois processos estocásticos x_t e y_{t+k} é definida como (Jenkins and Watts, 1969):

$$\rho_{xy}(k) = \frac{Y_{xy}(k)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3.6.4)$$

onde $Y_{xy}(k)$ é a função covariância do retardo K , e σ_x e σ_y são os desvios padrão de x e y respectivamente.

As principais propriedades de $\rho_{xy}(k)$ são $|\rho_{xy}(k)| \leq 1$ e $\rho_{xy}(k) = \rho_{yx}(-k)$. Dois processos podem ser correlacionados somente no retardo $K=0$, isto é, os processos são correlacionados nos tempos simultaneamente, mas não-correlacionados em $K \neq 0$. Também, dois processos podem ser não-correlacionados para todos K ou completamente não-correlacionados.

Considerando as séries temporais de N observações x_1, \dots, x_n e y_1, \dots, y_n . O correlograma cruzado simples $r_{xy}(k)$ de x_t e y_{t+k} , pode ser determinado por (Yevjevich, 1972a).

$$r_{xy}(k) = \frac{\frac{1}{(N-K)} \sum_{i=1}^{N-K} x_i y_{i+k} - \bar{x} \bar{y}}{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (3.6.5)$$

onde:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i ;$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad e$$

k é o retardo.

3.6.3.1 - Limites de Confiança

O limite de confiança para a correlação cruzada entre duas séries temporais pode ser determinado, de acordo com Jenkins Watts (1968), através da seguinte expressão:

$$r_{xy}(k) = \pm u_{\alpha/2} \sqrt{N - K} \quad (3.6.6)$$

onde:

$u_{\alpha/2}$ é o desvio padrão normal correspondente à probabilidade $\alpha/2$.

N é o tamanho da amostra e K é o retardo.

$r_{xy}(k)$ são os limites de confiança $(1 - \alpha)$

3.7 - Testes de Adequação

Para verificar o desempenho dos modelos serão aplicados os seguintes testes:

3.7.1. - Análise Visual

Esta análise é feita plotando os hidrogramas observados e os previstos, em função do tempo. É feita, então, uma análise subjetiva, a partir da aderência entre as duas curvas plotadas, principalmente na parte ascendente e no pico, que têm maior interesse prático, em se tratando de previsões.

3.7.2 - Coeficiente de Persistência

Este teste compara o modelo de estudo com o modelo de persistência, que prevê para o futuro, o último valor conhecido da série, através da seguinte expressão (Kitanidis e Bras, 1978):

$$CP = 1 - \frac{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2}{\sum (y_{t-1} - y_t)^2} \quad (3.6.6)$$

onde:

- $\hat{y}(t)$ é o valor previsto pelo modelo testado, em t;
- $y(t)$ é o valor observado em t;
- $y(t-1)$ é o valor estimado pelo modelo alternativo no tempo t.

O coeficiente de persistência pode assumir valores negativo ou positivo, variando desde qualquer valor negativo até no máximo igual a unidade. Quando o valor do coeficiente for negativo indica que o modelo alternativo superou o modelo de previsão testado. Quando o coeficiente for positivo a indicação é inversa.

3.7.3. - Coeficiente de Eficiência Relativa

A comparação entre os modelos alternativos será realizada com base no coeficiente de eficiência relativa (Lanna e Indurski, 1983.)

$$E_{tk} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{tk} (\hat{y}_t - y_t)^2}{\sum_{t=1}^{tk} (\hat{y}_a_t - y_t)^2} \quad (3.6.7)$$

onde:

\hat{y}_t são as previsões do modelo testado.

\hat{y}_a_t são as previsões do modelo alternativo.

y_t são os valores observados.

Esta estatística computa a fração adicional, que é explicada pelo modelo testado em comparação ao modelo alternativo. Quando o valor da eficiência relativa for positivo em dado instante t_k , isto indica que no período entre o instante inicial e t_k o modelo testado supera o alternativo. Quando negativo, a indicação é inversa. Tão importante quanto o valor da eficiência relativa é a declividade da função E_{tk} . Quando a declividade for positiva em dado período, independentemente do valor da eficiência relativa, pode ser concluído que durante aquele período, o modelo testado foi superior ao alternativo, o contrário ocorrendo quando a declividade for negativa.

C A P Í T U L O - I V

REGIÃO DE ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí (Fig. 4.1) tem sua situação caracterizada pela existência de altas cadeias de montanhas no oeste e sul (1.200 m) e de planícies e de pequenas elevações a leste, próximo ao oceano. A mesma localiza-se na vertente atlântica do Estado de Santa Catarina, entre as latitudes 26 e 28 sul e longitude 48 e 51 oeste. A bacia do Rio Itajaí drena uma área de aproximadamente 15.000 km², tendo como seus principais contribuintes os rios Itajaí do Sul, Itajaí do Oeste e Itajaí do Norte (ou Hercílio) localizados no Alto Vale.

Em função das altitudes médias do Vale do Itajaí o mesmo é caracterizado por três regiões: o Alto Vale, o Médio Vale e o Baixo Vale.

O clima da região do Vale do Itajaí é temperado "iso-semi-úmida" no sul e no extremo oeste, e "iso-úmida" no resto do Vale, com chuva predominantemente no verão, segundo a classificação brasileira (Serra, 1954). A precipitação média anual fica em torno de 1500 mm e a temperatura média anual em 18°C.

Quanto às distribuições das precipitações durante o ano podemos descrever: um período chuvoso que abrange 7 meses, de setembro a março e um período menos chuvoso de 5 meses, de abril a agosto. Estas distribuições podem ser visualizadas na fig.4.2.

As enchentes na bacia do Rio Itajaí-Açú não ocorrem somente na estação chuvosa, mas em qualquer época do ano. Isto pode ser verificado na fig. 4.3, que mostra as cheias ocorridas em Blumenau no período de 1852 à 1987.

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí do Norte ou Hercílio, objeto deste estudo, tem uma área de 3314 km², até o posto telemétrico localizado na cidade de Ibirama. Neste estudo esta área será denominada de bacia de Ibirama. A localização dessa área está apresentada na figura 4.1. O tempo de concentração da bacia de Ibirama é de aproximadamente 22 horas.

Os eventos que serão utilizados neste trabalho são os seguintes:

N ^o	EVENTOS	IDENTIFICAÇÃO
1	19/05/83 à 24/05/83	05/83
2	05/07/83 à 16/07/83	07/83
3	22/09/83 à 26/09/83	09/83
4	04/08/83 à 10/08/84	08/84

Estes eventos estão apresentados em forma gráfica nas figuras 4.4 à 4.7.

Curva-chave

A curva de descargas da estação telemétrica de Ibirama utilizada para transformar nível em descarga ou vice-versa é apresentada na figura 4.8. Sua equação é a seguinte:

$$Q = 96,5 (H - 0,4)^{1,68} \quad (3.4.1)$$

onde:

Q é a vazão (m³/s) e
H é o nível (m)

Fonte: Projeto Crise/FURB

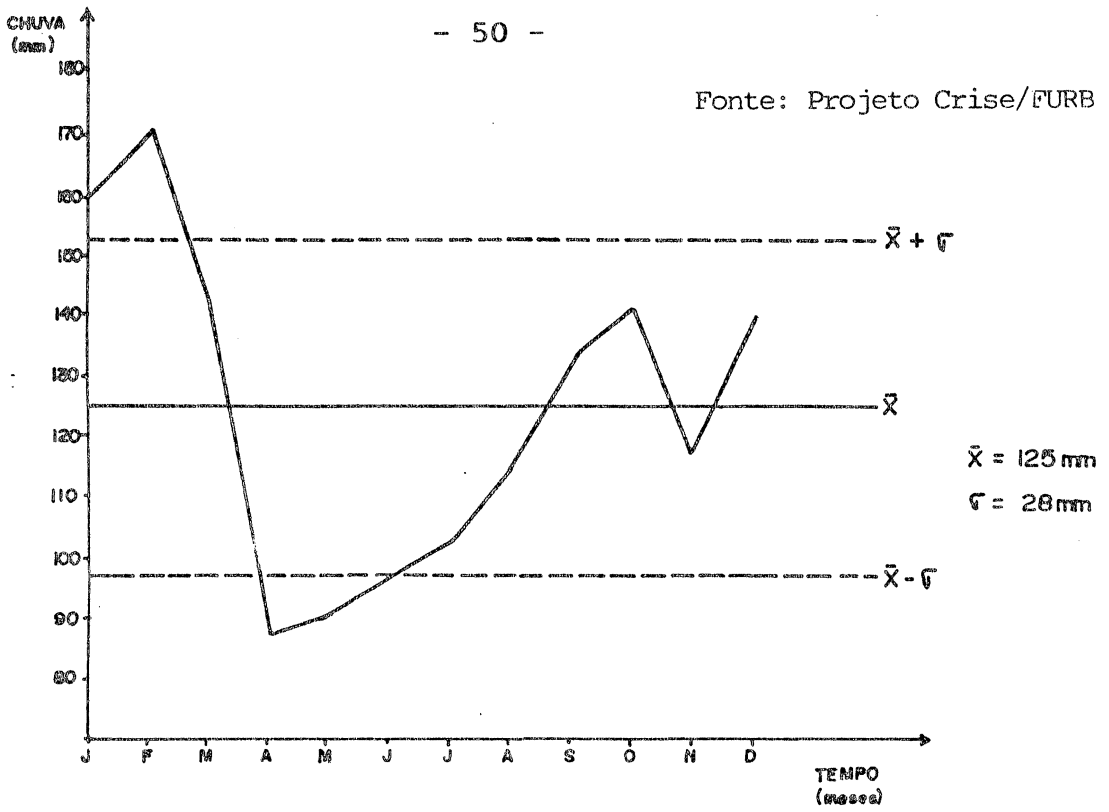


Fig. 4.2 Distribuição da precipitação total mensal ao longo do ano na bacia do rio Itajaí-Açú

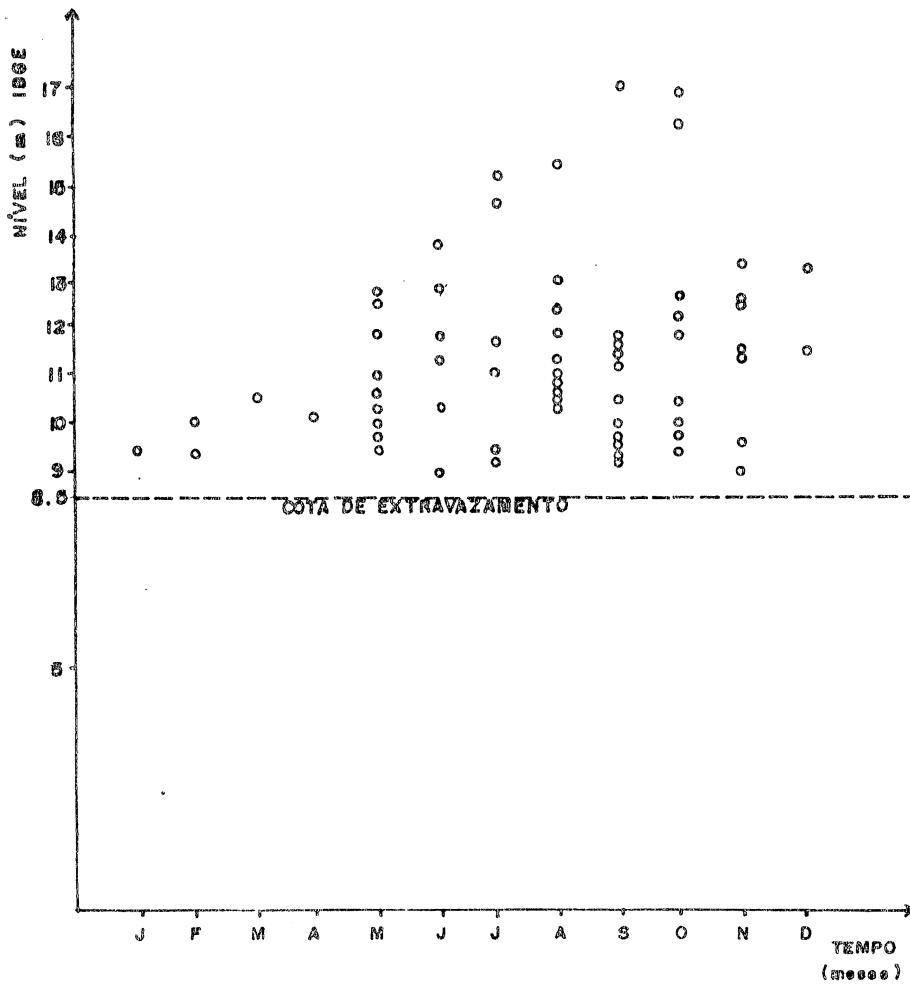


Fig. 4.3 Distribuição dos picos de enchente em Blumenau (SC), ao longo do ano. (cota IBGE)

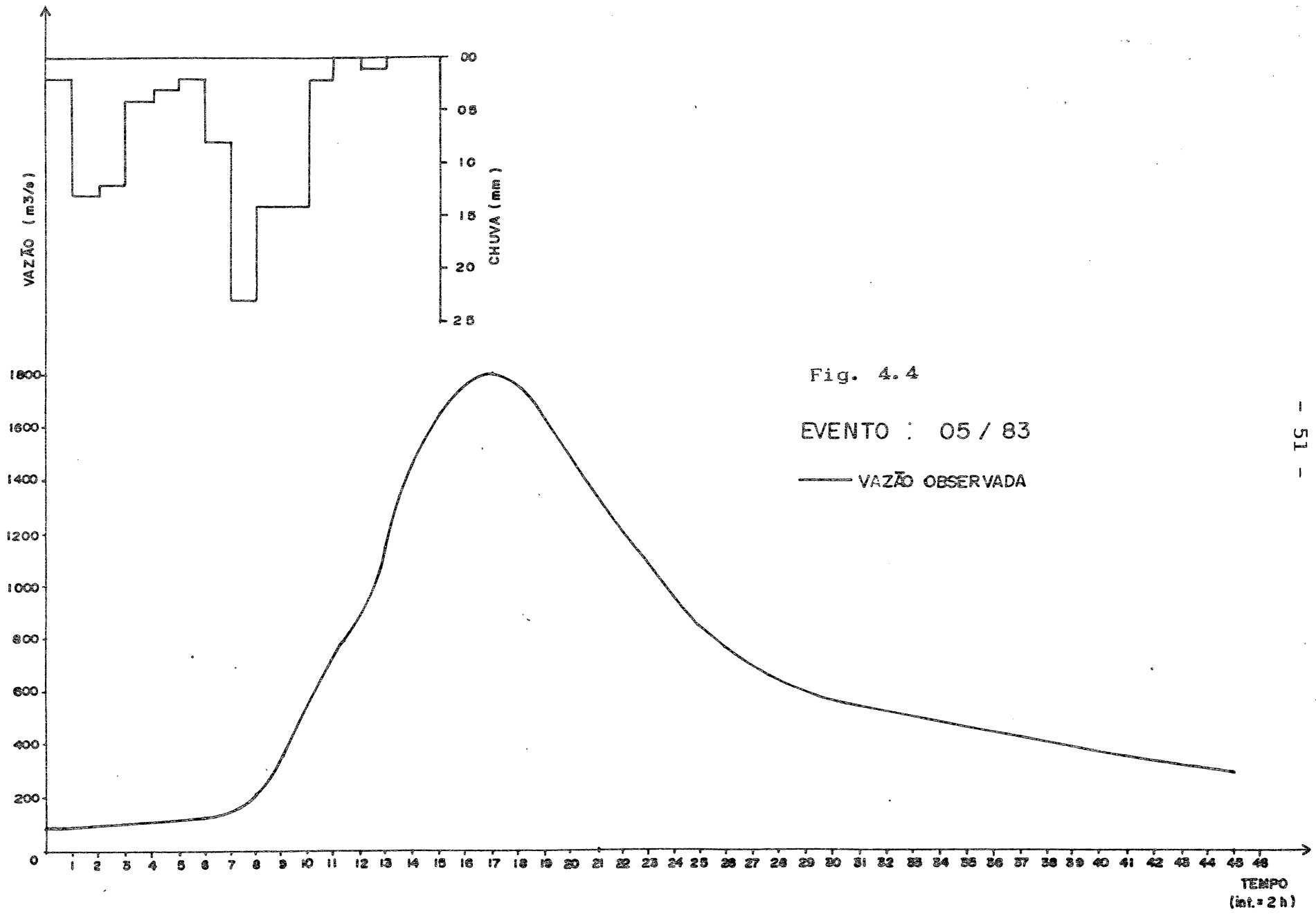
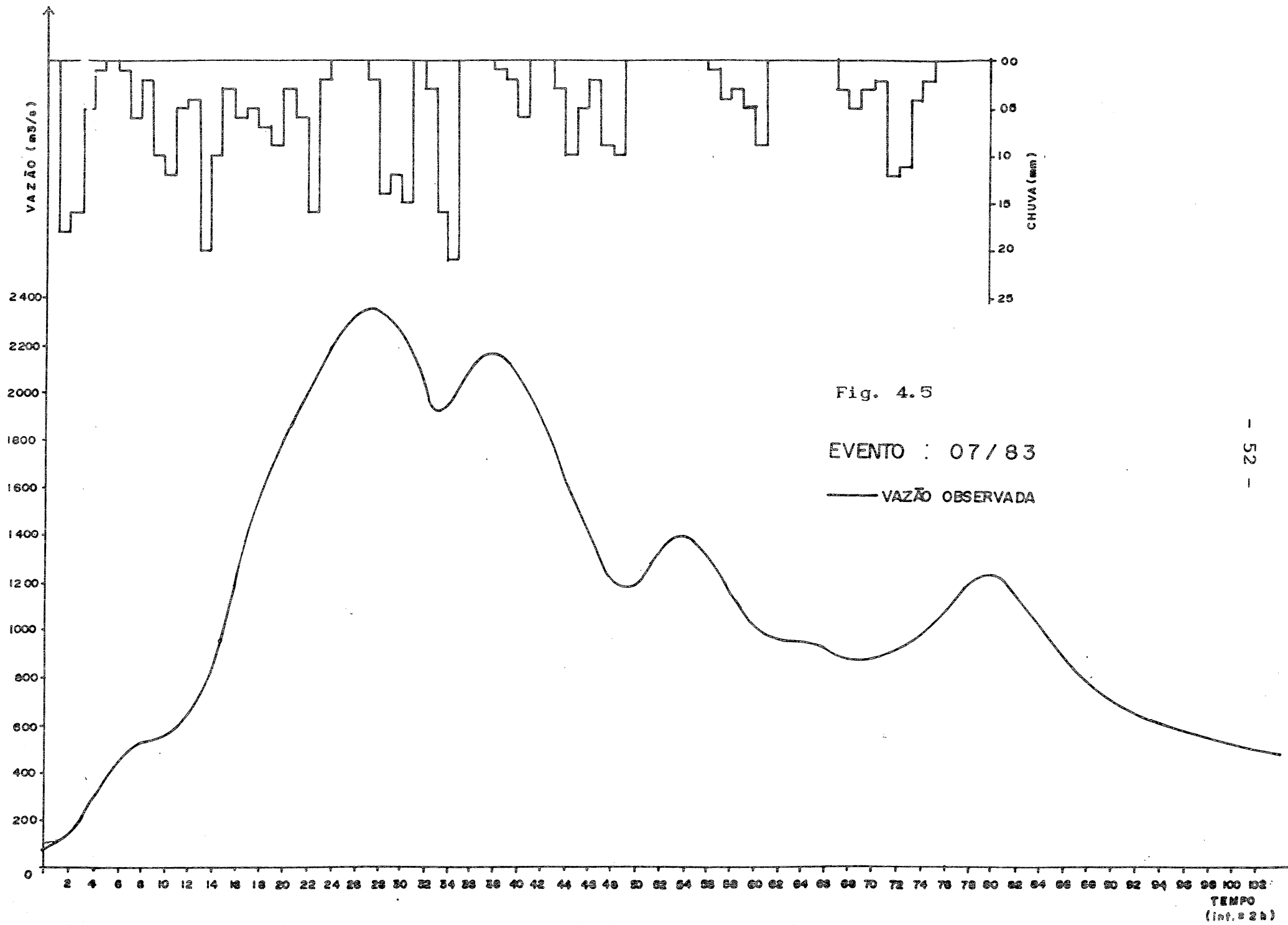


Fig. 4.4

EVENTO : 05 / 83

— VAZÃO OBSERVADA



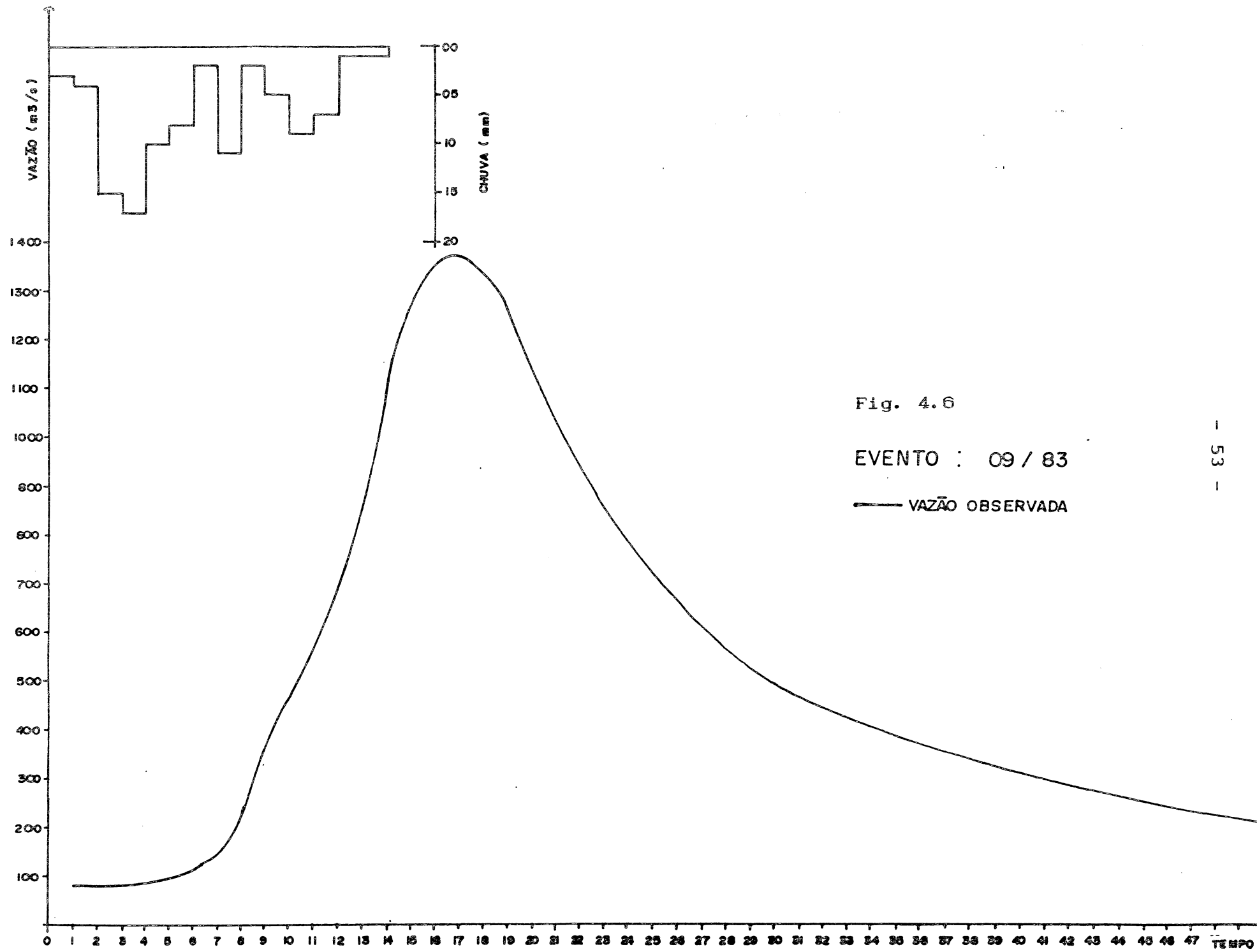


Fig. 4.6

EVENTO : 09 / 83

— VAZÃO OBSERVADA

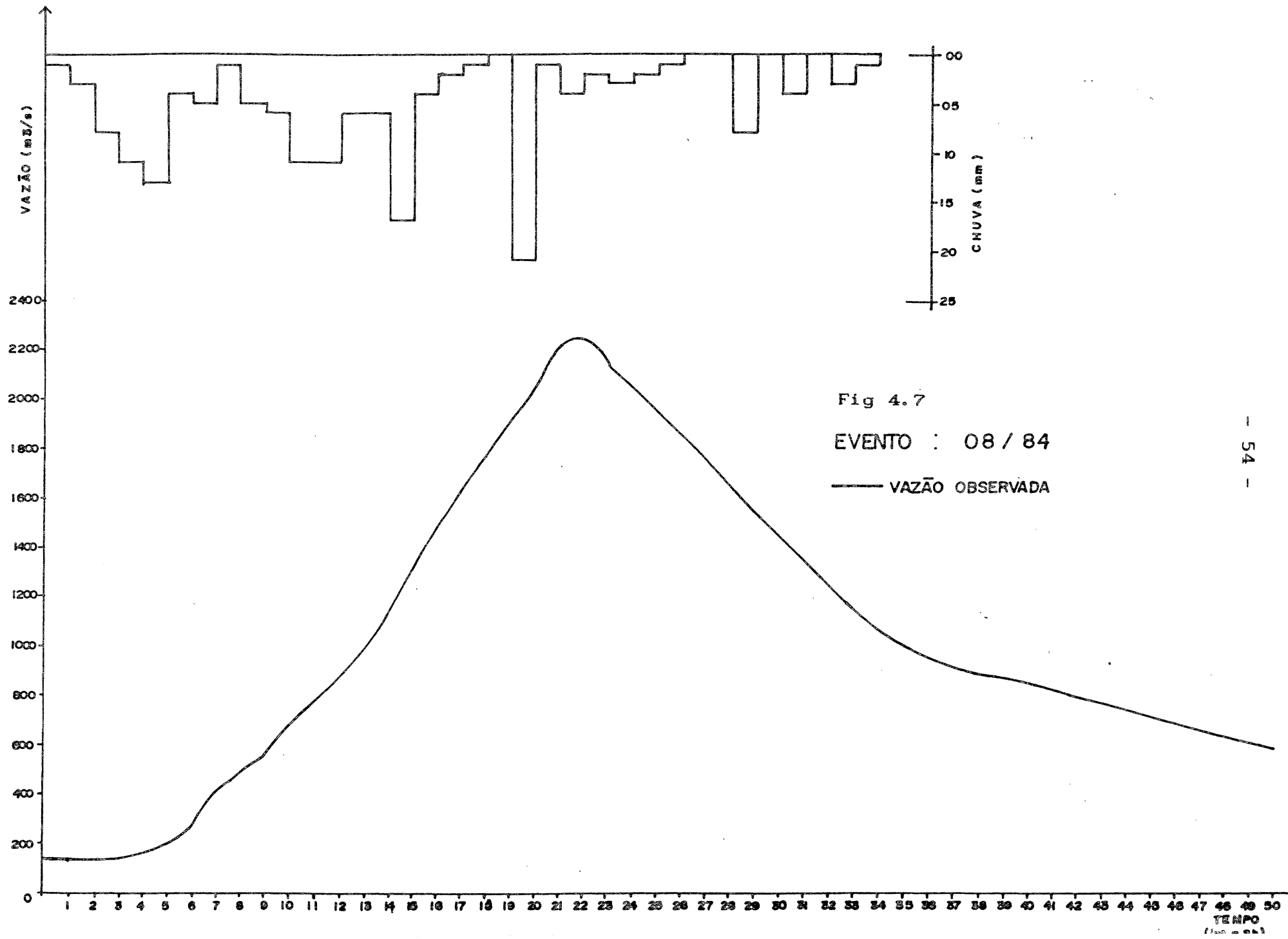


Fig 4.7
 EVENTO : 08 / 84
 — VAZÃO OBSERVADA

POSTO : IBIRAMA
CURVA - CHAVE

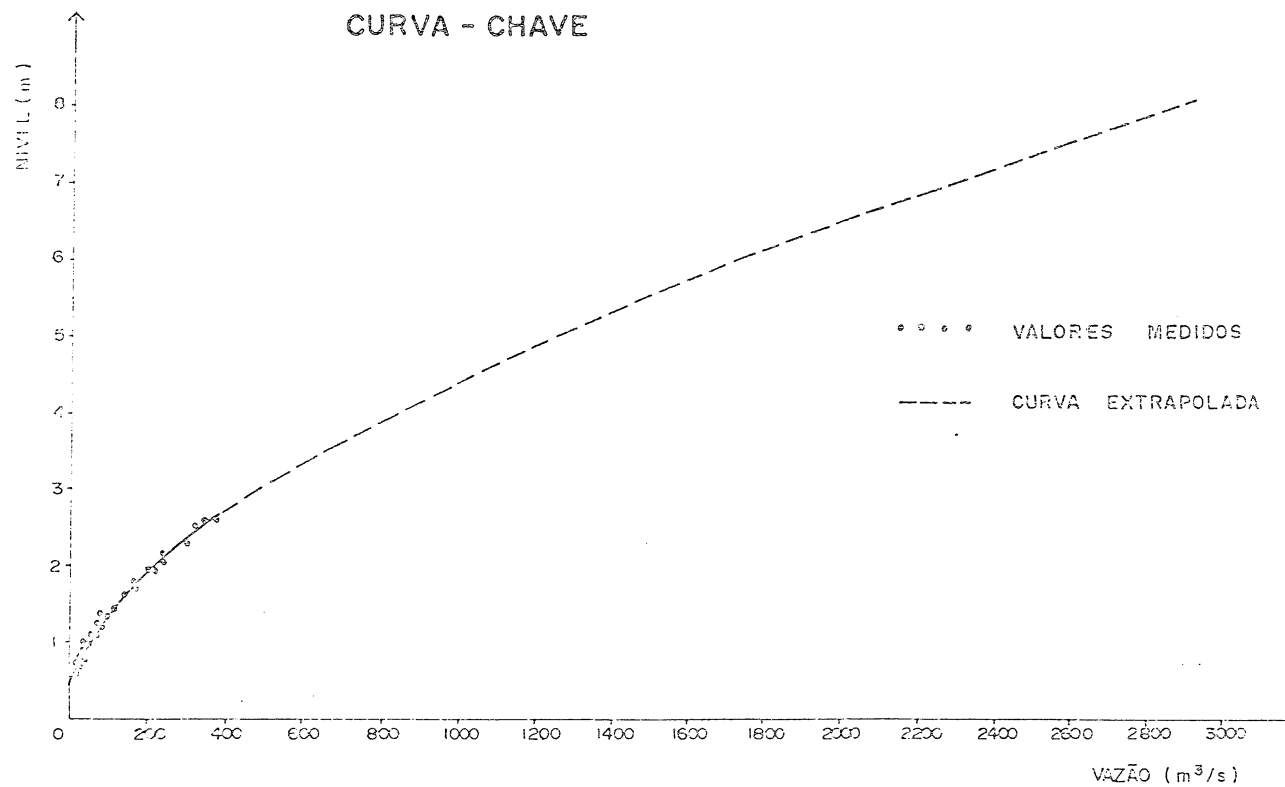


Fig. 4.8

CAPÍTULO - V

APLICAÇÕES E RESULTADOS

5.1 - Modelo MOPHU

Para realizar as previsões foram utilizados quatro eventos, destes um foi selecionado para ajuste do modelo e os outros três para teste.

Para selecionar o evento de ajuste foram utilizados os eventos mais representativos da bacia. Os eventos utilizados foram o 05/83 e o 09/83, por serem eventos médios da bacia. Os eventos 07/83 e 08/84 são eventos extremos, por isso não foram utilizados na seleção do evento de ajuste. O evento selecionado foi o 09/83, por ter apresentado melhor ajuste entre os dois eventos utilizados.

As perdas ao longo do tempo foram estimadas recursivamente de duas formas distintas, uma através da equação (3.3.7) e a outra pela equação [3.3.8(a)]. Na análise visual preliminar verificou-se uma melhoria nas previsões quando foi utilizada a equação (3.3.8(a)) na determinação das perdas, com relação aos resultados obtidos quando do uso da equação (3.3.7). Por isso, a primeira equação foi selecionada para este estudo.

5.1.1 - Passos de Previsão

(a) Determinação da chuva média na bacia

A chuva média na bacia foi determinada por Cruz (1987),

através do traçado de isoietas das precipitações totais de cada evento. Após determinada a precipitação média de cada evento, estas foram discretizadas a cada duas horas a partir dos pluviógrafos de Dr. Pedrinho nos eventos ocorridos no ano de 1983 e no de Barra do Prata no evento ocorrido no ano de 1984.

(b) Retardo inicial

Para determinar o tempo de retardo inicial foi plotado o hietograma das precipitações médias e o hidrograma das vazões observadas em função do tempo, para cada evento (fig. 4.4 à 4.7). O evento selecionado para determinar o retardo inicial foi o 09/83, por ser o evento de ajuste. Verificou-se em análise visual no gráfico correspondente a este evento (fig. 4.6) que o hidrograma começou a ter acréscimos em seus níveis, após duas horas do início da chuva intensa na bacia. Logo, o retardo inicial da bacia foi estimado em duas horas. Também em análise visual, ficou confirmada esta escolha nos outros eventos.

(c) Ordenadas do hidrograma unitário

Normalmente são selecionados vários eventos para determinar as ordenadas do hidrograma unitário de uma bacia. Porém, no presente trabalho devido ao número limitado de eventos, as ordenadas do hidrograma unitário da bacia em estudo foram estimadas a partir de um único evento. O evento selecionado foi o de 09/83, por ser o evento de ajuste.

Para determinar as ordenadas do hidrograma unitário, foi utilizado o método de inversão de matriz descrito no item 3.3.2.1 O intervalo de tempo utilizado foi de duas horas para chuva e vazão. Conseqüentemente, obtivemos como resultante as ordenadas do hidrograma unitário, discretizadas neste mesmo intervalo. Antes de aplicar o método de inversão de matriz, foi determinado o escoamento superficial e a chuva efetiva, do evento utilizado, conforme descrito no item 3.3.2.

(d) Determinação das vazões de base e superficial

A vazão de base é tomada como a vazão observada antes da ocorrência do primeiro acréscimo na descarga. Este valor é considerado constante para todo o evento. A vazão superficial é a diferença entre a vazão total e a de base. Por exemplo, no evento 09/83, as vazões observadas em intervalos de duas horas foram 79, 79, 94, ... (m^3/s). Logo, o fluxo de base neste caso é $79 m^3/s$ e é mantido constante no tempo. O valor da primeira vazão superficial ($Q_{1+\tau}$) é $15 m^3/s$ neste evento. É apresentado aqui uma pequena diferença na forma de determinar a vazão de base e conseqüentemente a superficial, em relação ao método descrito no item 3.3.2, mas as diferenças não são relevantes neste caso por estar-mos tratando de previsão de cheia em tempo atual.

(e) Determinação da primeira perda pelo índice- ϕ

Quando os valores de $Q_{1+\tau}$, P_1 e U_1 forem conhecidos, a equação [3.3.6(a)], pode ser utilizada para determinar o primeiro valor da perda por infiltração ao longo do tempo (índice- ϕ).

(f) Determinação da chuva efetiva

O primeiro valor do índice- ϕ é utilizado para determinar a chuva efetiva do intervalo de tempo $(1 + \tau)$, através da equação (3.3.4).

(g) Previsão das vazões

Conhecidas as ordenadas do hidrograma unitário e a chuva efetiva, podemos utilizar a equação (3.3.9) para determinar as previsões das vazões, para diversos alcances, considerando que a chuva que vai ocorrer após o tempo da previsão é igual a zero.

(h) Atualização do índice- ϕ

Em cada intervalo de tempo (k) subsequente, a

equação [3.3.8(a)] é utilizada para atualizar o valor do índice- ϕ . Em seguida, os passos (f) e (g) são repetidos para fazer as novas previsões. No passo (f), a chuva efetiva é determinada para os intervalos de tempo ($k+\tau$).

O procedimento acima foi utilizado para determinar as previsões das cheias em tempo atual, na bacia de Ibirama.

5.1.2 - Resultados Obtidos

As equações [3.3.8(a)] e (3.3.9) foram utilizadas, respectivamente, para estimar as perdas e prever as vazões em tempo atual, para os alcances de 2, 4, 6 e 8 horas à frente. Os resultados obtidos em forma de vazões e após, transformados em níveis via curva-chave, estão apresentados no apêndice nas tabelas A.1 à A.4. Nas figuras 5.1 à 5.16 os níveis observados e os previstos versus tempo estão representados em forma gráfica.

EVENTO : 05/83

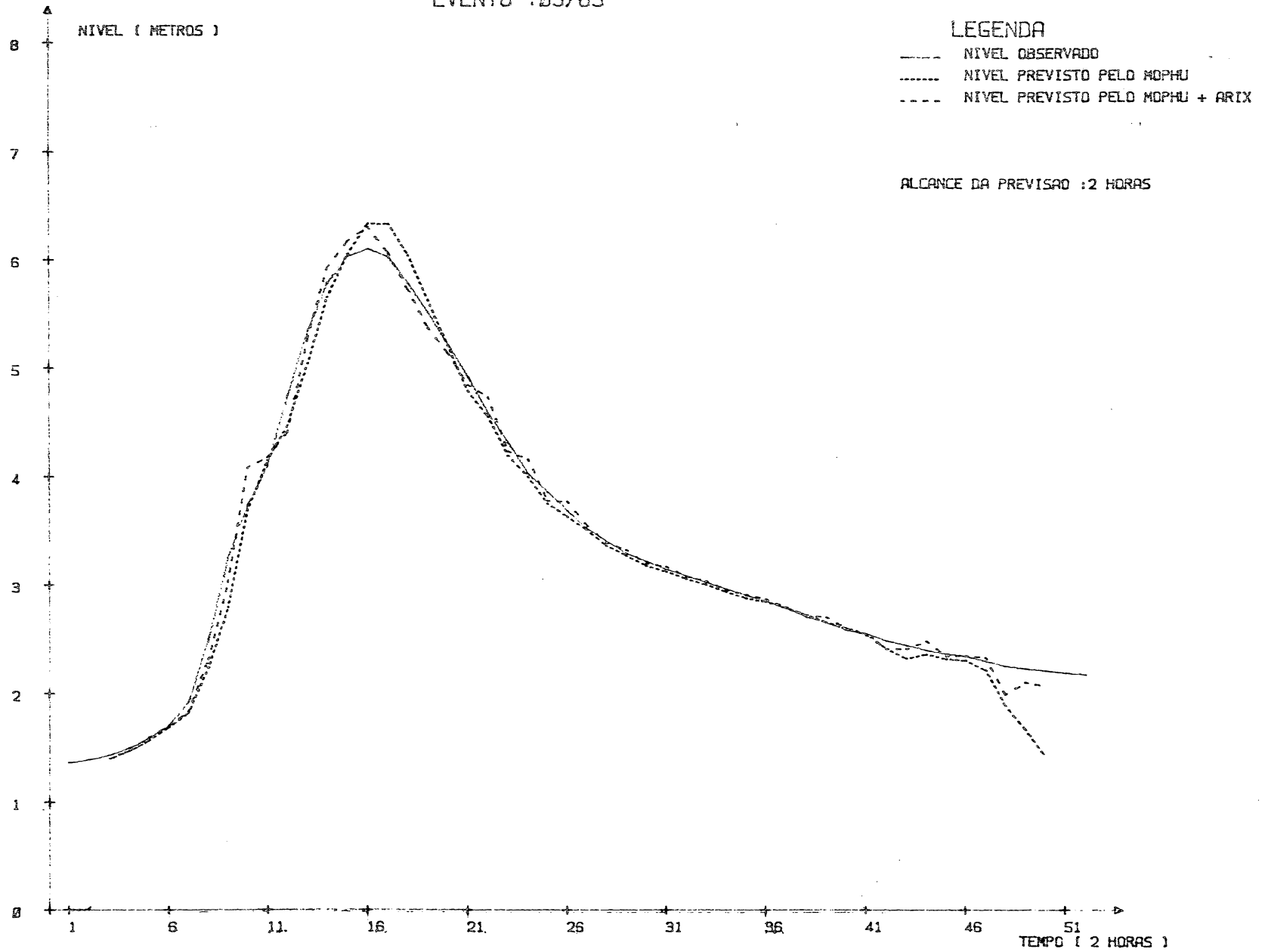


FIGURA : 5.1

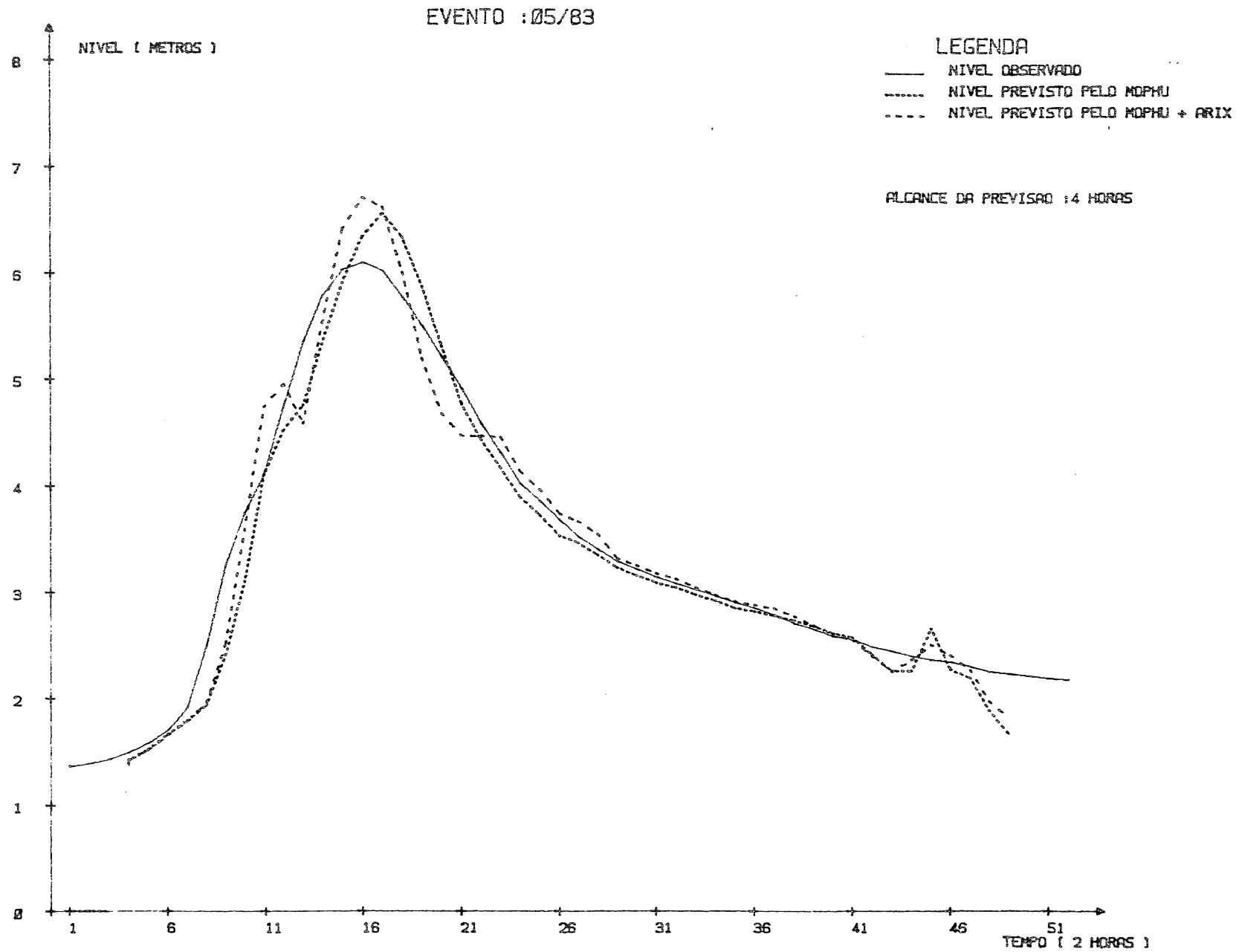


FIGURA : 5.2

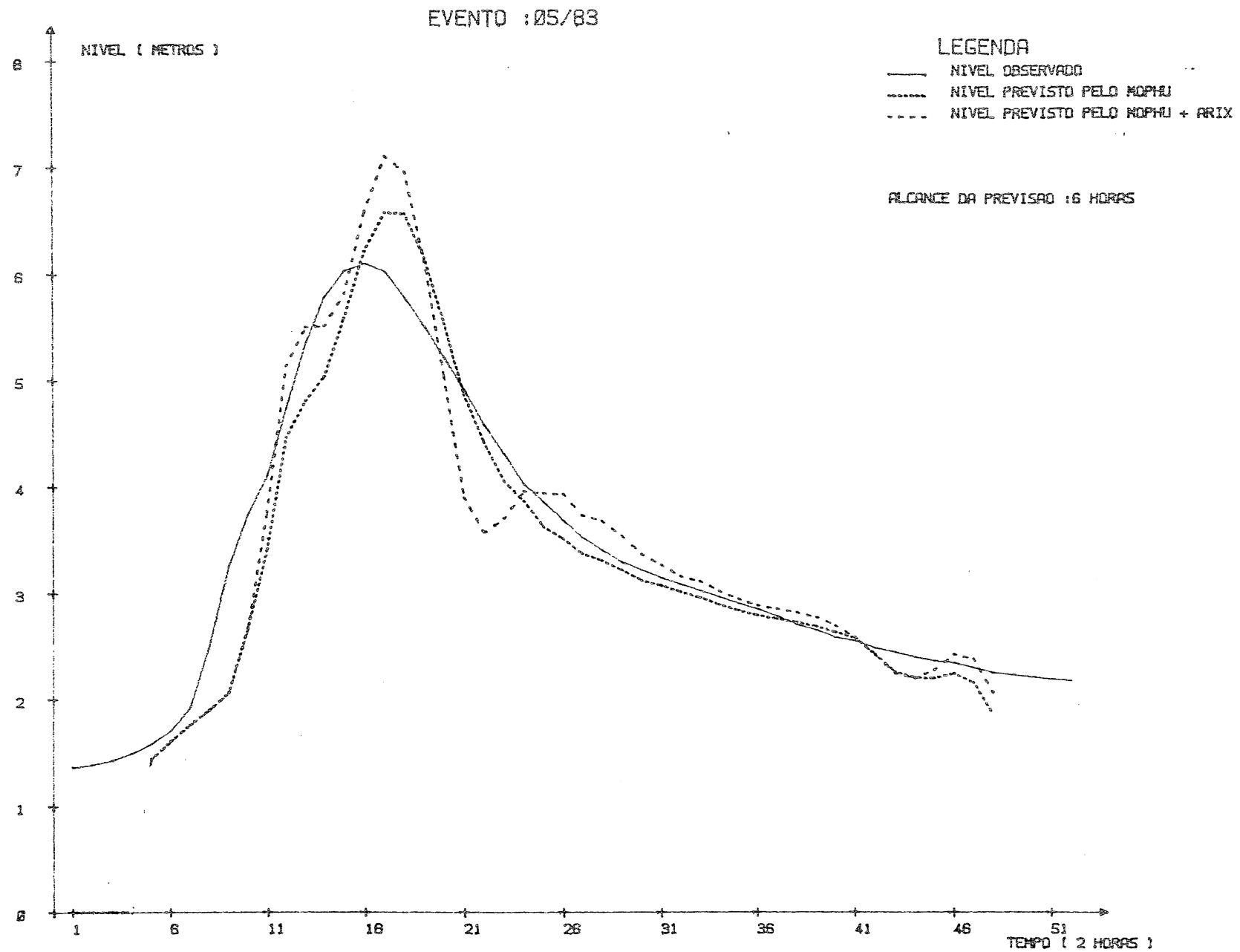


FIGURA : 5.3

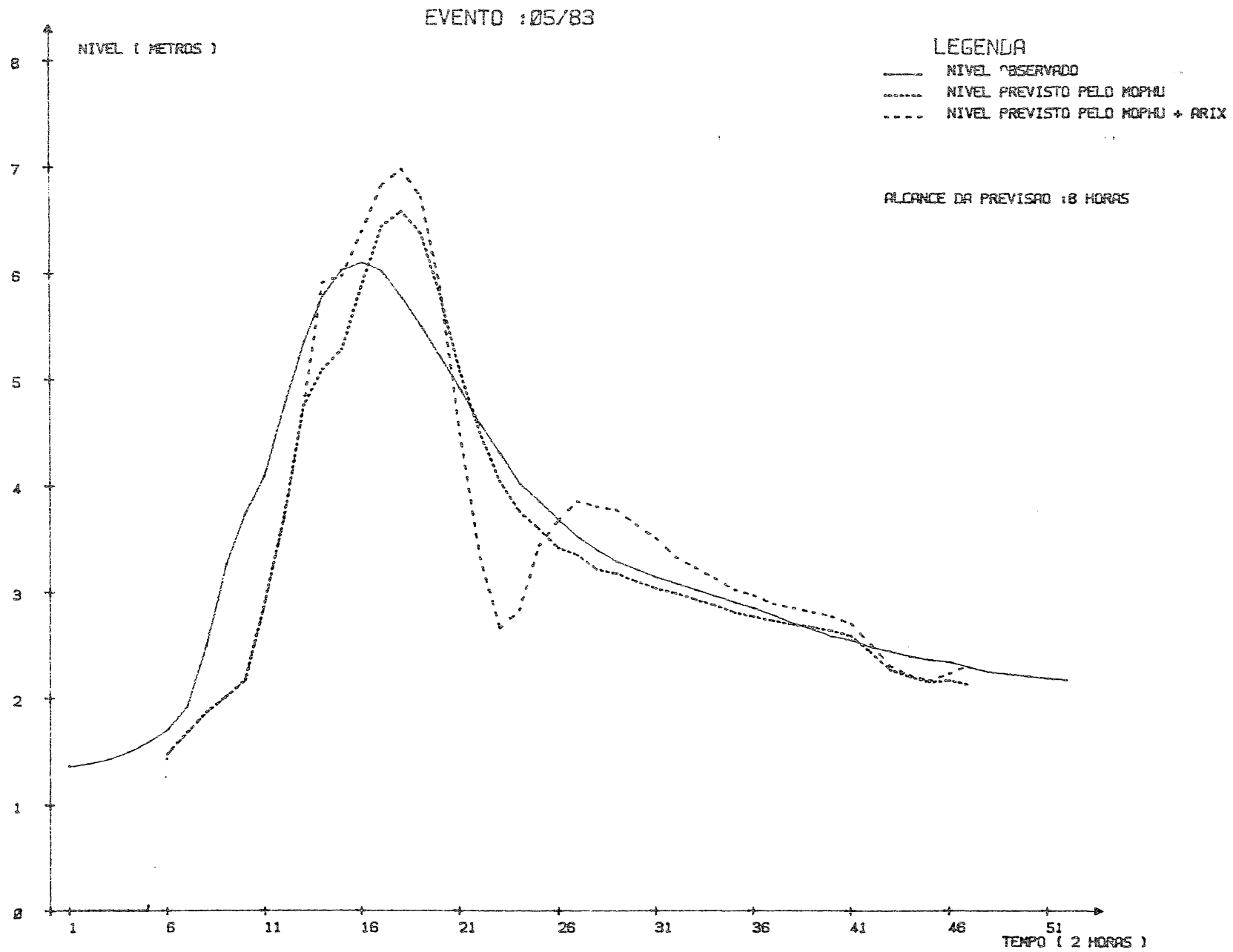


FIGURA : 5.4

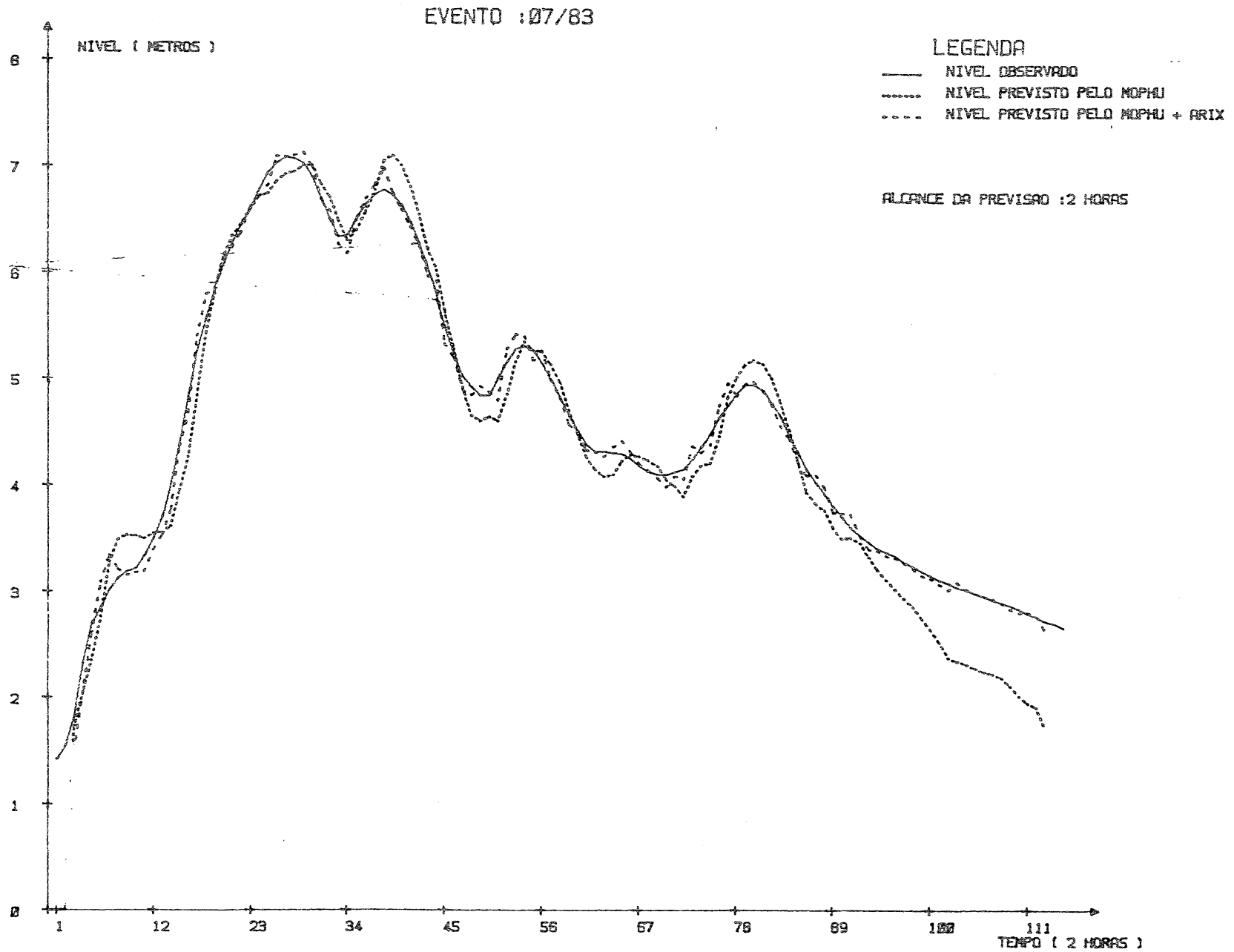


FIGURA : 5.5

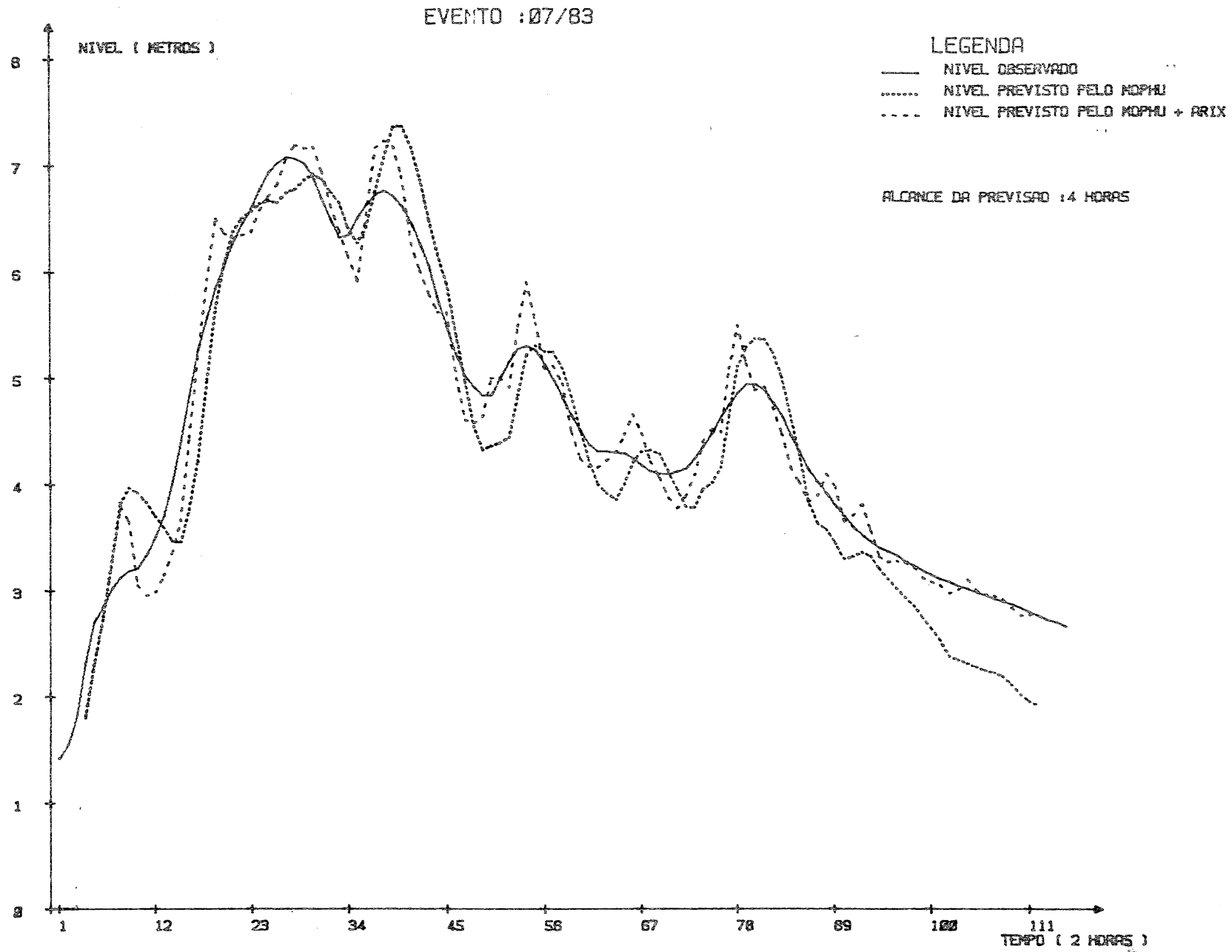


FIGURA : 5.6

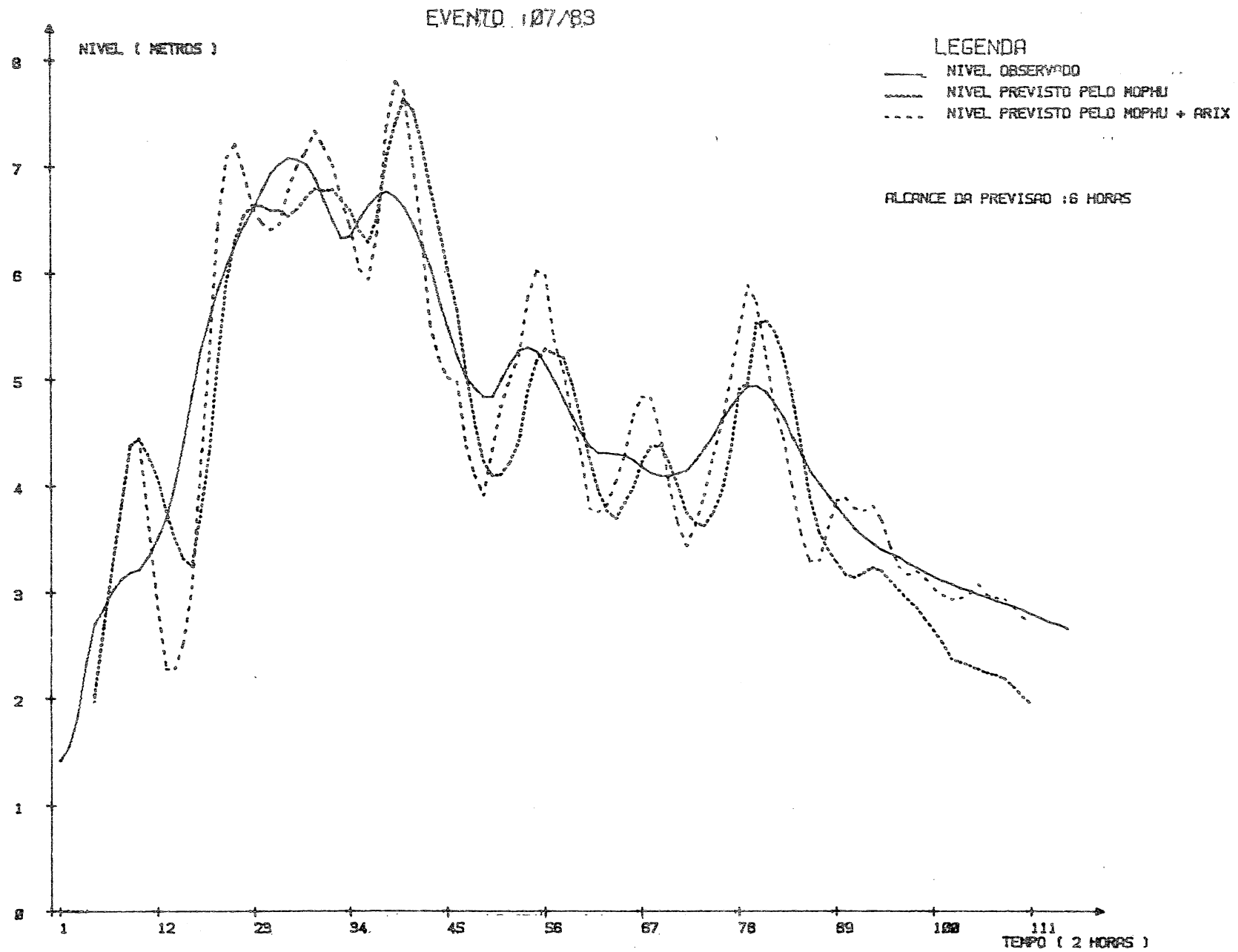


FIGURA : 5.7

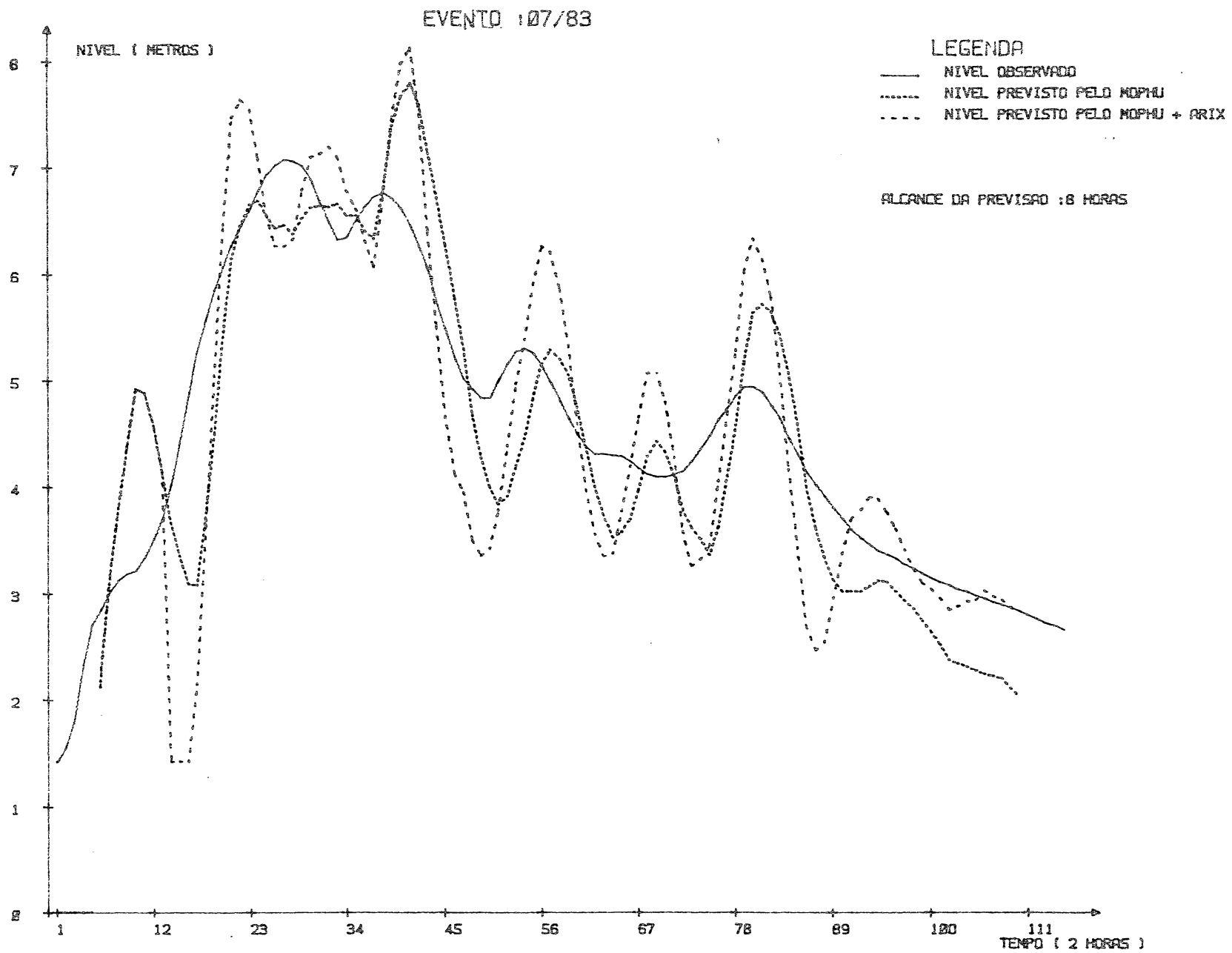


FIGURA : 5.8

EVENTO : 09/83

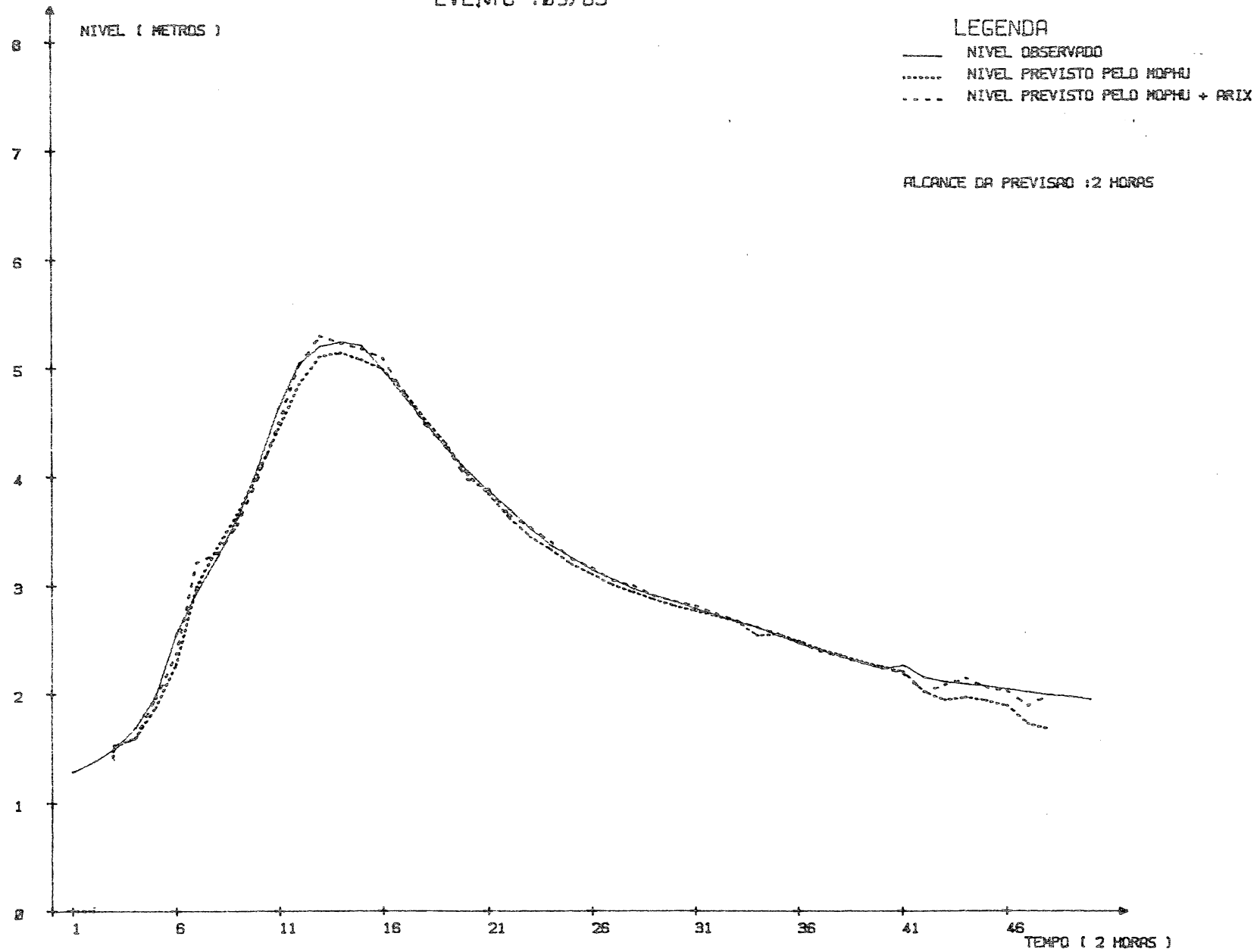


FIGURA : 5.9

EVENTO : 09/83

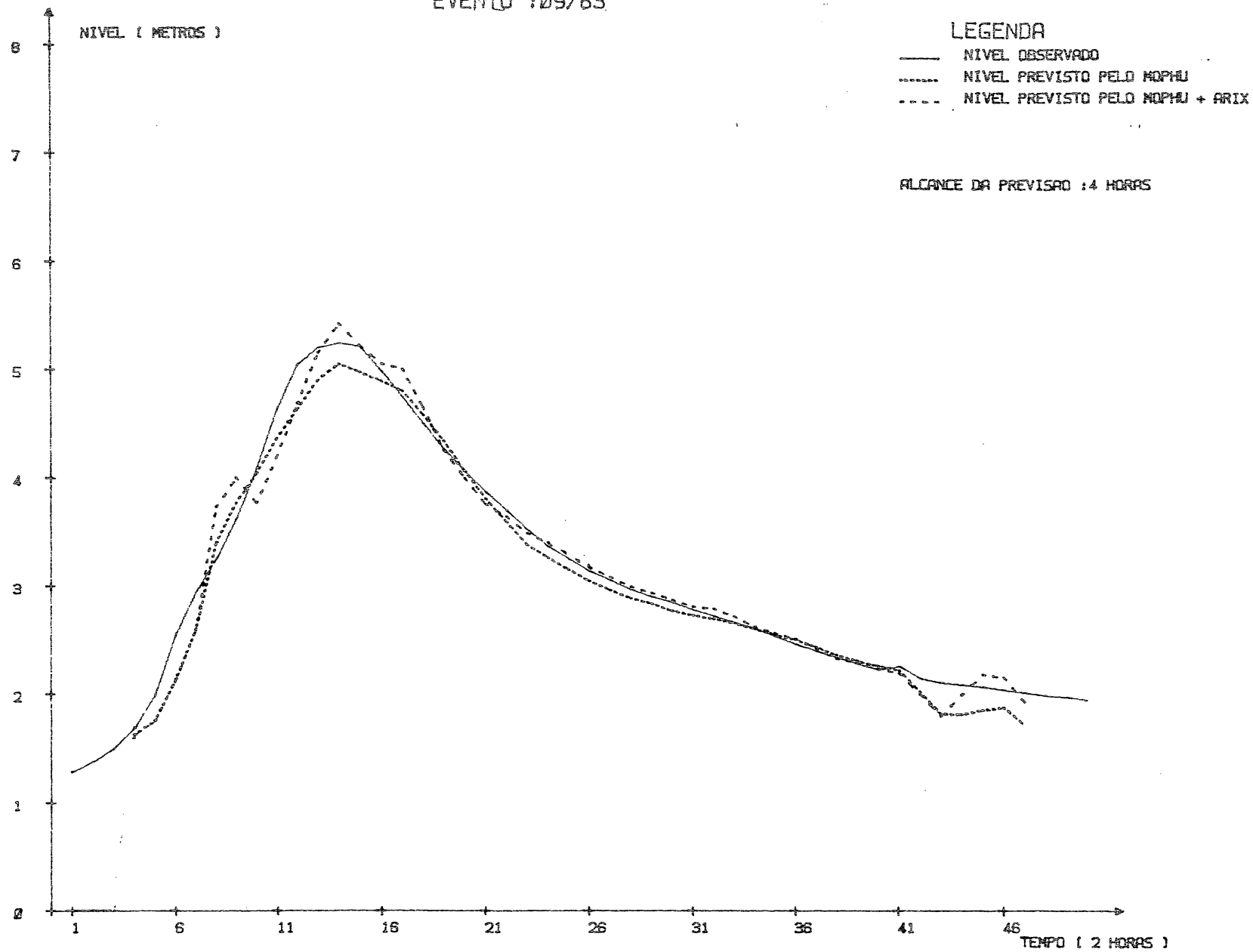


FIGURA : 5.10

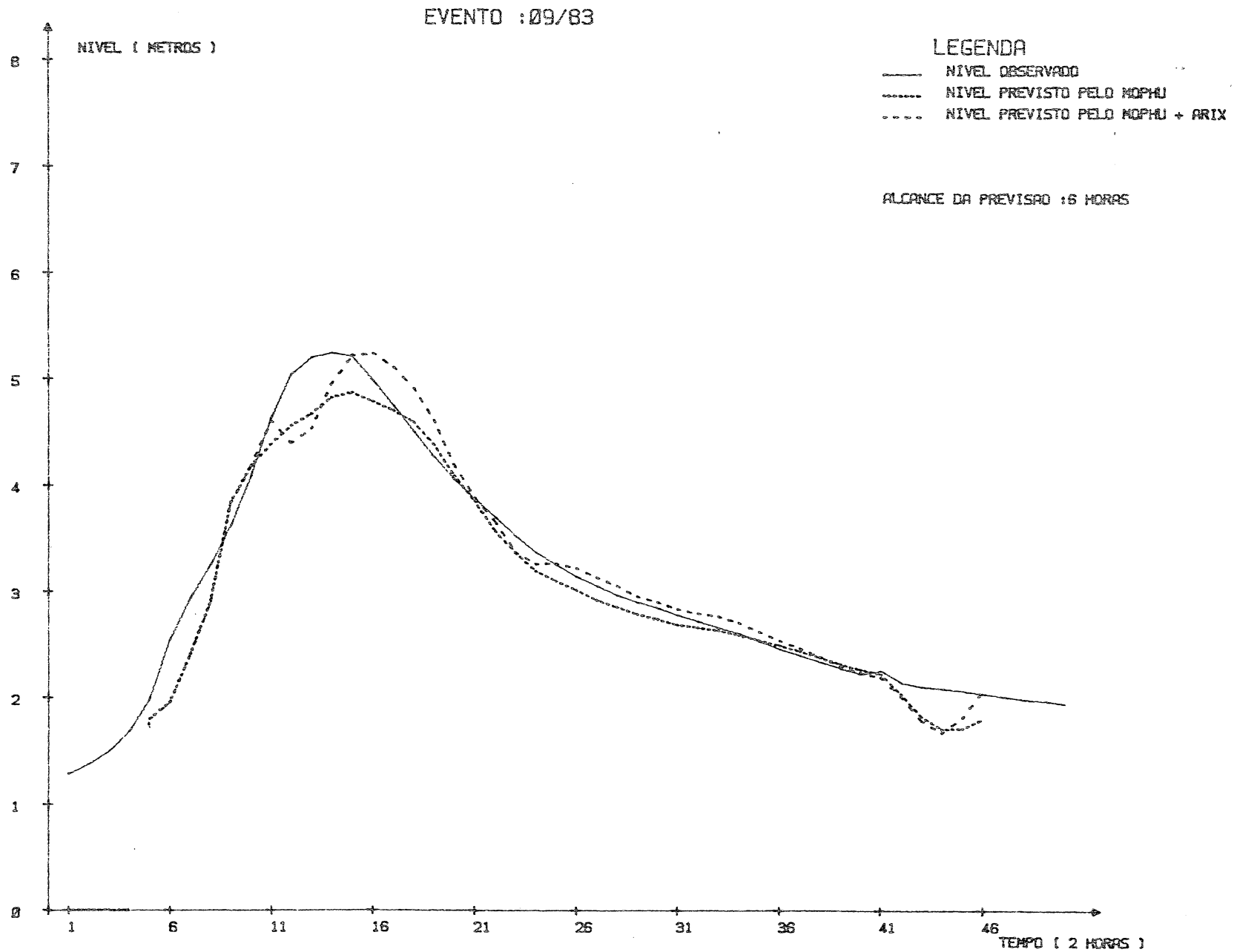


FIGURA : 5.11

EVENTO : 09/83

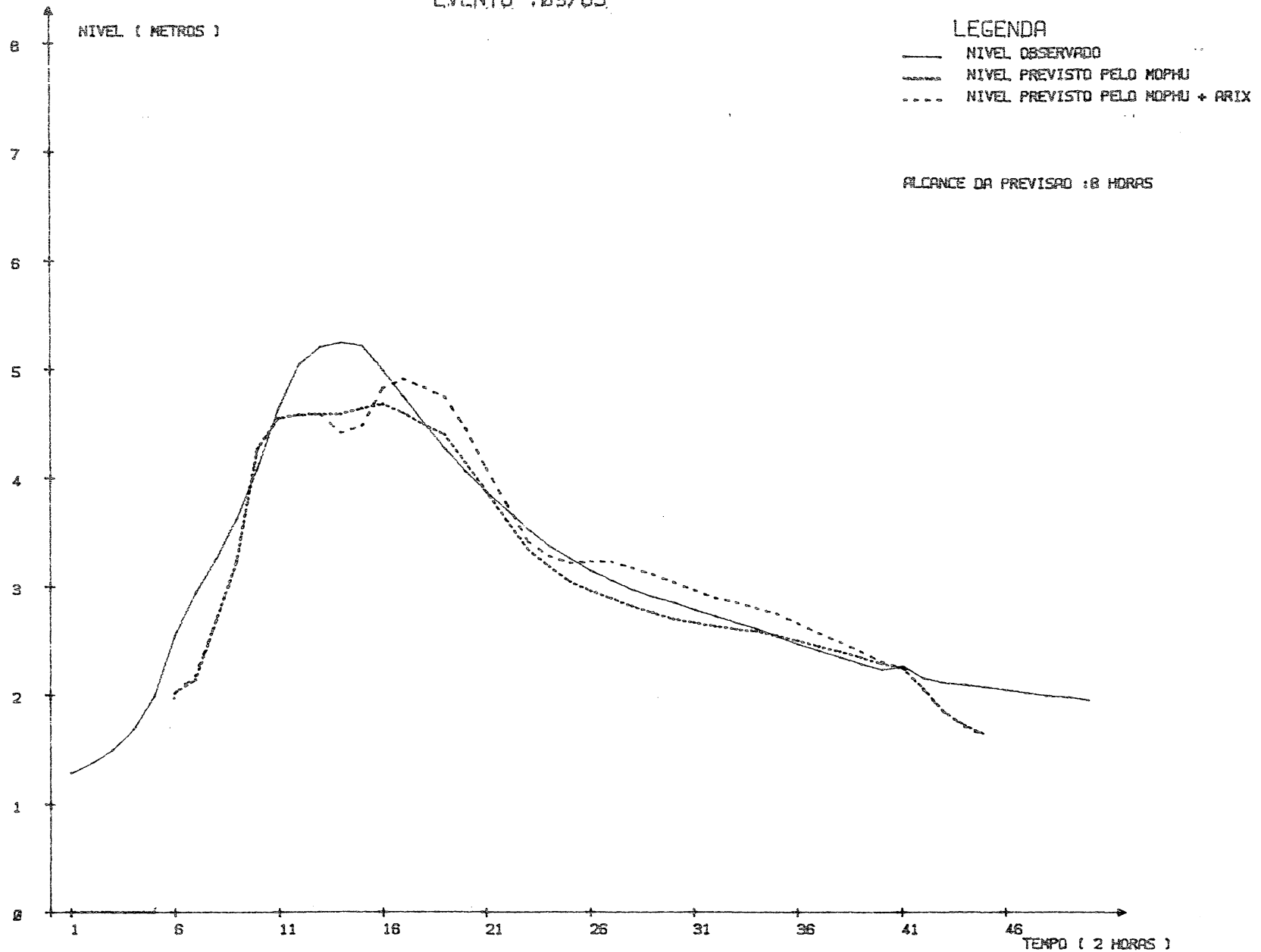


FIGURA : 5.12

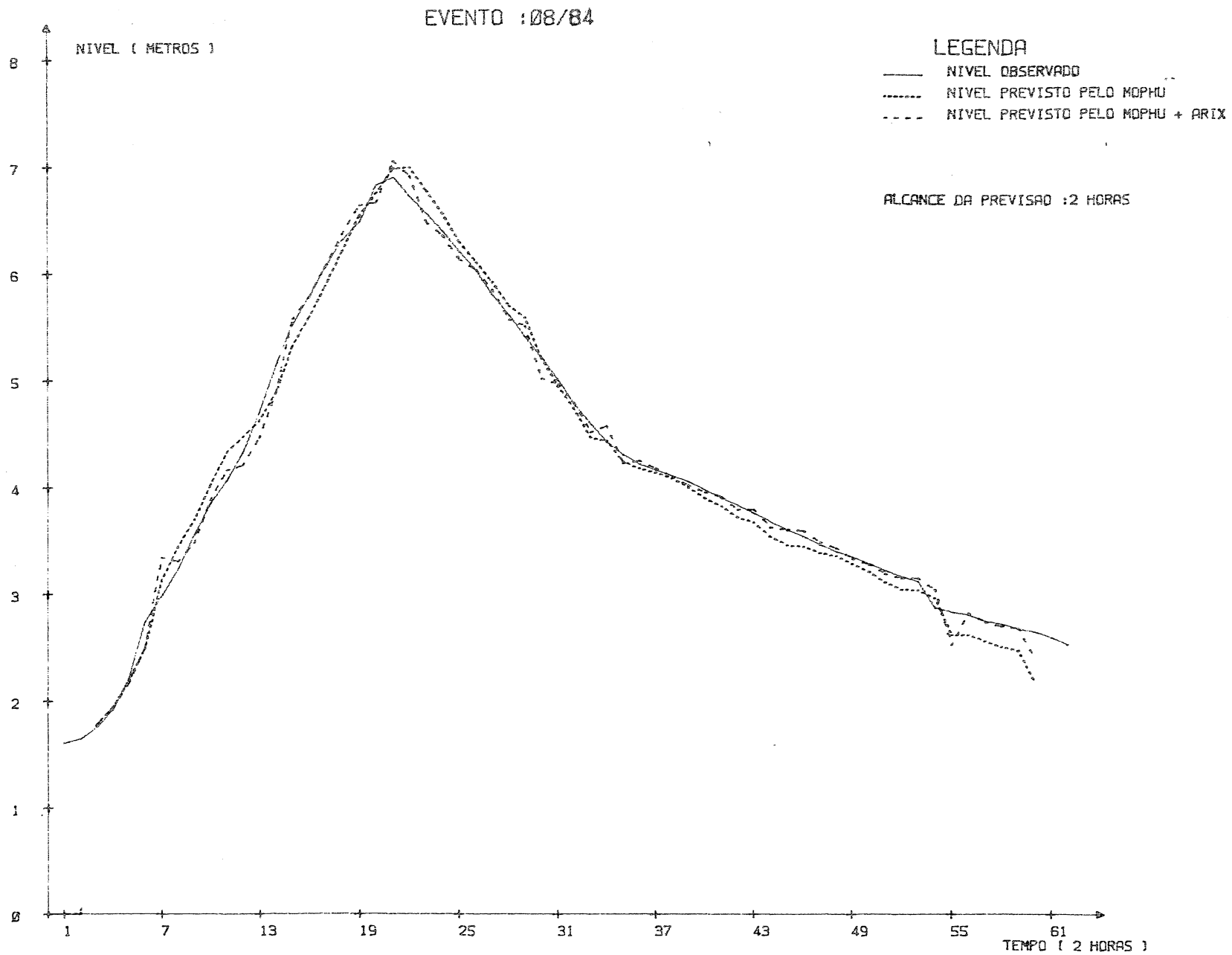


FIGURA : 5.13

EVENTO : 08/84

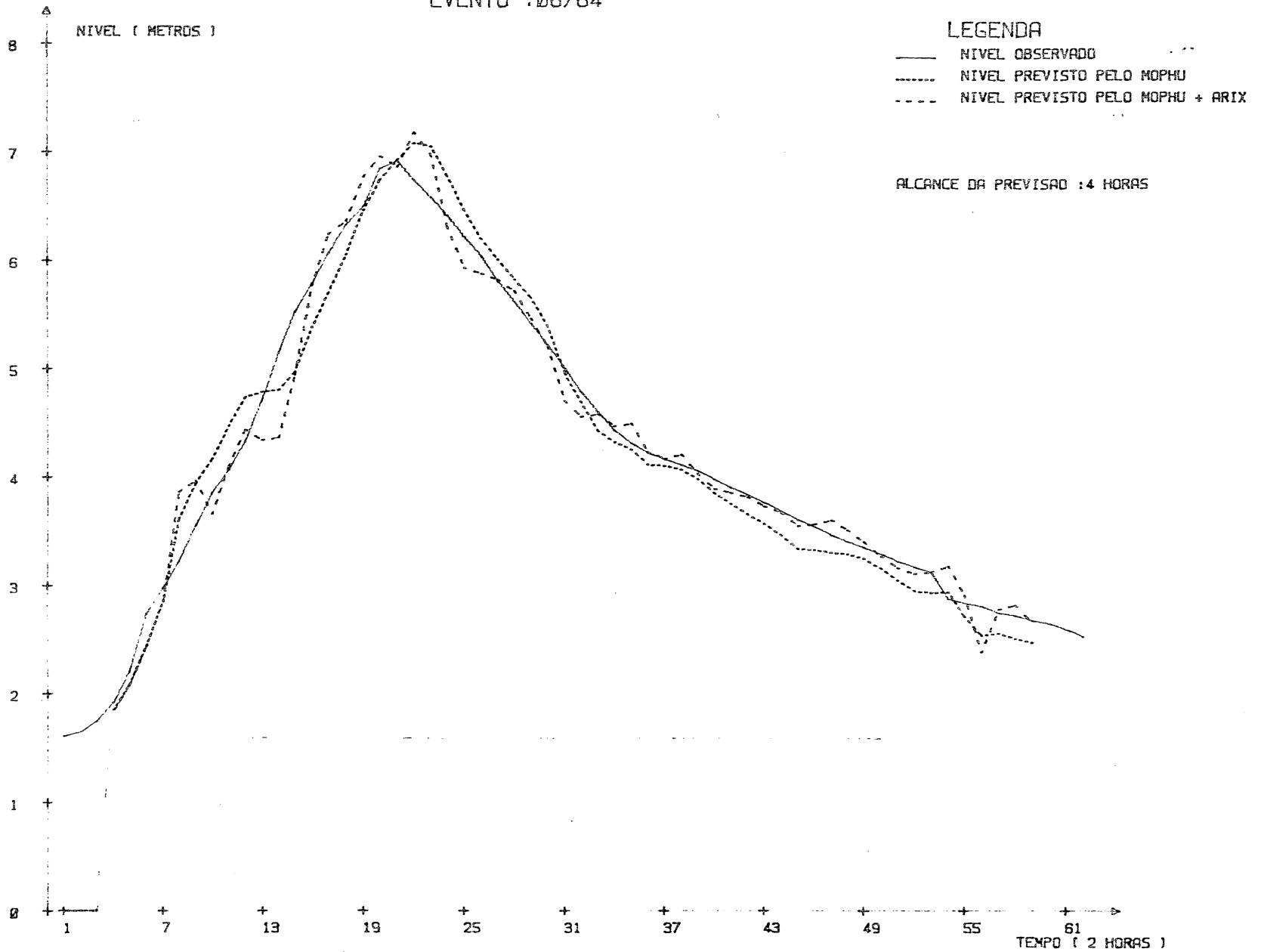


FIGURA : 5.14

EVENTO : 08/84

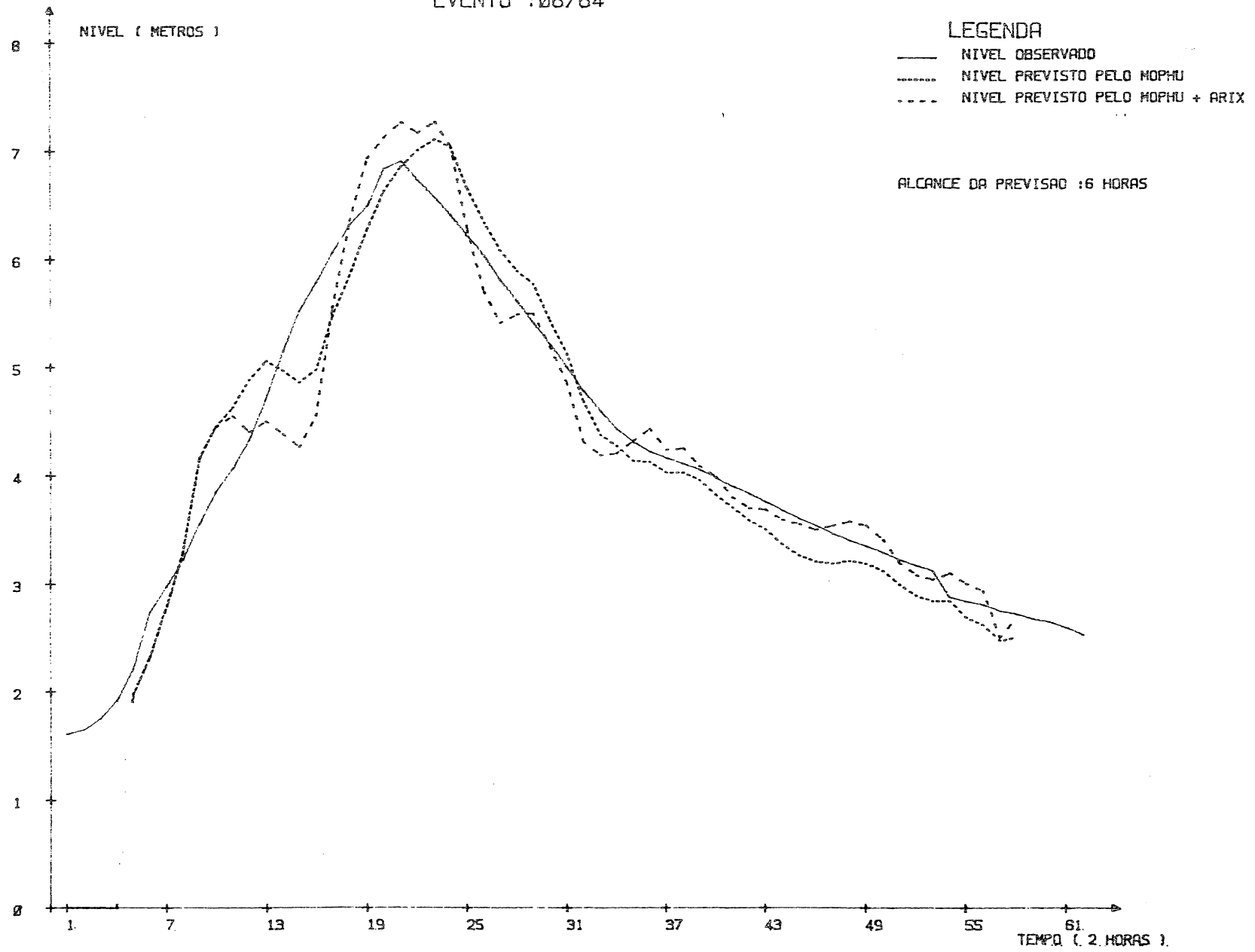


FIGURA : 5.15

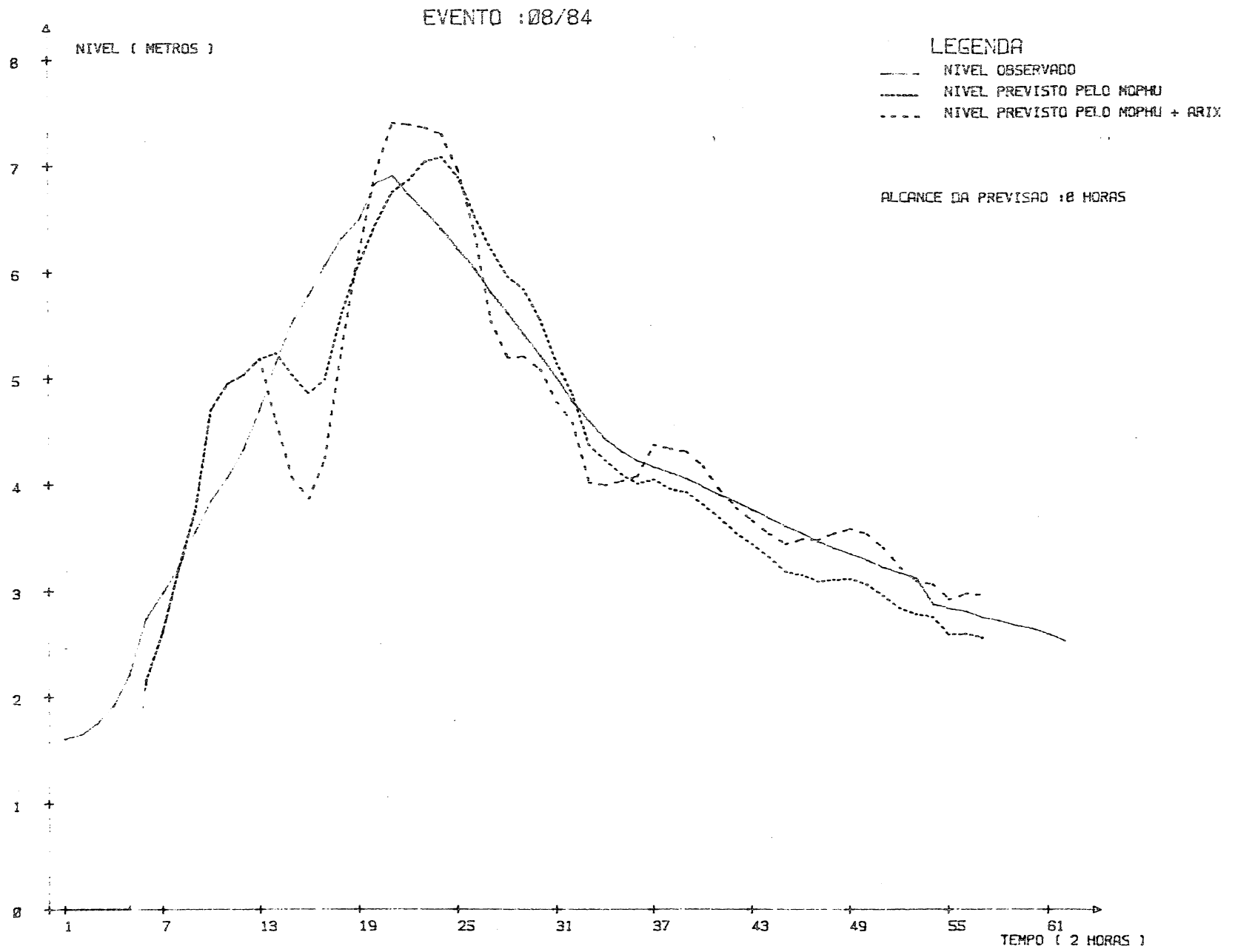


FIGURA : 5.16

5.2 - Modelos de Previsão de Erro tipo ARIMAX

5.2.1 - Testes de Informação

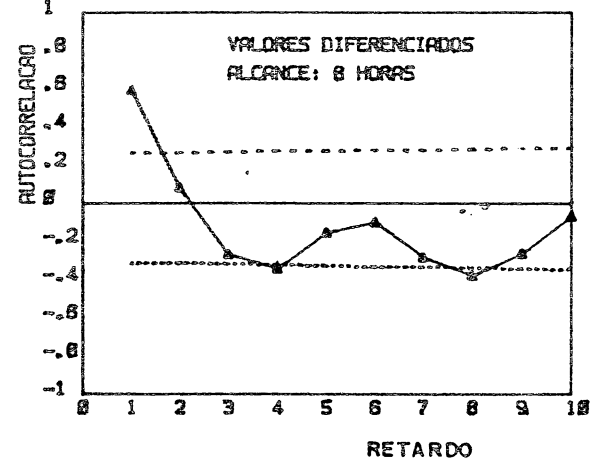
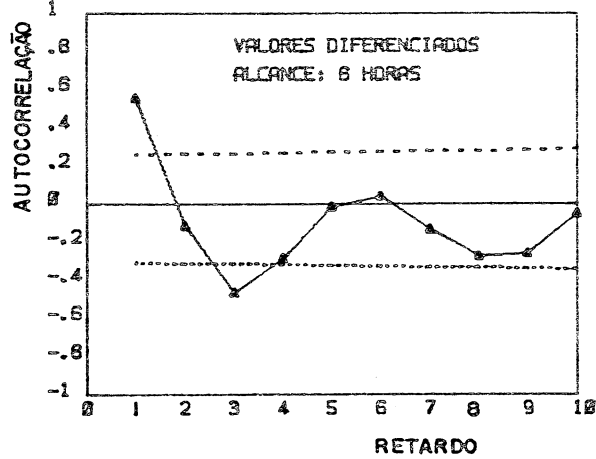
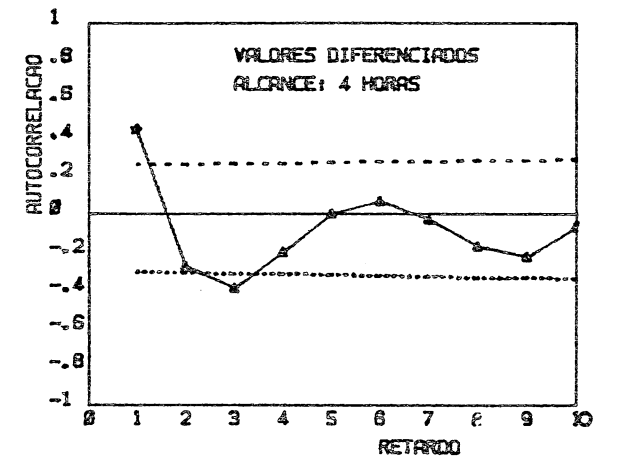
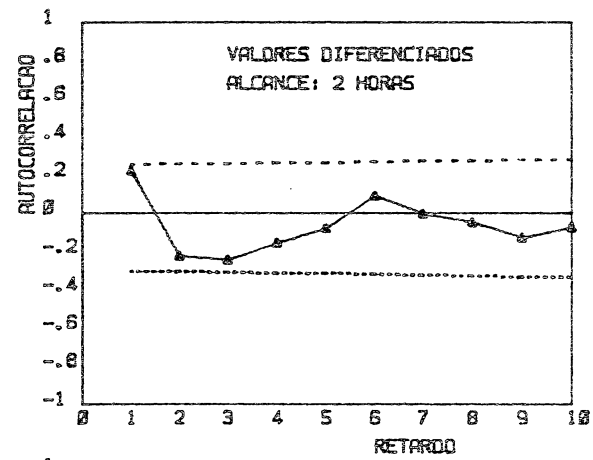
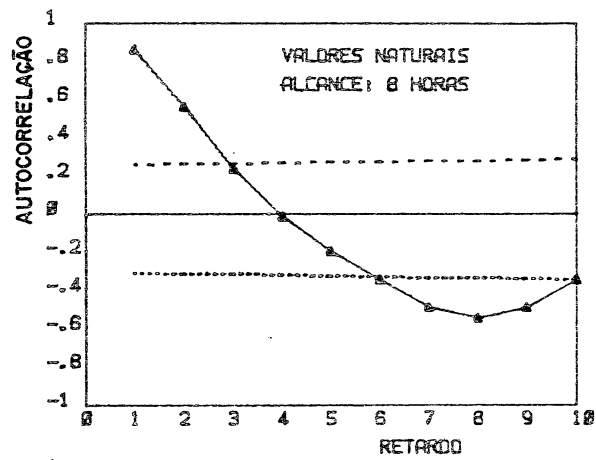
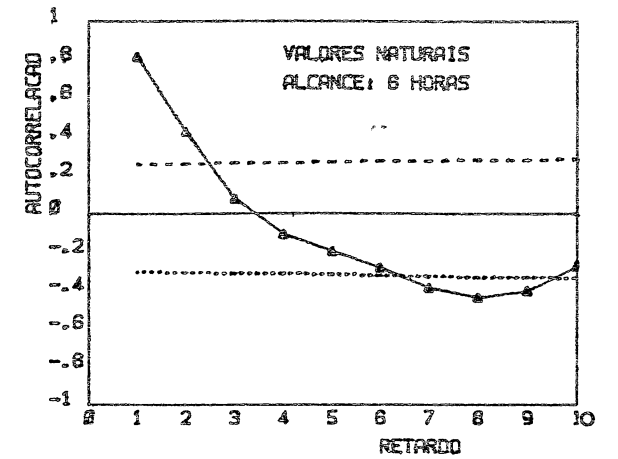
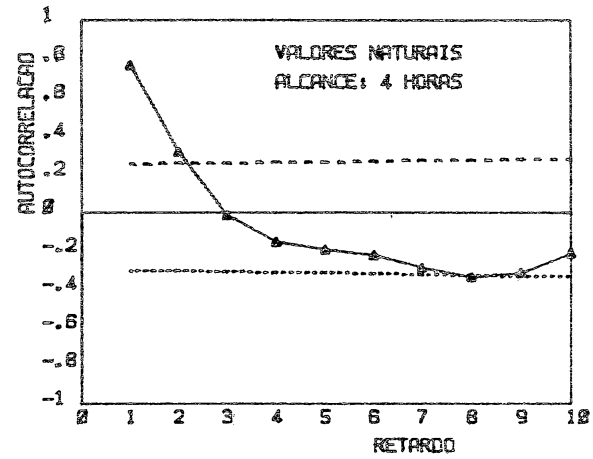
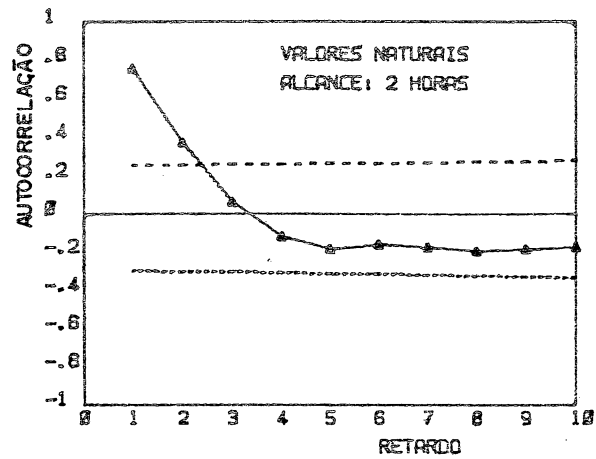
Foi realizado testes para verificar o grau de dependência existente nas séries dos erros de previsão do modelo MOPHU, através da função autocorrelação (3.6.2). Os dados utilizados nestes testes foram nas formas natural (forma original) e diferenciados (diferenças de primeira ordem entre os valores nos intervalo de tempo t e $t-1$). Os resultados obtidos estão apresentados em forma gráfica nas figuras 5.17 à 5.20.

Para detectar o grau de dependência entre as séries dos erros do MOPHU e as vazões totais observadas, foi utilizada a função correlação cruzada (3.6.5). Neste caso, os dados utilizados também foram nas formas natural e diferenciados. Os resultados obtidos estão apresentados em forma gráfica nas figuras 5.21 à 5.24.

5.2.1.1 - Análise dos Testes

Através da análise dos correlogramas obtidos nos testes de informação, verificou-se que a autocorrelação, quando aplicada com os valores das séries naturais obtiveram maior grau de dependência, do que quando aplicada com os valores diferenciados.

Quando foi aplicada a função correlação cruzada, os valores máximos obtidos ficaram em torno de 0,5, para os eventos 05/83 e 07/83, e 0,3 nos eventos 09/83 e 08/84. Isto para as séries de valores naturais e diferenciados. Partindo destes dados pode-se afirmar que o grau de dependência foi baixo para estes casos, porque os valores ficaram muito abaixo da unidade. Isto indica que um modelo de previsão de erro tem pouca possibilidade de obter sucesso, devido às poucas informações que possam ser por ele extraídas.



FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

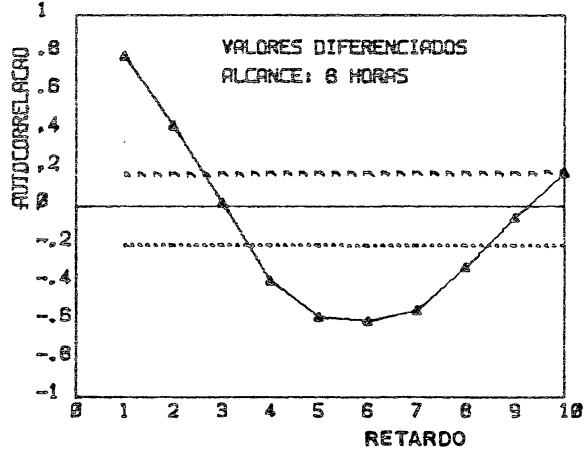
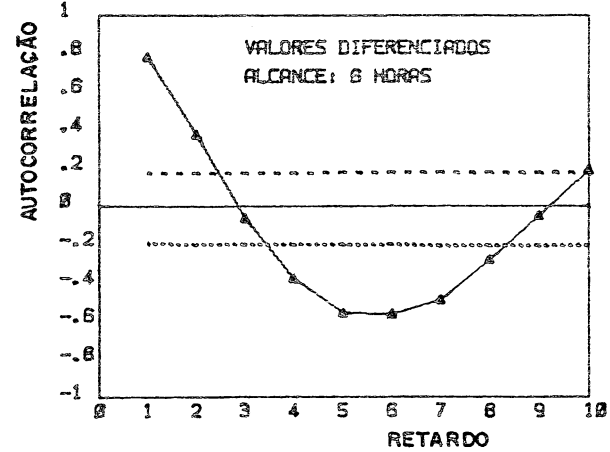
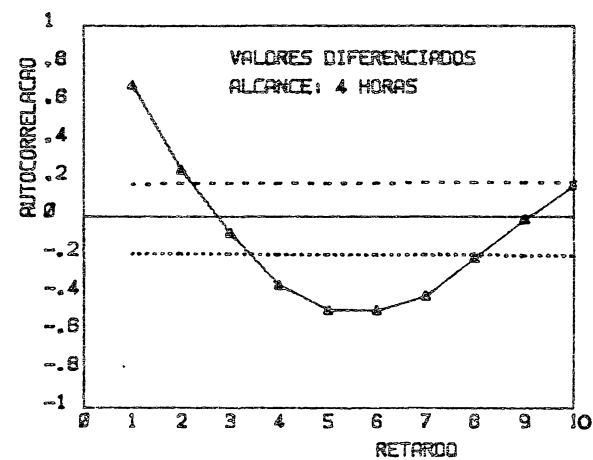
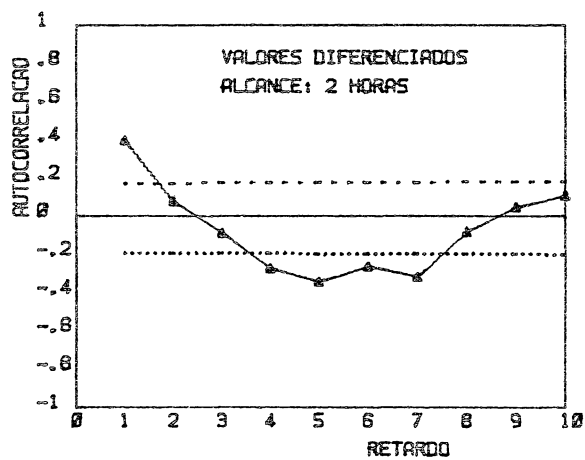
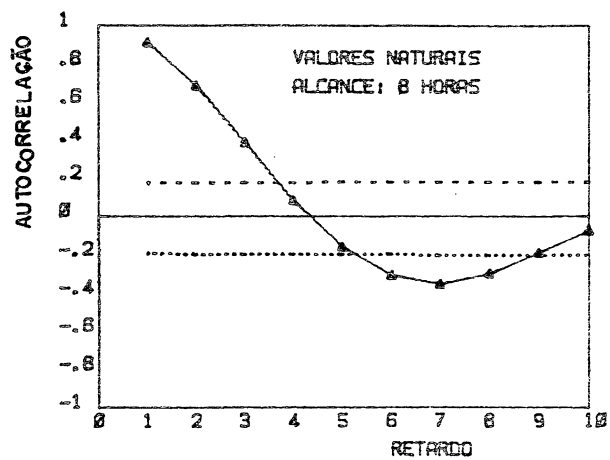
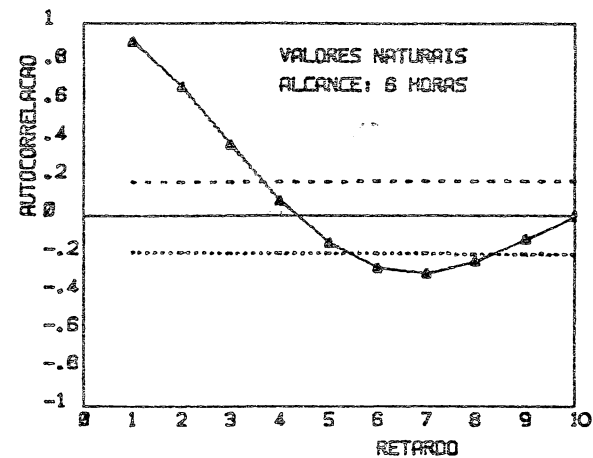
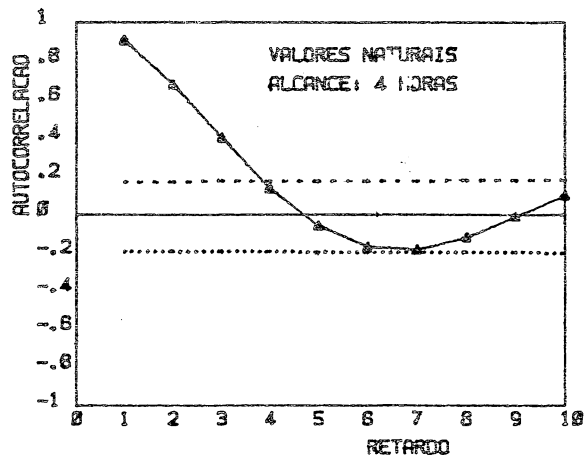
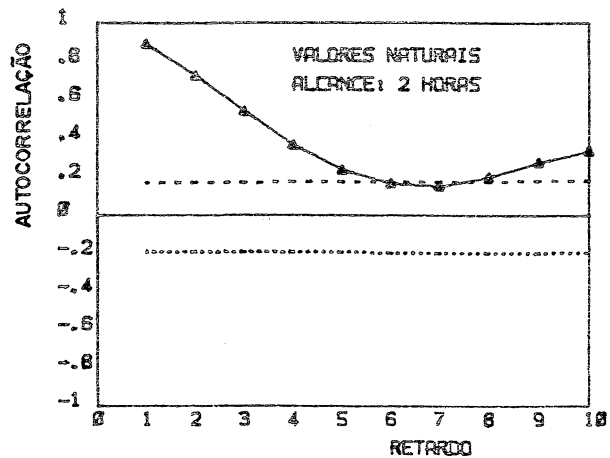
LEGENDA

- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
- INT. CONF. + 95%
- INT. CONF. - 95%

EVENTO : 05/83

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.17



FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

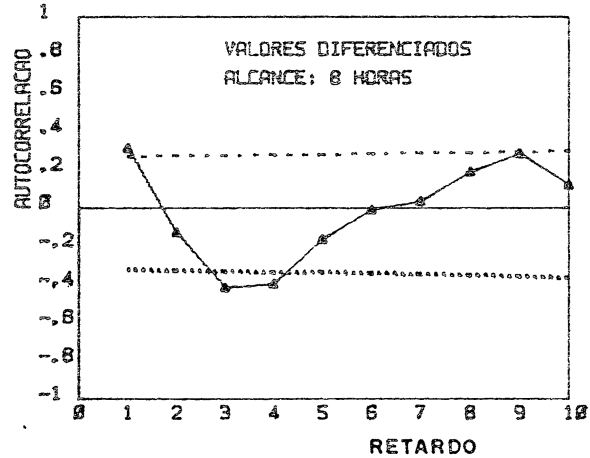
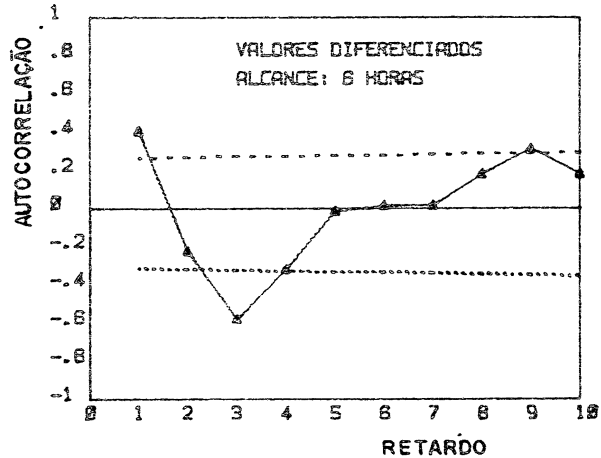
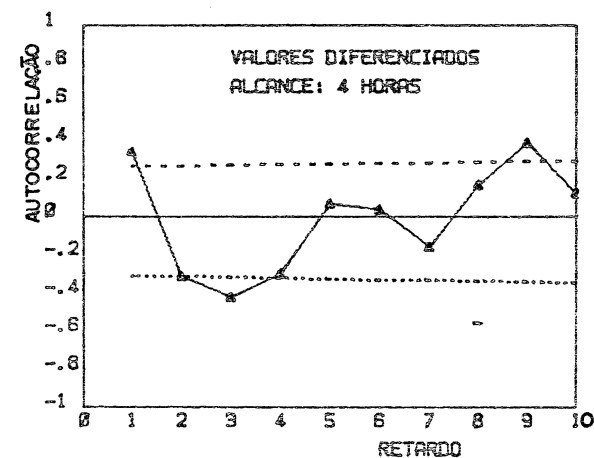
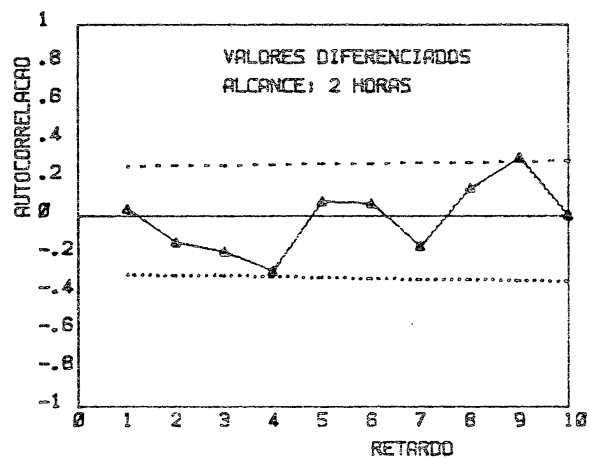
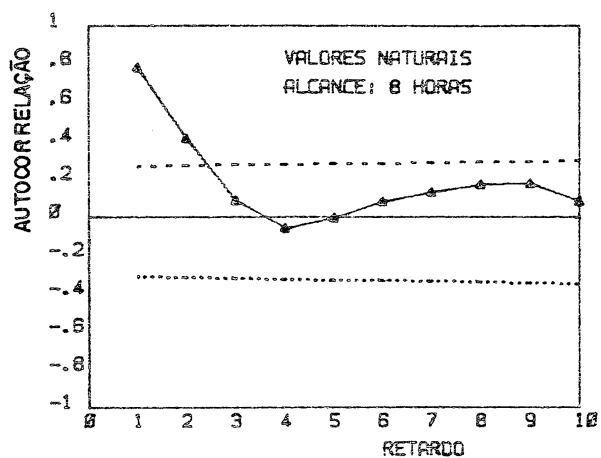
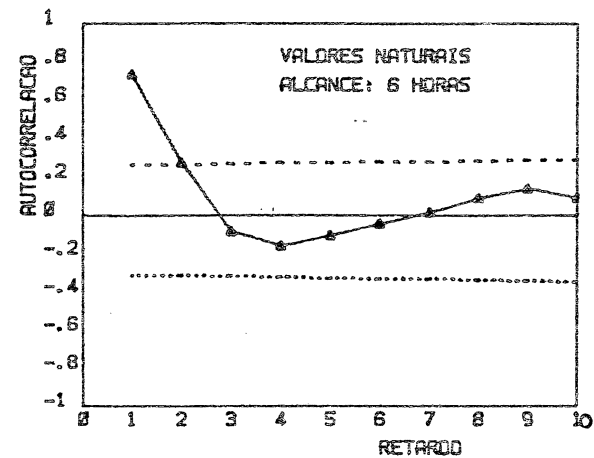
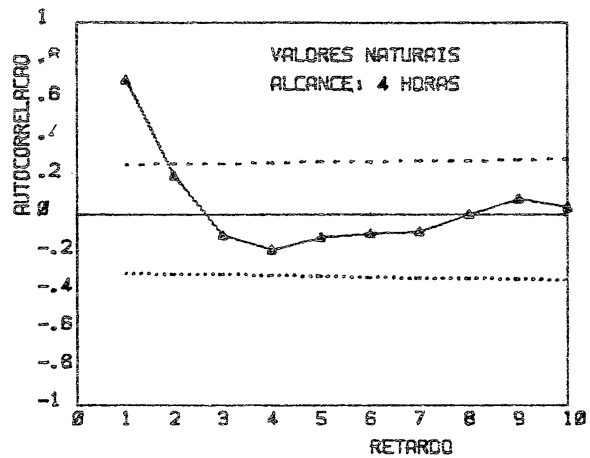
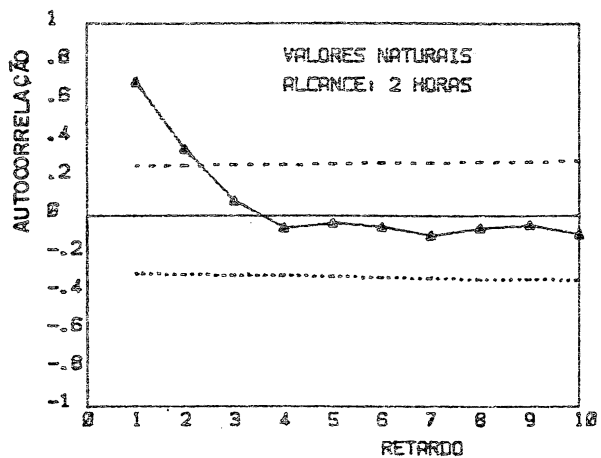
LEGENDA

- ▲-○-▲ AUTOCORRELAÇÃO
- INT. CONF. + 95%
- INT. CONF. - 95%

EVENTO : 07/83

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.18

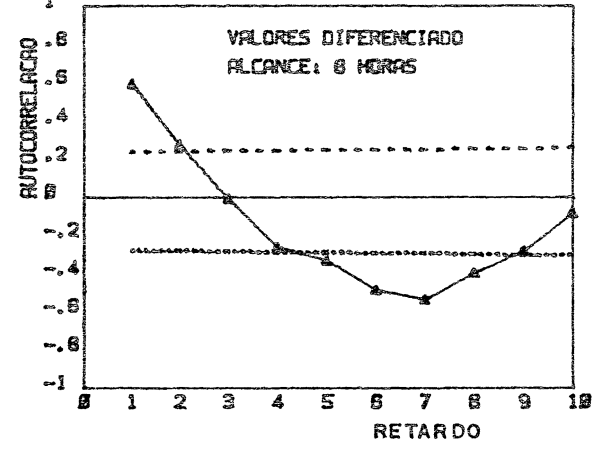
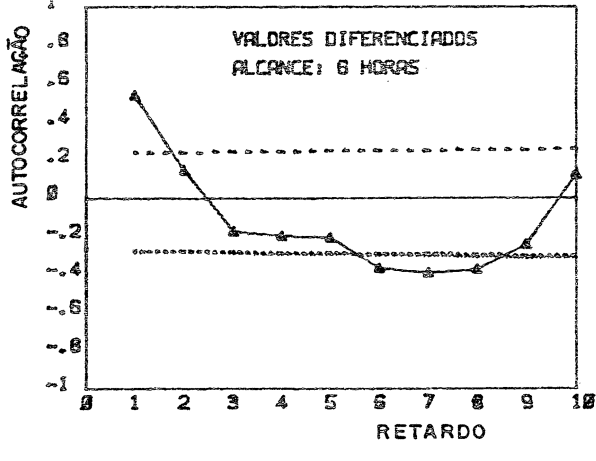
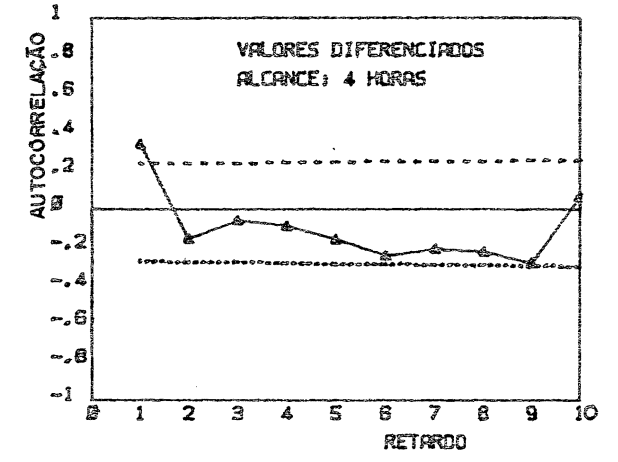
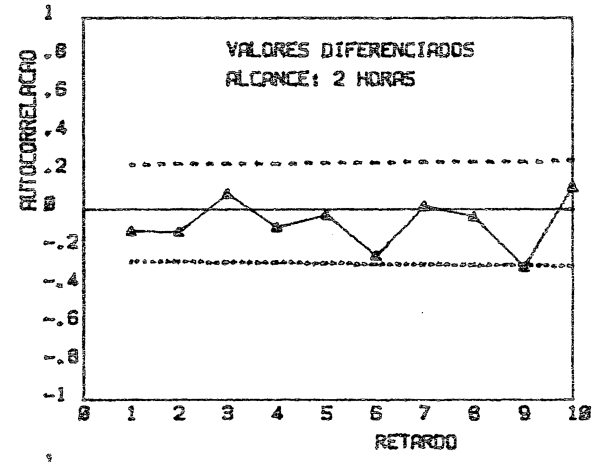
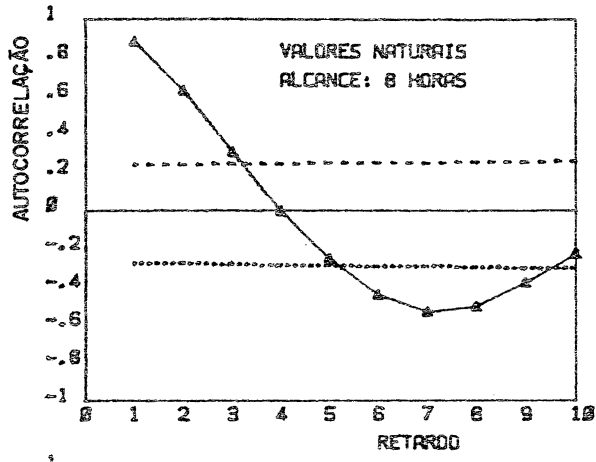
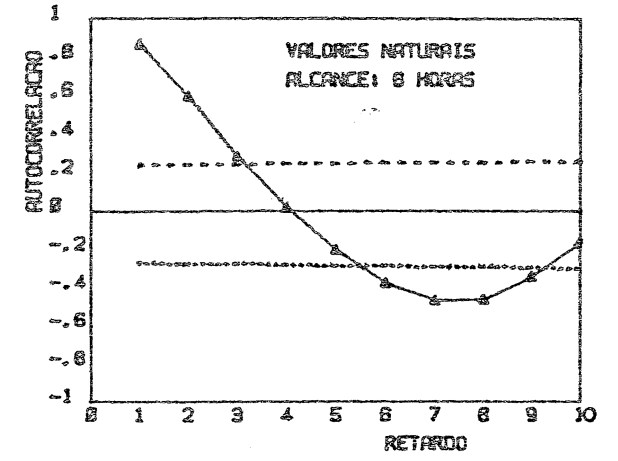
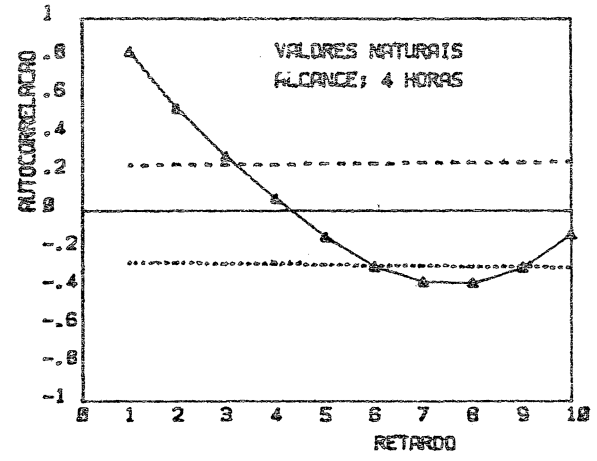
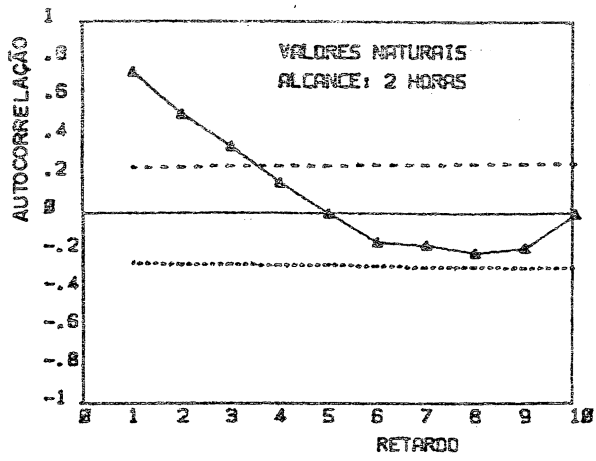


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83
MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.19



FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

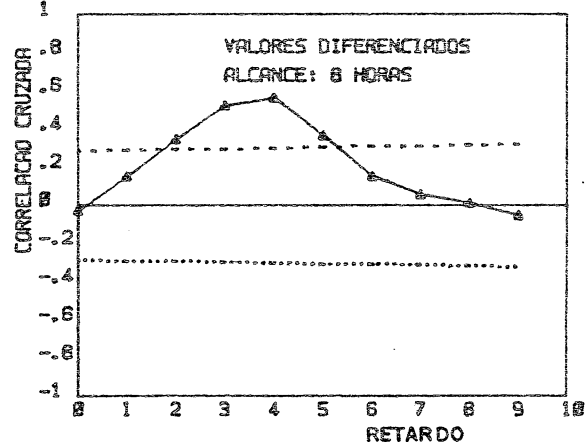
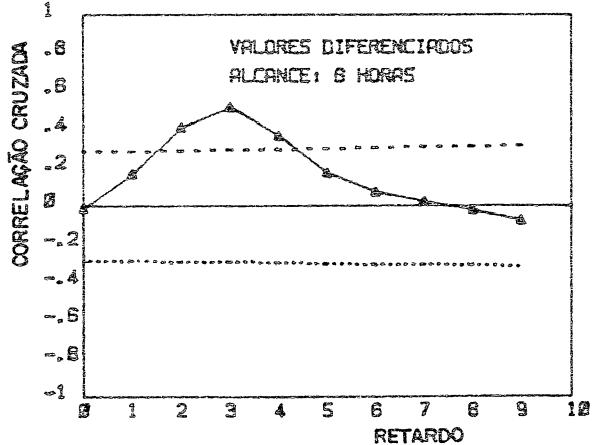
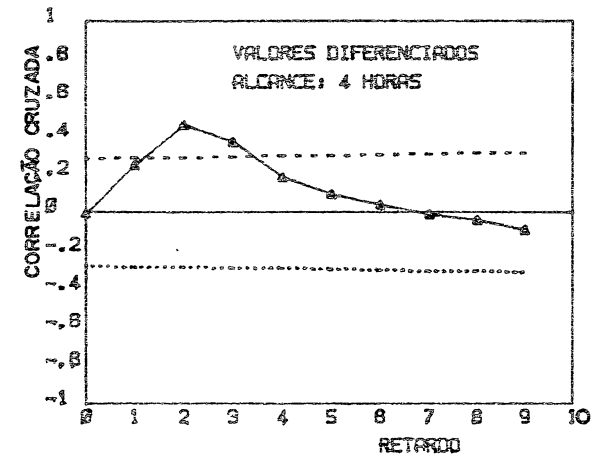
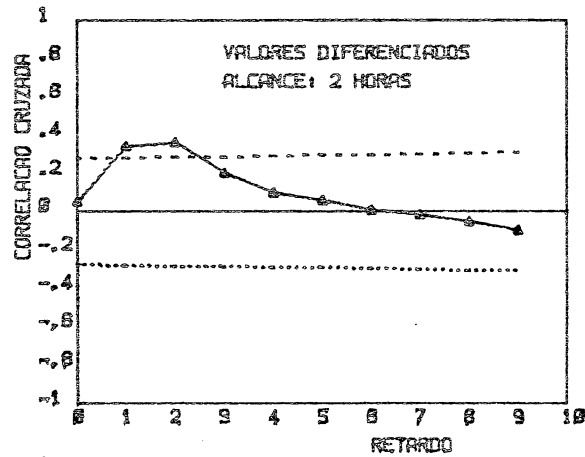
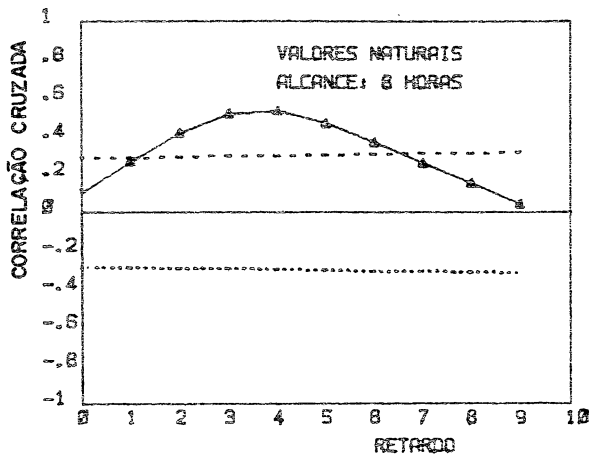
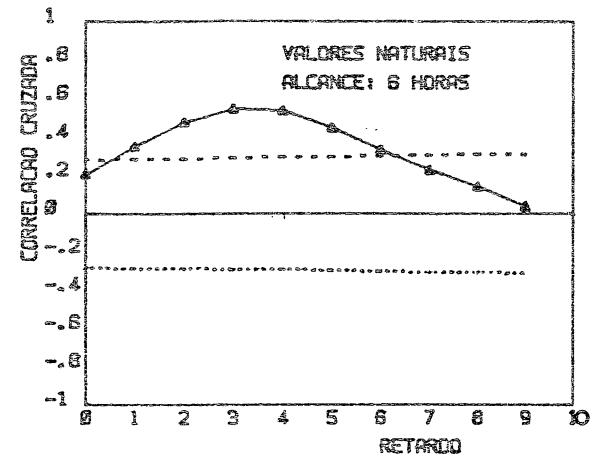
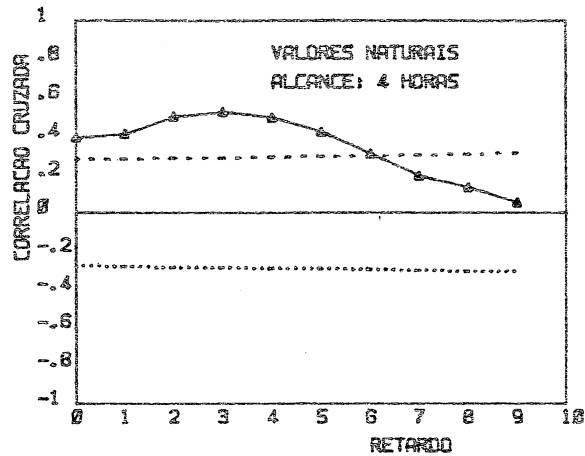
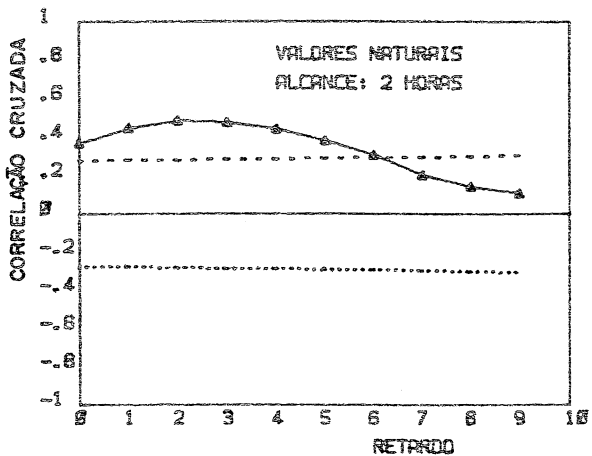
LEGENDA

- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
- INT. CONF. + 95%
- INT. CONF. - 95%

EVENTO : 08/84

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.20



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

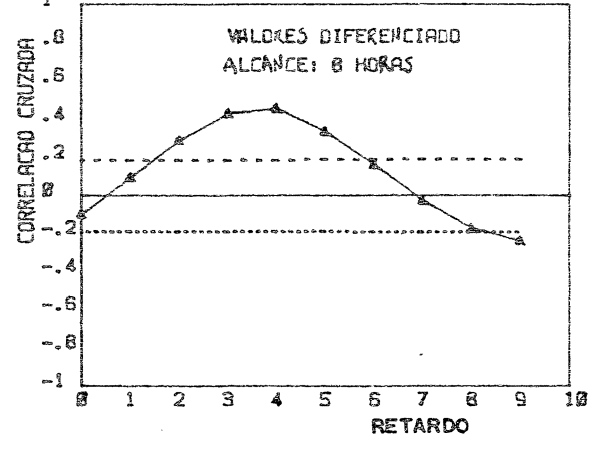
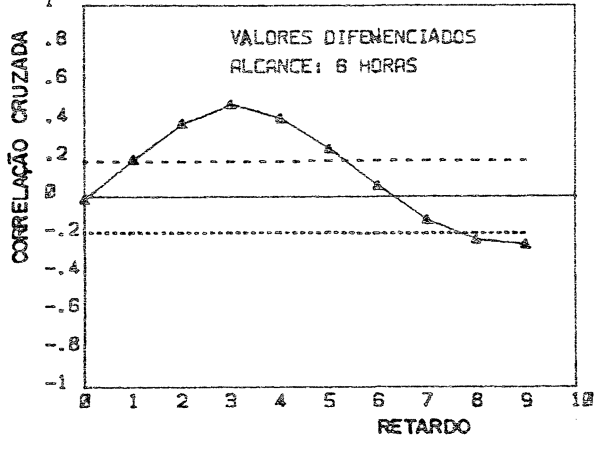
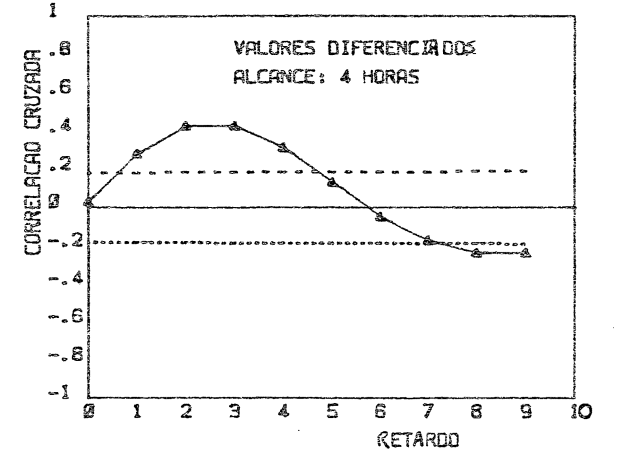
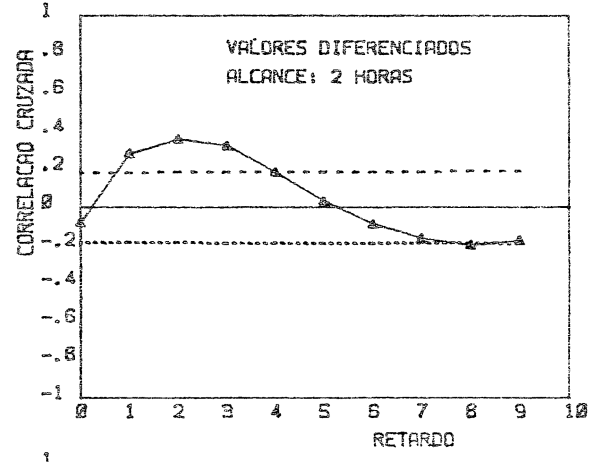
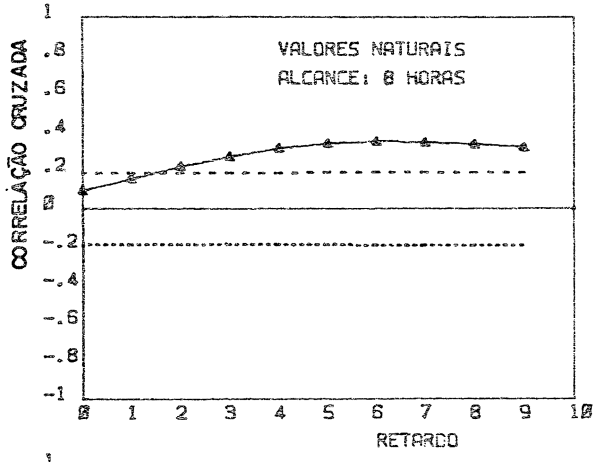
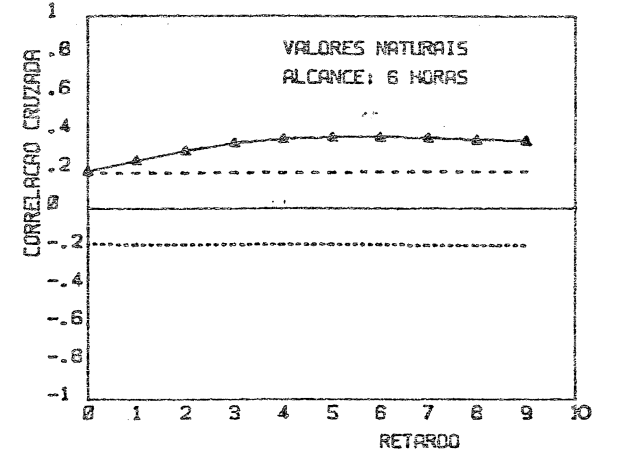
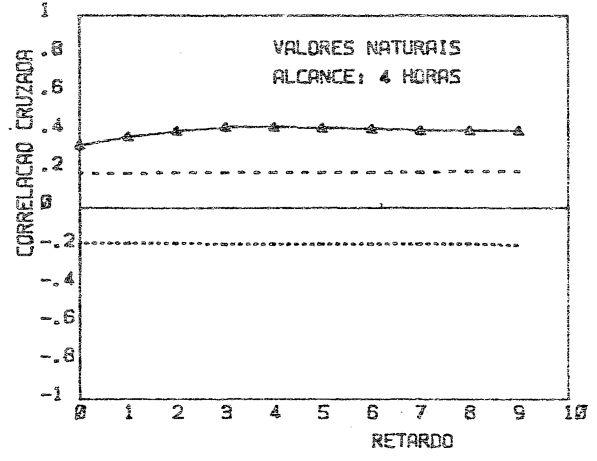
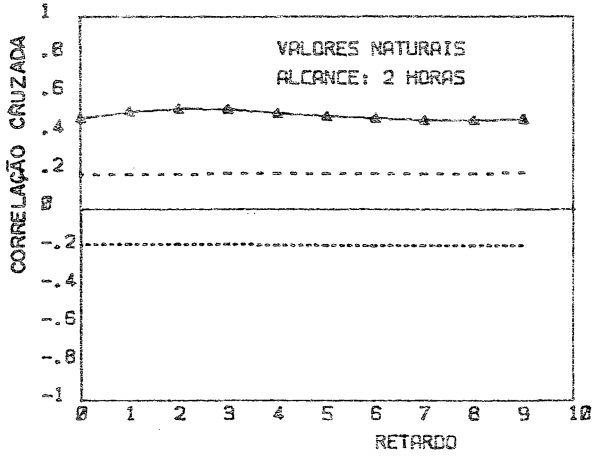
LEGENDA

- CORRELAÇÃO CRUZADA
- INT. CONF. + 95%
- INT. CONF. - 95%

EVENTO : 05/83

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.21



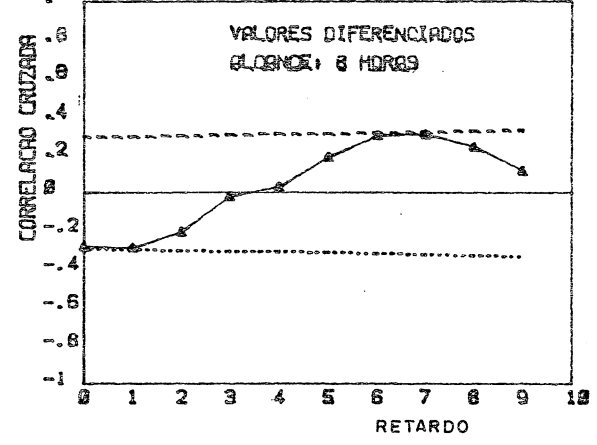
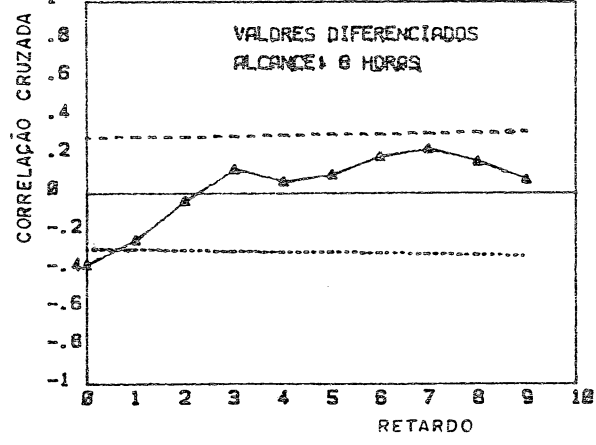
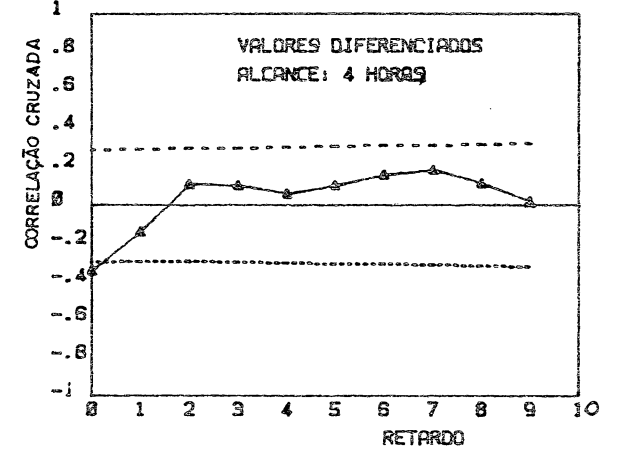
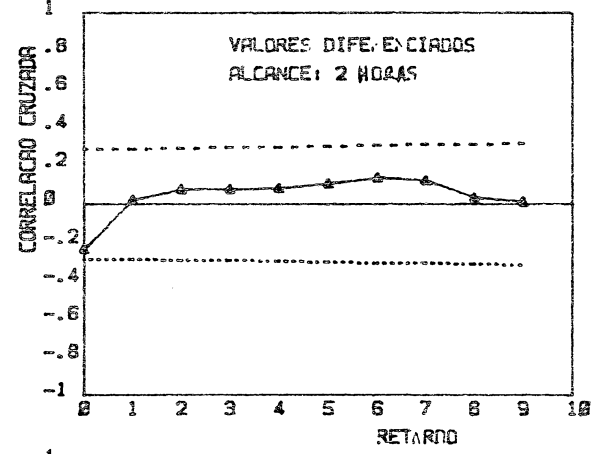
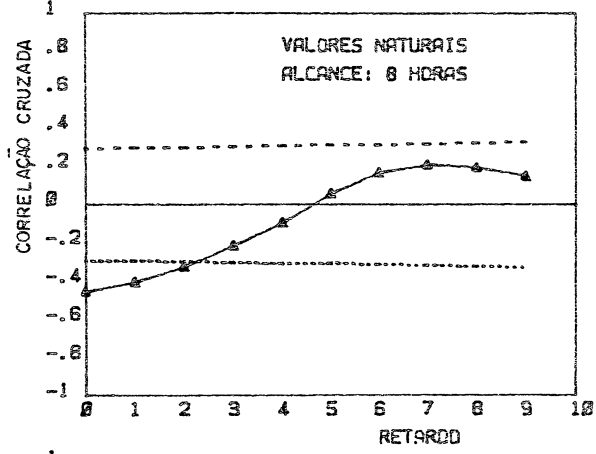
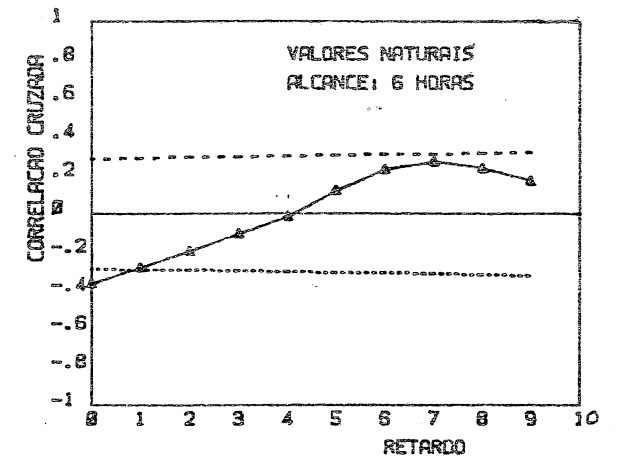
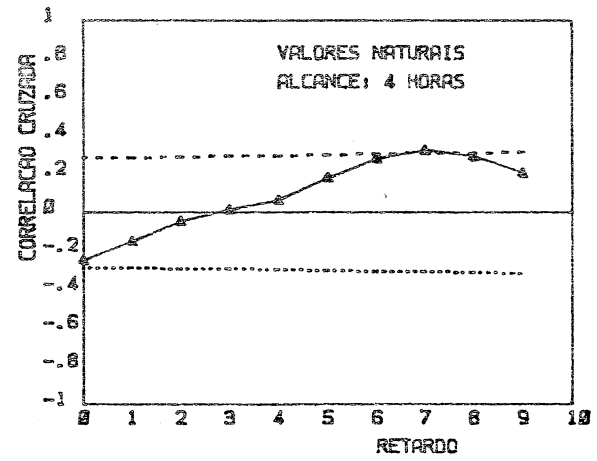
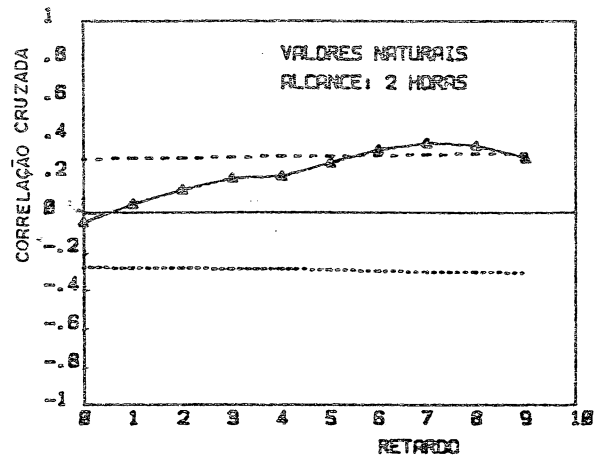
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 07/83

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.22



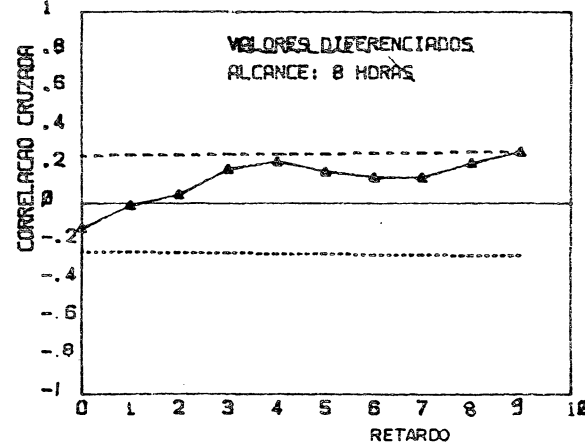
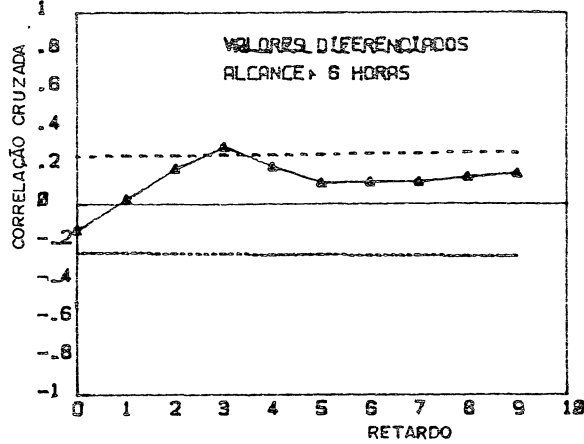
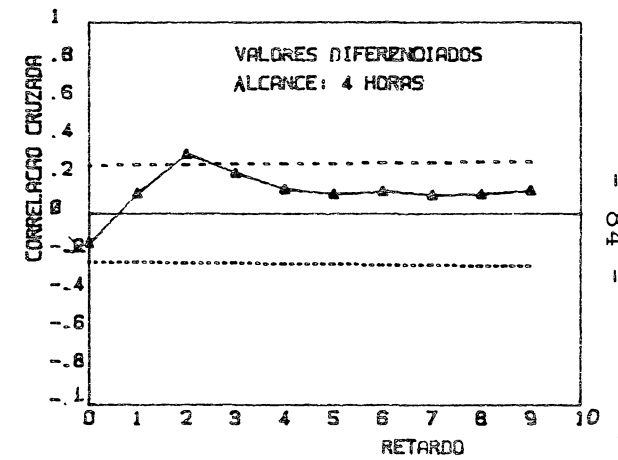
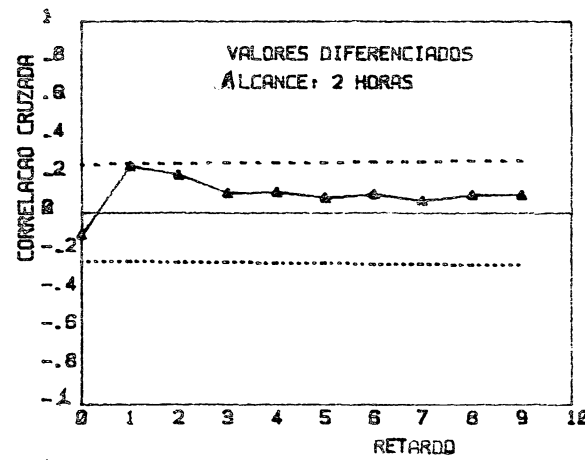
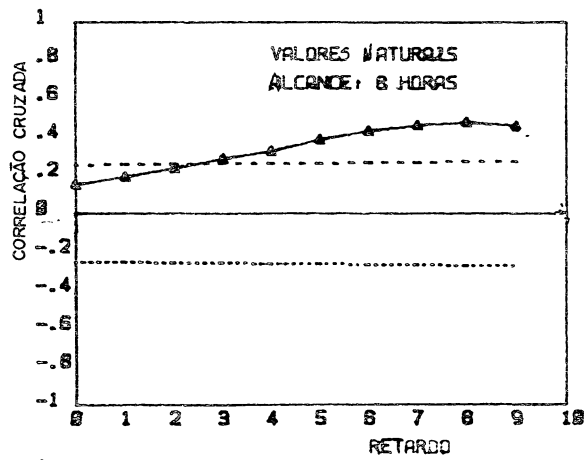
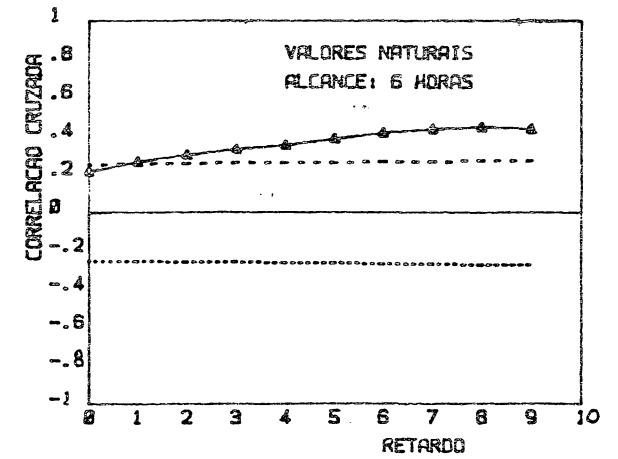
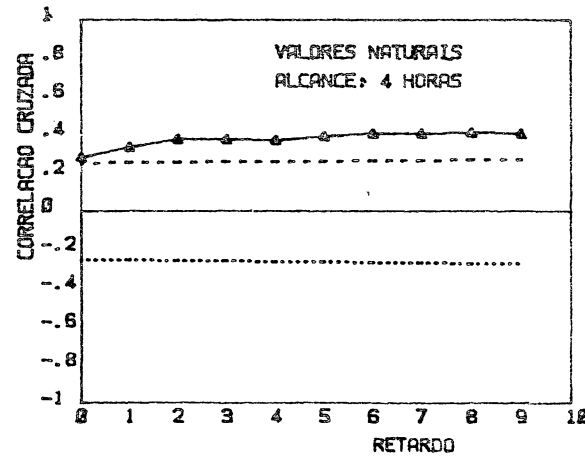
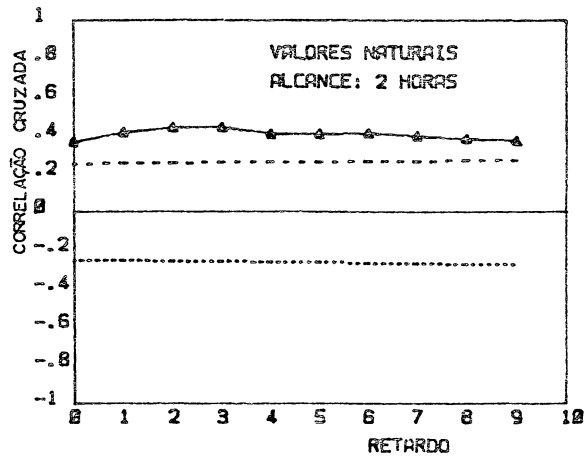
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.23



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84

MODELO : MOPHU

FIGURA : 5.24

Observamos ainda que quando foram utilizadas as séries diferenciadas, o maior valor obtido na correlação cruzada, na maioria dos casos, ficaram bem definido em cada alcance e retardo.

Estas definições foram as seguintes:

- a) para alcance de 2 horas, o maior valor está no primeiro retardo;
- b) para alcance de 4 horas, o maior valor está no segundo retardo;
- c) para alcance de 6 horas, o maior valor está no terceiro retardo;
- d) para alcance de 8 horas, o maior valor está no quarto retardo.

A partir destas análises podemos dizer que, um modelo tipo ARIMAX de previsão de erro, tem maior perspectiva de obter melhores resultados com as seguintes configurações:

1)AR, utilizando a série dos erros na forma natural;

2)ARIX, utilizando as informações dos erros e das vazões onde os testes da correlação cruzada obtiveram maior valor em termos de retardos e alcances. Os mesmos foram mencionados nos itens a, b, c e d acima.

Além das configurações acima descritas, as quais um modelo de previsão de erro do tipo ARIMAX teria maior perspectiva de obter sucesso, foram testadas outras configurações, as quais são descritas a seguir.

5.2.2 - Modelos Testados

Os modelos de previsão de erro tipo ARIMAX testados estão apresentados nas tabelas 5.1 à 5.4. O evento 09/83 foi utilizado para ajuste dos modelos e os outros para teste dos mesmos.

TABELA 5.1

ALCANCE = 1 INT. TEMPO

EVENTOS			09/83	05/83	07/83	08/84	
MODELOS	PAR	MEM.ATR	COEFICIENTES DE PERSISTÊNCIA				
IARI	(1,1)	AUTO	--	-0,0086	0,0066	0,1439	-0,0238
IARI	(1,1)	FIXO	--	0,0016	0,0163	0,0345	-0,0120
IARX	(1,1)	AUTO	(1,1)	-0,0189	-0,0128	0,1373	-0,0534
IARX	(1,1)	FIXO	(1,1)	0,0029	0,019	0,0381	-0,0132
IARIX	(1,1)	AUTO	(1,1)	-0,0177	0,0400	0,1926	-0,0173
IARIX	(1,1)	FIXO	(1,1)	0,0029	0,0346	0,0542	-0,0073
IARX	(1,1)	AUTO	(2,2)	-0,0136	-0,0059	0,1287	-0,0431
IARX	(1,1)	FIXO	(2,2)	0,0024	0,0156	0,0327	-0,0123
IARIX	(1,1)	AUTO	(2,2)	-0,0116	0,0408	0,1881	-0,0089
IARIX	(1,1)	FIXO	(2,2)	0,0071	0,0474	0,0613	0,0023
IARX	(1,1)	AUTO	(3,3)	-0,0206	-0,0105	0,1428	-0,0508
IARX	(1,1)	FIXO	(3,3)	0,0019	0,0100	0,0235	-0,010
IARIX	(1,1)	AUTO	(3,3)	-0,0180	-0,0107	0,1845	-0,0256
IARIX	(1,1)	FIXO	(3,3)	0,0071	0,0264	0,0478	0,00002
IARX	(1,1)	AUTO	(4,4)	0,0648	0,0168	0,1652	-0,0881
IARX	(1,1)	FIXO	(4,4)	0,0733	0,0504	0,1525	-0,0948
IARIX	(1,1)	AUTO	(4,4)	0,0640	0,0121	0,1775	-0,0700
IARIX	(1,1)	FIXO	(4,4)	0,0799	0,0531	0,1585	-0,0856

TABELA 5.2

ALCANCE = 2 INT. TEMPO

EVENTOS			09/83	05/83	07/83	08/84	
MODELOS	PAR	MEM.ATR	COEFICIENTES DE PERSISTÊNCIA				
IARI	(1,1)	AUTO	---	-0,0069	-0,0295	0,1717	0,0043
IARI	(1,1)	FIXO	---	-0,0008	0,0083	0,0592	0,0117
IARX	(1,1)	AUTO	(1,1)	-0,1756	-0,1049	0,2341	-0,0820
IARX	(1,1)	FIXO	(1,1)	-0,1759	-0,0940	0,2450	-0,0859
IARIX	(1,1)	AUTO	(1,1)	-0,2180	-0,0677	0,3192	-0,0352
IARIX	(1,1)	FIXO	(1,1)	-0,2057	-0,0513	0,3027	-0,0607
IARX	(1,1)	AUTO	(2,2)	-0,4256	-0,2509	0,2216	-0,2089
IARX	(1,1)	FIXO	(2,2)	-0,4755	-0,3025	0,2566	-0,3015
IARIX	(1,1)	AUTO	(2,2)	-0,0256	0,0367	0,2708	0,0461
IARIX	(1,1)	FIXO	(2,2)	-0,0225	0,0664	0,1855	0,0521
IARX	(1,1)	AUTO	(3,3)	-0,1267	-0,1226	0,2176	-0,0697
IARX	(1,1)	FIXO	(3,3)	-0,1206	-0,0959	0,2387	-0,0637
IARIX	(1,1)	AUTO	(3,3)	-0,0248	-0,0150	0,2368	0,0204
IARIX	(1,1)	FIXO	(3,3)	-0,0111	0,0155	0,2026	0,0293
IARX	(1,1)	AUTO	(4,4)	-0,0298	-0,1091	0,1495	-0,0660
IARX	(1,1)	FIXO	(4,4)	0,0026	-0,0053	0,0383	-0,0092
IARIX	(1,1)	AUTO	(4,4)	-0,0047	-0,0241	0,1766	0,0090
IARIX	(1,1)	FIXO	(4,4)	0,0182	0,0203	0,1168	0,0312

TABELA 5.3 ALCANCE = 3 INT. TEMPO

EVENTOS		09/83	05/83	07/83	08/84	
MODELOS	PAR. MEM. ATR.	COEFICIENTES DE PERSISTÊNCIA				
IARI (1,1)	AUTO	---	0,0277	-0,0205	0,0412	-0,0502
IARI (1,1)	FIXO	---	0,0304	-0,0232	-0,1200	-0,0832
IARX (1)	AUTO	(1,1)	-0,0504	-0,0362	0,0914	-0,0032
IARX (1)	FIXO	(1,1)	-0,0414	-0,0054	0,0562	0,0297
IARIX(1,1)	AUTO	(1,1)	0,0087	-0,0579	0,1238	-0,0455
IARIX(1,1)	FIXO	(1,1)	0,0238	-0,0979	-0,0721	-0,0638
IARX (1)	AUTO	(2,2)	-0,0352	-0,0495	0,0885	0,0026
IARX (1)	FIXO	(2,2)	-0,0179	-0,0062	0,0623	0,0383
IARIX(1,1)	AUTO	(2,2)	0,0005	0,0395	0,1011	0,0069
IARIX(1,1)	FIXO	(2,2)	0,0090	0,0273	-0,0149	-0,0058
IARX (1)	AUTO	(3,3)	-0,0076	-0,0914	0,0305	-0,0968
IARX (1)	FIXO	(3,3)	0,0188	-0,0175	-0,0978	-0,0891
IARIX(1,1)	AUTO	(3,3)	0,0056	0,0715	0,1151	0,0073
IARIX(1,1)	FIXO	(3,3)	0,0315	0,0830	-0,0172	0,0032
IARX (1)	AUTO	(4,4)	-0,2112	-0,1583	0,0703	-0,0825
IARX (1)	FIXO	(4,4)	-0,2157	-0,1429	0,0428	-0,0930
IARIX(1,1)	AUTO	(4,4)	-0,0070	0,0422	0,1003	0,0094
IARIX(1,1)	FIXO	(4,4)	0,0243	0,0713	0,0485	0,0424

TABELA 5.4 ALCANCE = 4 INT. TEMPO

EVENTOS		09/83	05/83	07/83	08/84	
MODELOS	PAR. MEM. ATR.	COEFICIENTES DE PERSISTÊNCIA				
IARI (1,1)	AUTO	---	0,0989	-0,0768	-0,0409	-0,1064
IARI (1,1)	FIXO	---	0,1032	-0,1003	-0,1595	-0,1409
IARX (1)	AUTO	(1,1)	0,0406	-0,0621	-0,0130	-0,0653
IARX (1)	FIXO	(1,1)	0,0825	0,0082	-0,0502	-0,0499
IARIX(1,1)	AUTO	(1,1)	0,1581	-0,3369	0,0033	-0,5384
IARIX(1,1)	FIXO	(1,1)	0,1636	-0,5125	-0,3049	-0,3096
IARX (1)	AUTO	(2,2)	-6,968	-5,2230	-2,6940	-4,9370
IARX (1)	FIXO	(2,2)	-7,110	-5,6650	-4,496	-5,467
IARIX(1,1)	AUTO	(2,2)	-0,0887	-0,2206	-0,1064	-0,3390
IARIX(1,1)	FIXO	(2,2)	-0,0912	-0,3086	-0,3664	-0,4030
IARX (1)	AUTO	(3,3)	0,0550	-0,1060	-0,0721	-0,1985
IARX (1)	FIXO	(3,3)	0,0658	-0,0685	-0,1651	-0,2473
IARIX(1,1)	AUTO	(3,3)	0,0678	0,1767	0,0594	-0,0479
IARIX(1,1)	FIXO	(3,3)	0,0839	0,1624	-0,0435	-0,0484
IARX (1)	AUTO	(4,4)	-0,0856	-0,1312	-0,0208	-0,1017
IARX (1)	FIXO	(4,4)	-0,0707	-0,0745	-0,0301	-0,0934
IARIX(1,1)	AUTO	(4,4)	0,2050	0,1879	0,0317	-0,0047
IARIX(1,1)	FIXO	(4,4)	0,2134	0,1955	-0,0084	0,0043
IARX (1)	AUTO	(5,5)	-0,1630	-0,2466	0,0234	-0,0445
IARX (1)	FIXO	(5,5)	-0,0190	-0,1064	0,1000	0,0863
IARIX(1,1)	AUTO	(5,5)	0,3704	-0,0941	0,0368	0,0847
IARIX(1,1)	FIXO	(5,5)	0,2276	-0,0748	0,0604	0,1015

Para identificar cada coluna das tabelas mencionadas segue-se as seguintes instruções:

a) a coluna 1 identifica o tipo de modelo, usando-se a seguinte convenção:

ARIMAX (p, d, q) ou ARIMA(p, d, q)

onde:

p = representa o número de termos auto-regressivos;

d = assume valor zero ou um, representando respectivamente se o modelo utiliza os valores da série de forma natural ou diferenciada;

q = representa o número de termos de média móvel.

A presença do termo (X) identifica a presença da variável exógena e a ausência deste termo significa a sua ausência. Neste caso, a variável exógena é a vazão observada.

Quando $q = 0$ pode ser utilizada a seguinte convenção:

ARIMAX (p, d, 0) ou ARIX (p, d)

Quando $d=0$ e $q=0$, pode ser utilizada a seguinte convenção.

ARIMAX (p, 0, 0) ou ARX (p)

b) A coluna 2 identifica o tipo de ajuste dos parâmetros, ou seja, se são auto-ajustáveis ou fixos.

c) A coluna 3 identifica o valor da memória e atraso respectivamente, quando ela faz parte do modelo.

Significado de Memória e Atraso

Seja a série de variável exógena, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, e considerando que estamos no tempo t .

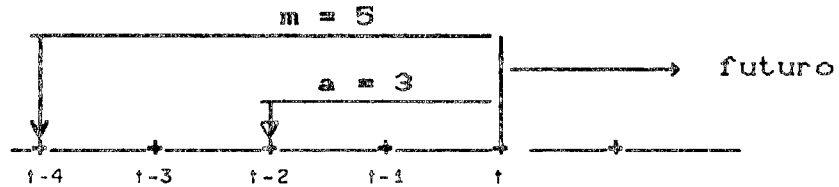


Figura 5.a

Memória: significa quantos valores passados, inclusive o do intervalo t , são conhecidos. Por exemplo $m = 5$.

Atraso: significa até que intervalo de tempo, contando para trás, será utilizado na formulação do modelo ARIMAX. Por exemplo $a = 3$.

Neste caso serão utilizadas as variáveis, x_{t-2} , x_{t-3} e x_{t-4} . Logo, o número de valores de cada exógena que será utilizado é dado por $m - a + 1$ e serão aqueles desde o último valor conhecido até aquele indicado pelo atraso.

d) As colunas 4, 5, 6 e 7 identificam os coeficientes de persistência dos modelos, em cada evento.

5.2.2.1- Escolha do Melhor Modelo

A escolha do melhor modelo foi feita através do coeficiente de persistência. Dos modelos testados, o escolhido foi o que obteve o conjunto de coeficientes maiores, em seus respectivos alcances. Os modelos testados e seus coeficientes de persistência estão apresentados nas tabelas 5.5 à 5.8.

Os modelos escolhidos foram:

a) para alcance de um intervalo de tempo.

O modelo escolhido foi o ARIX (1,1), com memória 1, atraso 1 e parâmetros auto-ajustáveis.

b) para alcance de dois intervalos de tempo.

O modelo escolhido foi o ARIX (1,1), com memória 2, atraso 2 e parâmetros auto-ajustáveis.

c) para alcance de três intervalos de tempo.

O modelo escolhido foi o ARIX (1,1), com memória 3, atraso 3 e parâmetros auto-ajustáveis.

d) para alcance de quatro intervalos de tempo.

O modelo escolhido foi o ARIX (1,1), com memória 4, atraso 4 e parâmetros auto-ajustáveis.

5.3 - Modelo Conjugado (MOPHU + ARIX)

As previsões do Modelo Conjugado foram obtidas somando às vazões previstas pelo MOPHU os erros previstos pelos modelos tipo ARIX, nos mesmos alcances. Os valores desta soma, obtidos em forma de vazão e transformados em níveis através da curva-chave, estão apresentados no apêndice nas tabelas B.1 à B.4. As figuras 5.1 à 5.16 mostram estes mesmos valores plotados em forma gráfica.

5.3.1 - Testes de Informação

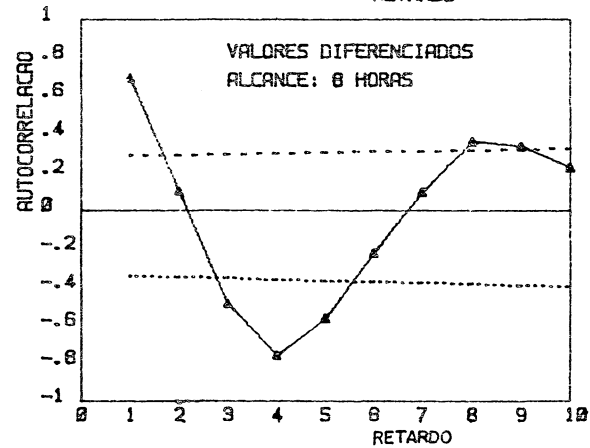
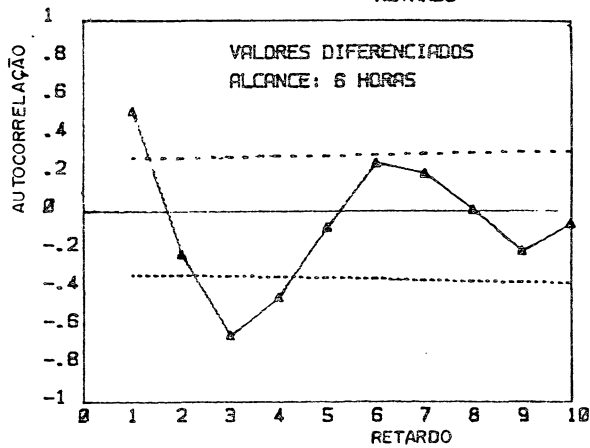
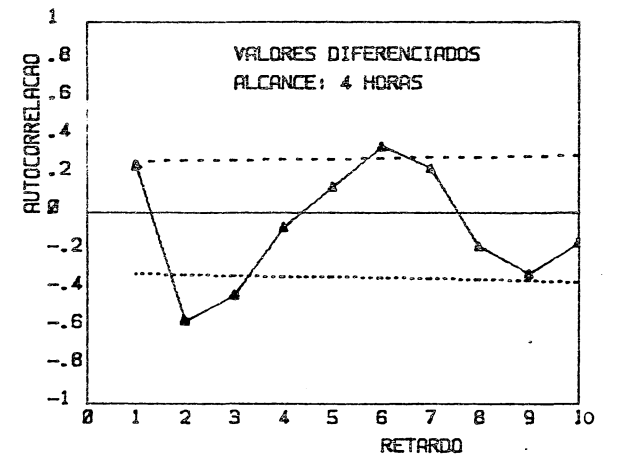
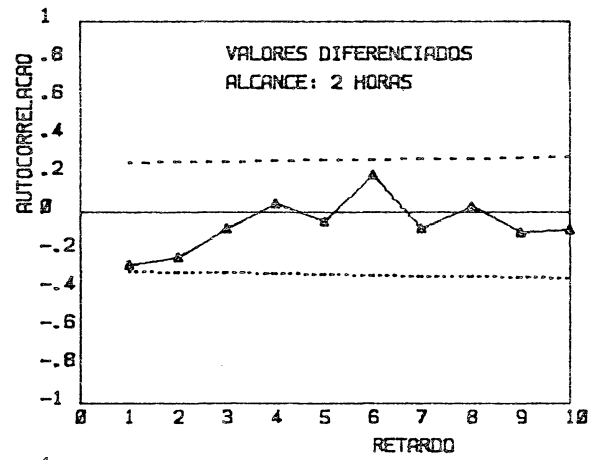
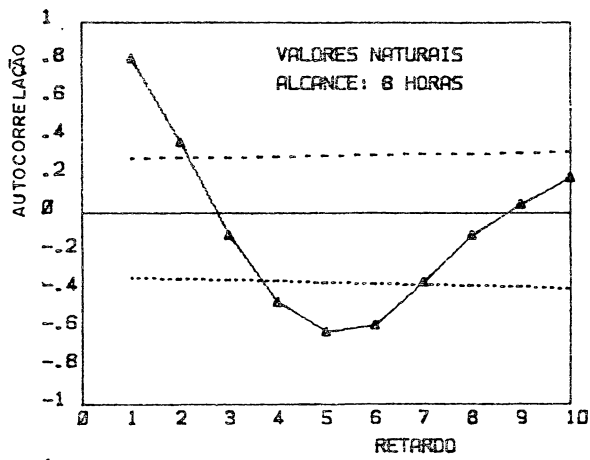
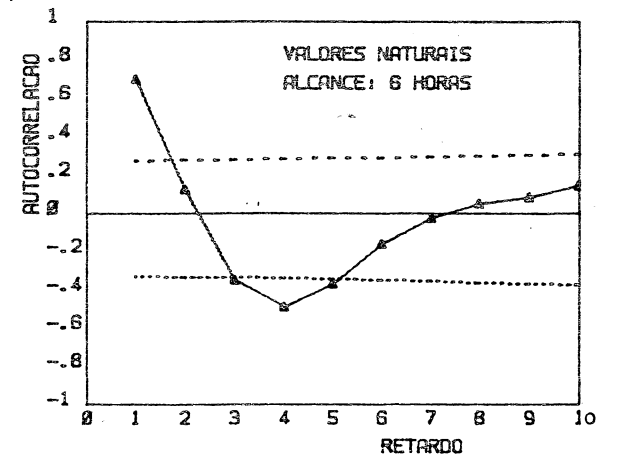
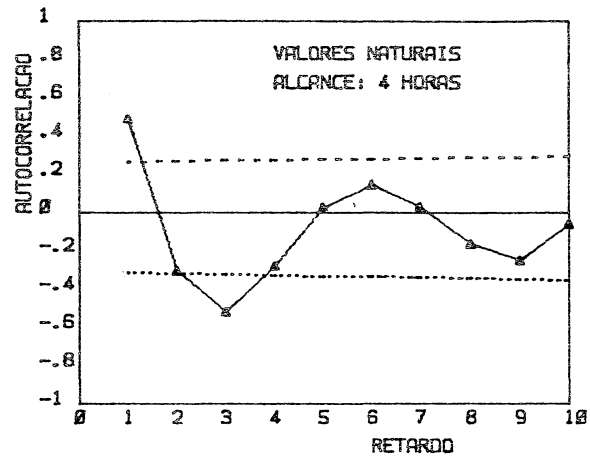
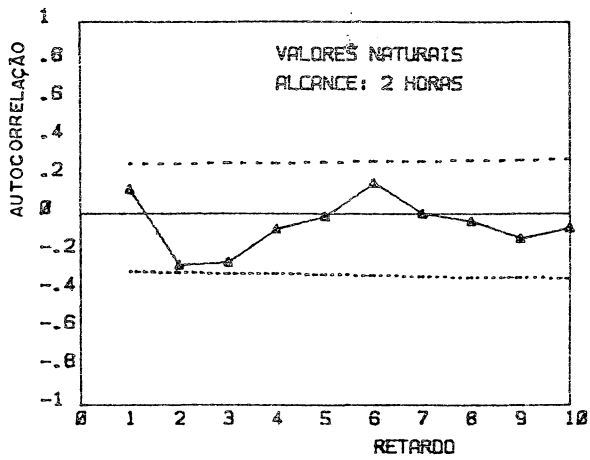
Foram feitos testes com as séries dos erros do Modelo Conjugado (MOPHU + ARIX), utilizando a função autocorrelação. Os valores das séries utilizadas foram nas formas natural e diferenciadas. Os resultados obtidos estão apresentados em forma gráfica nas figuras 5.25 à 5.28.

Também foram feitos testes com as séries dos erros do Modelo Conjugado em conjunto com a série das vazões totais observadas, através da função correlação cruzada. Os valores das séries utilizadas foram também nas formas natural e diferenciadas. Os resultados obtidos estão apresentados em forma gráfica nas figuras 5.29 à 5.32.

5.3.1.1 - Análise dos Testes

Pela análise dos correlogramas das figuras 5.25 à 5.32 verificamos que:

a) para o alcance de 2 horas, os valores da autocorrelação e da correlação cruzada estão entre os limites de confiança, ou seja, próximos a zero. Neste caso foi obtido o chamado ruído branco. Isto indica que o modelo do tipo ARIX, aplicado para prever os erros do MOPHU, conseguiu extrair as informações existentes nas séries dos erros e vazões.



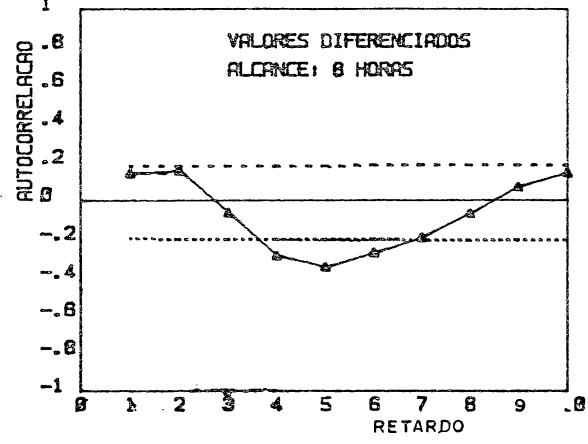
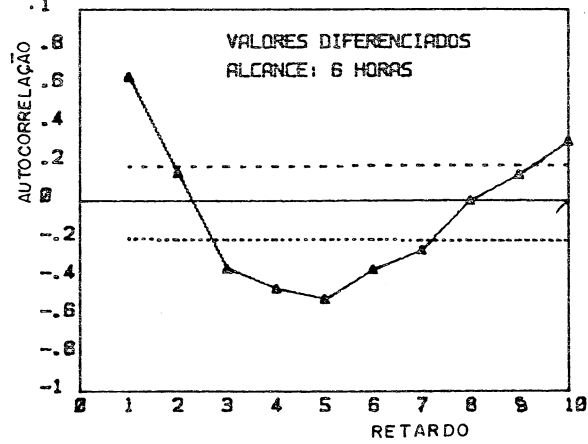
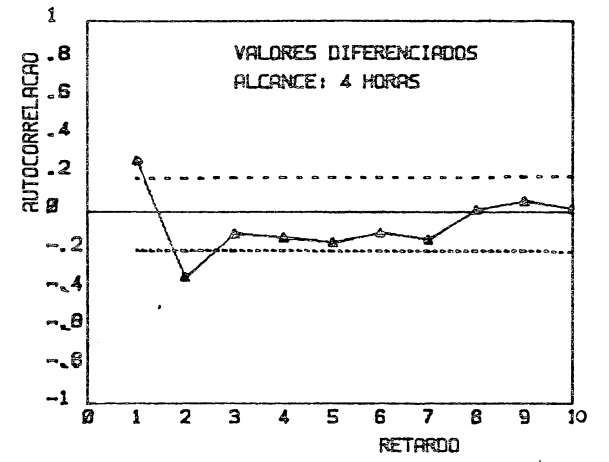
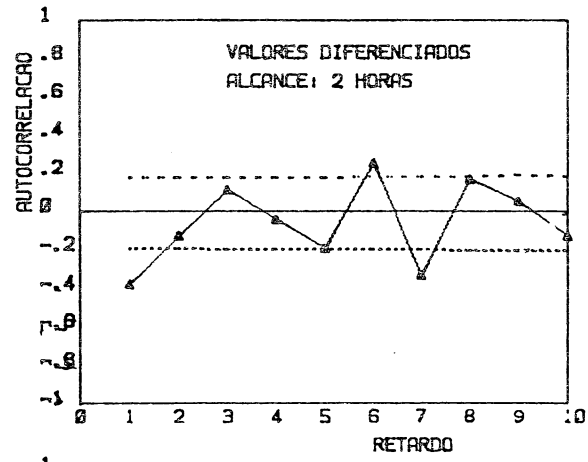
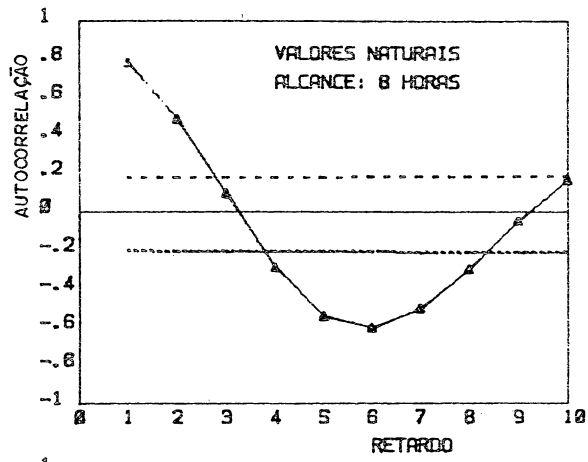
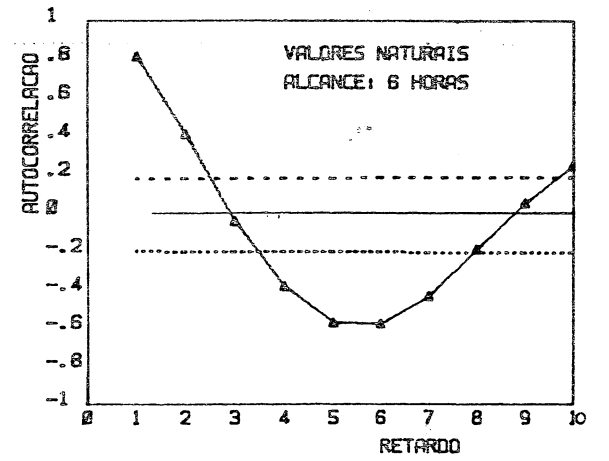
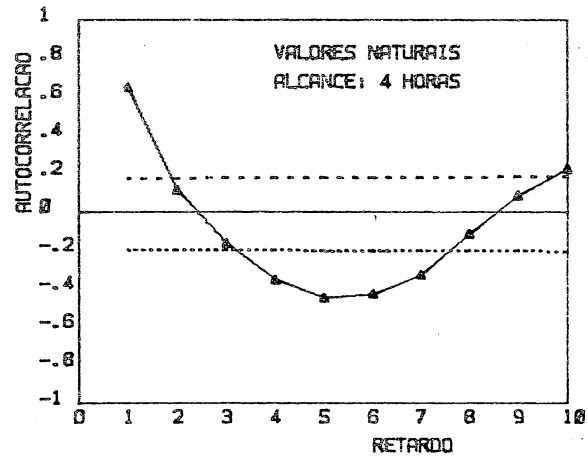
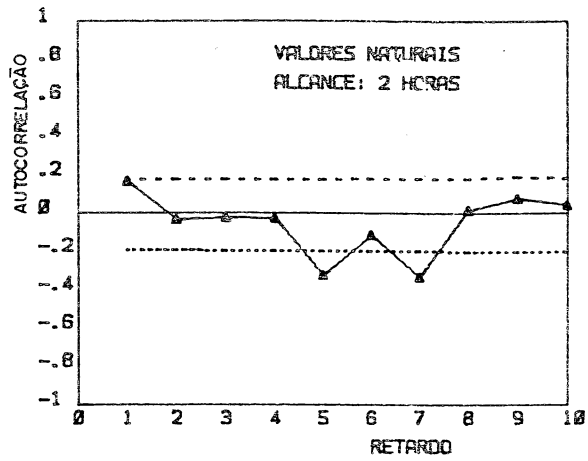
FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83

MODELO : MOPHU + AR1X

FIGURA: 5.25

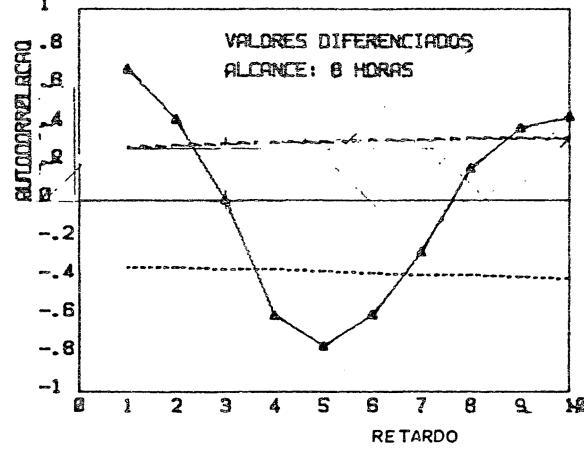
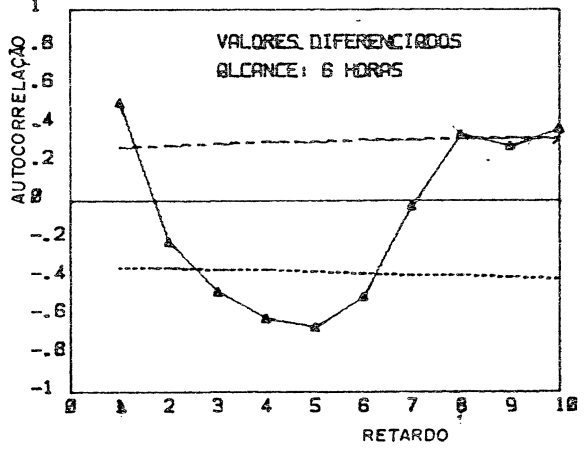
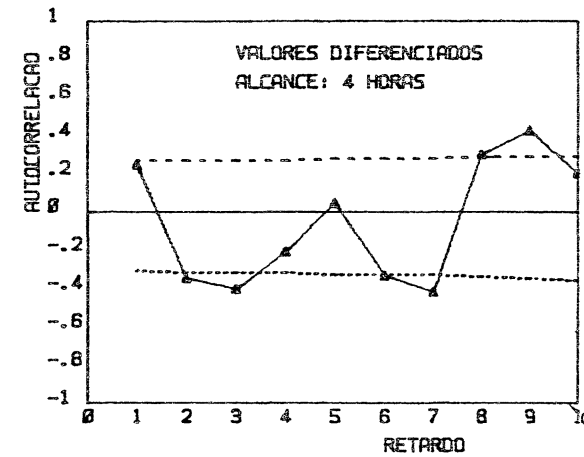
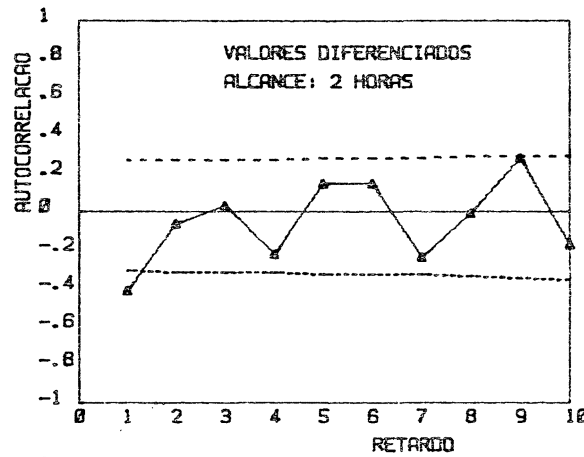
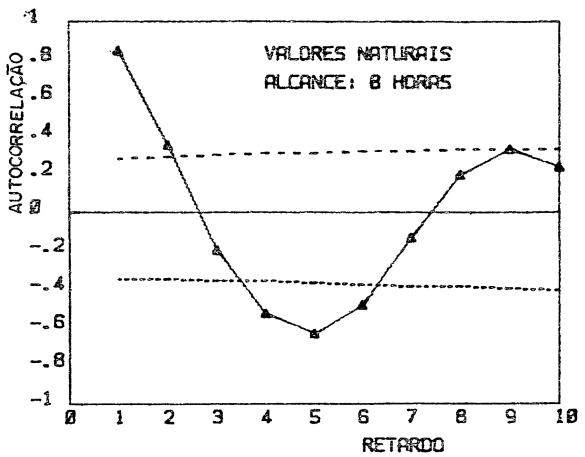
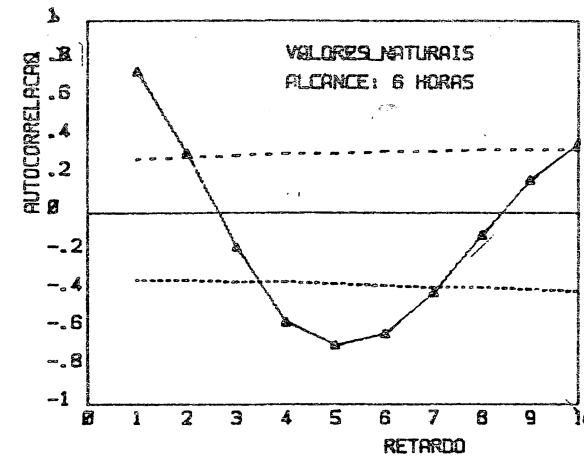
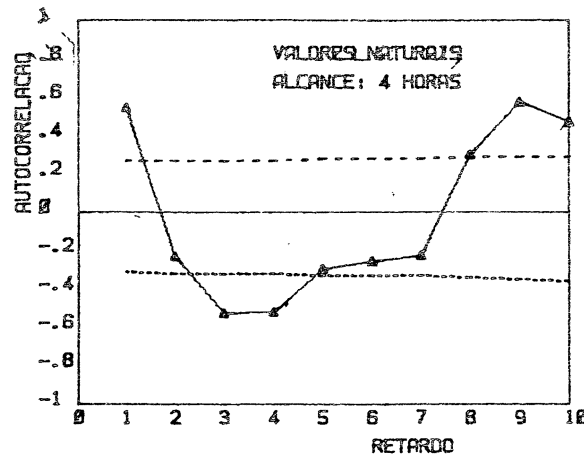
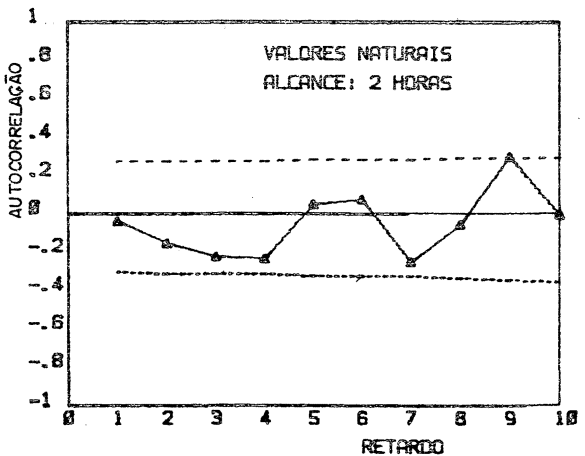


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲-▲ AUTOCORRELAÇÃO
 - - - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 07/83
 MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA : 5.26



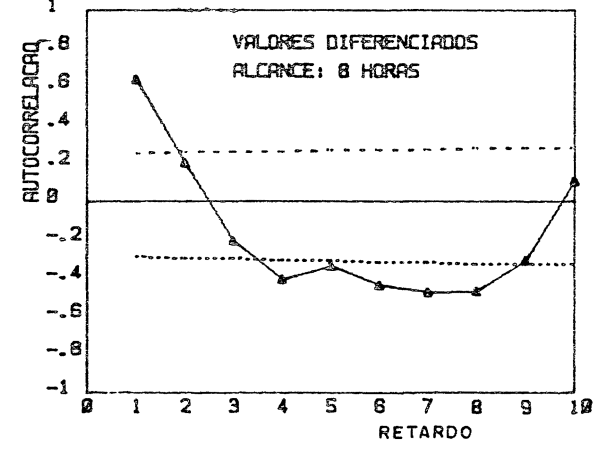
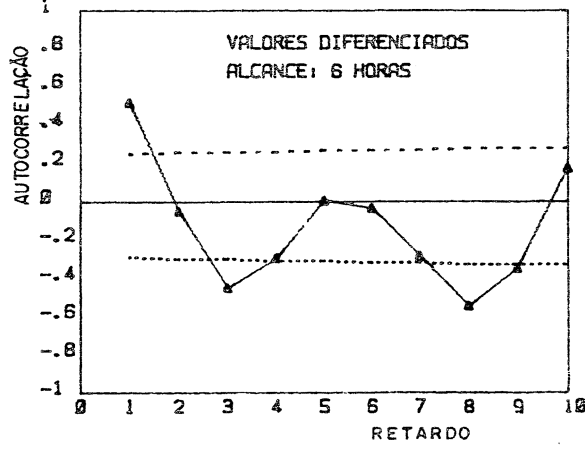
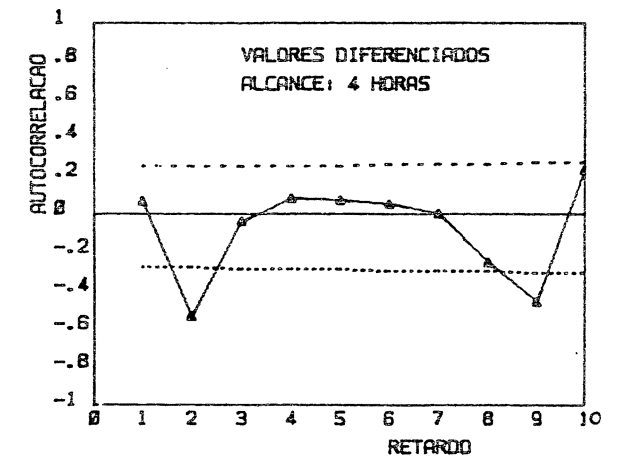
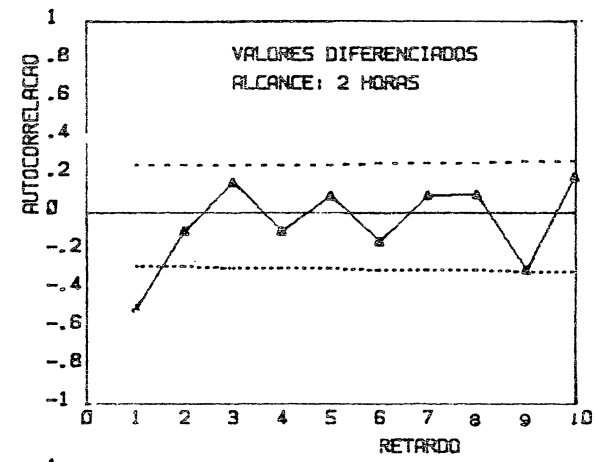
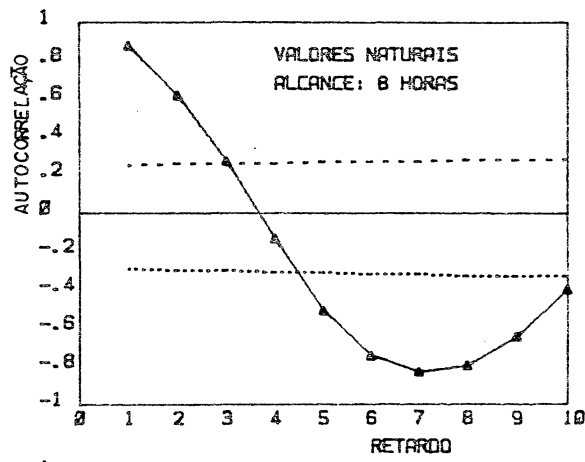
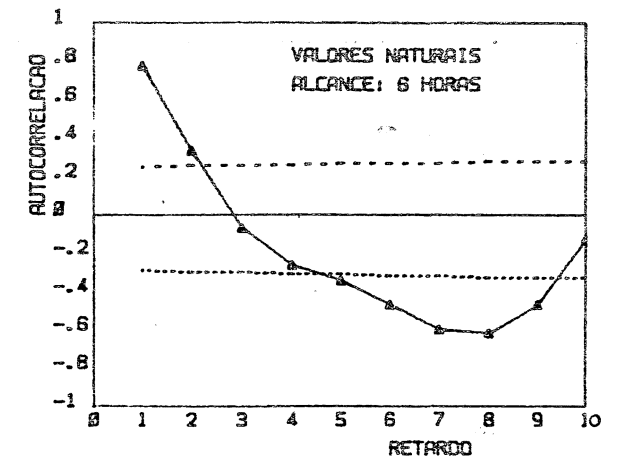
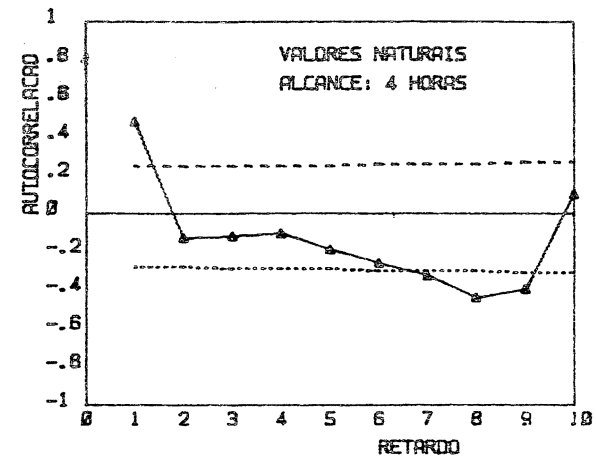
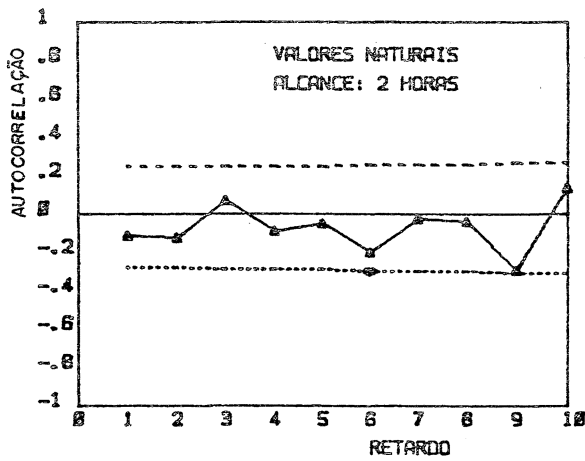
FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- AUTOCORRELAÇÃO
 - - - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83

MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA 1.5.27

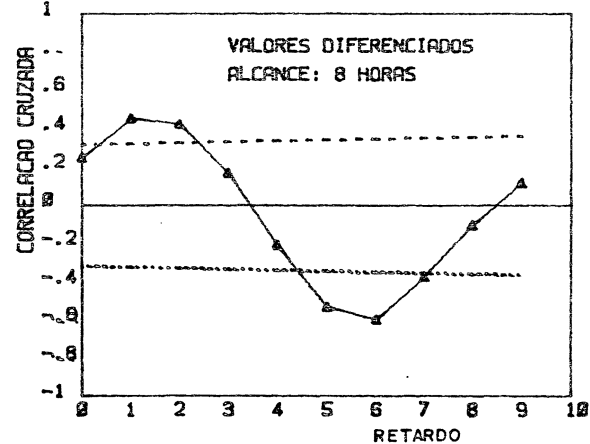
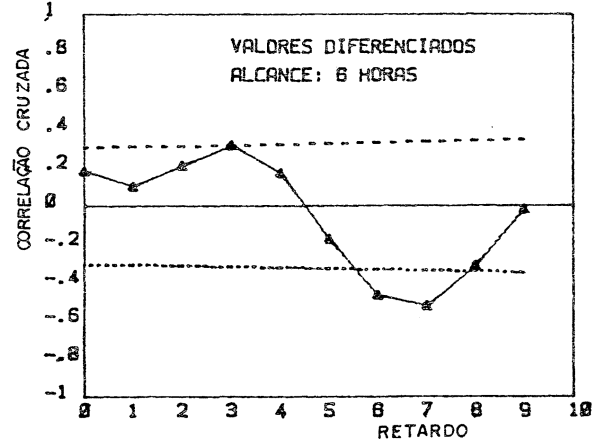
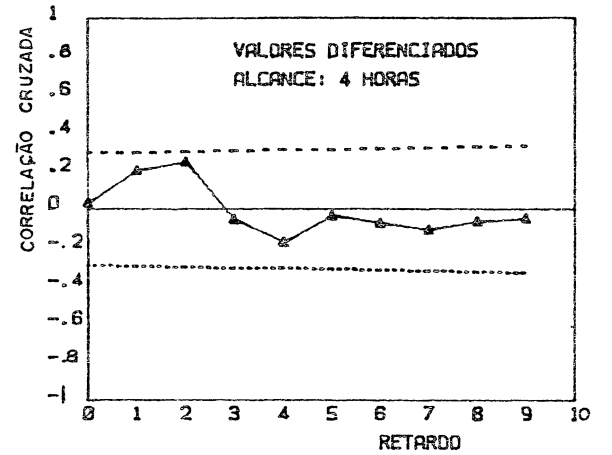
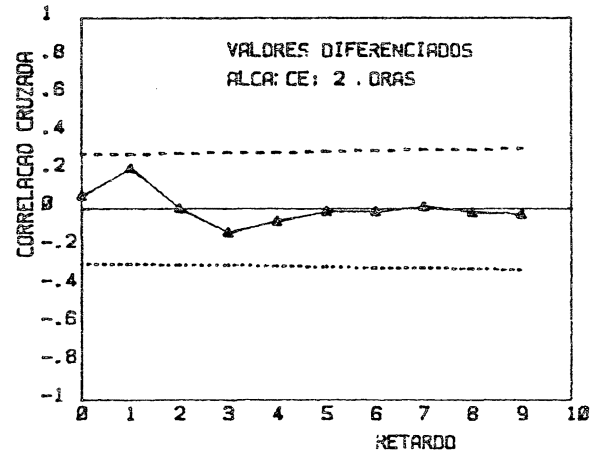
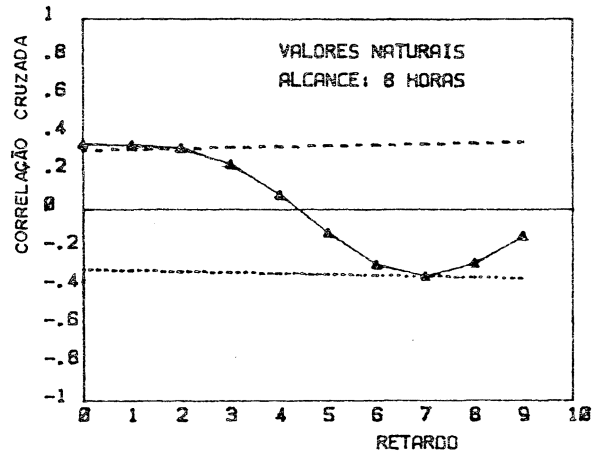
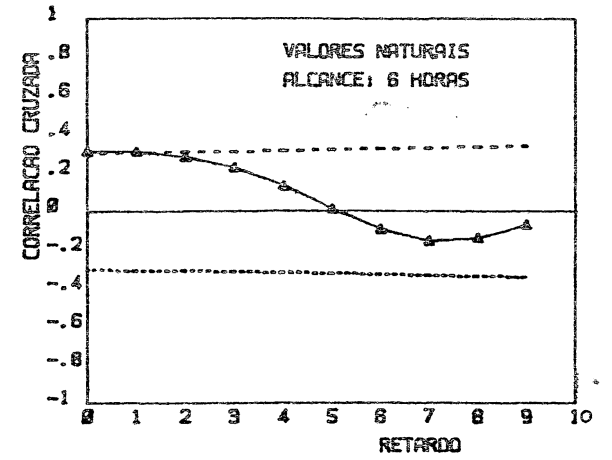
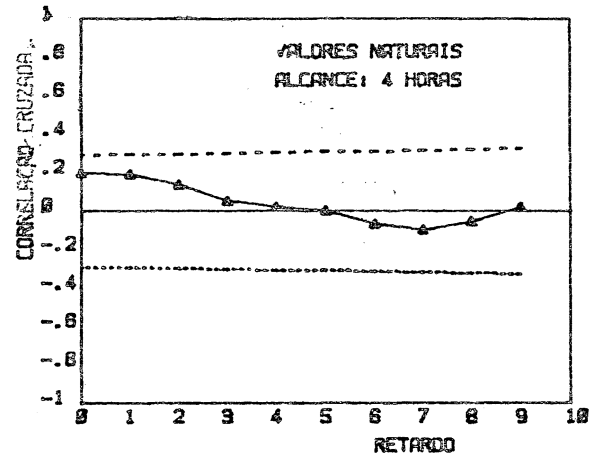
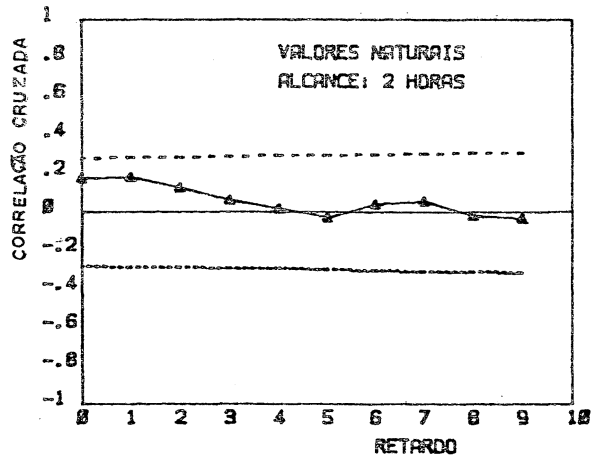


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84
MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA : 5.28



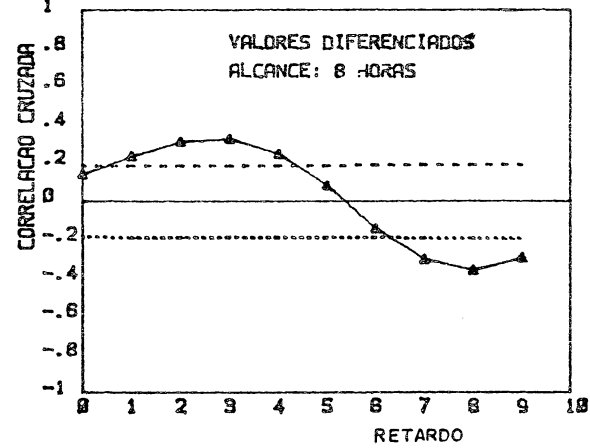
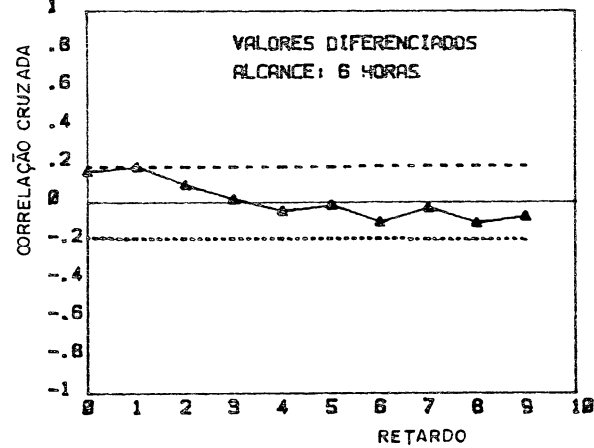
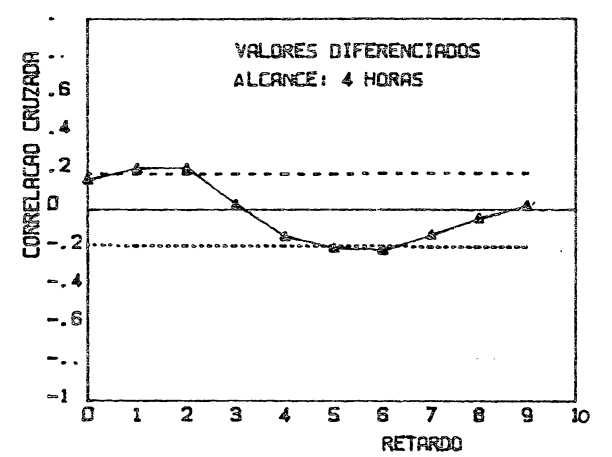
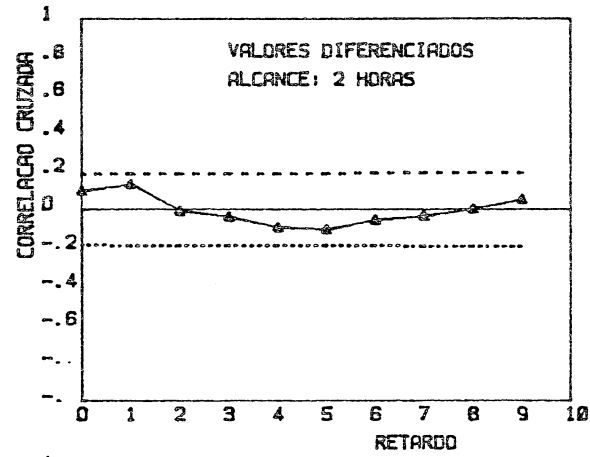
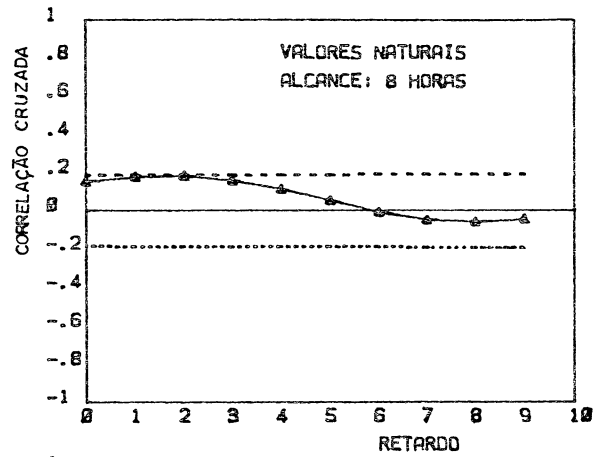
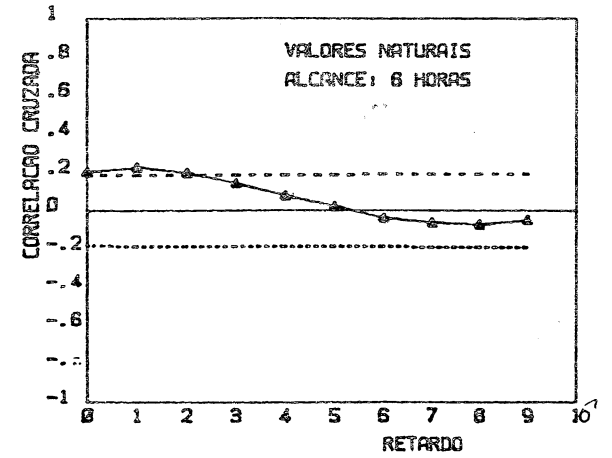
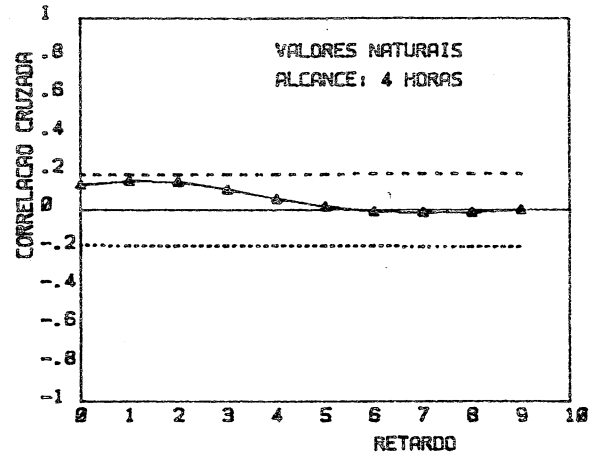
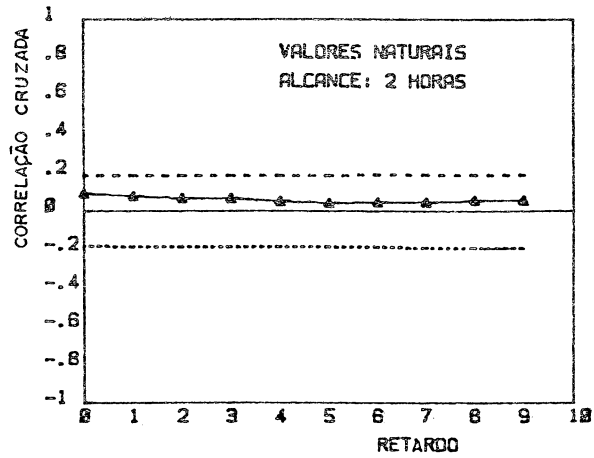
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- ▲-▲-▲ CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83

MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA : 5.29



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

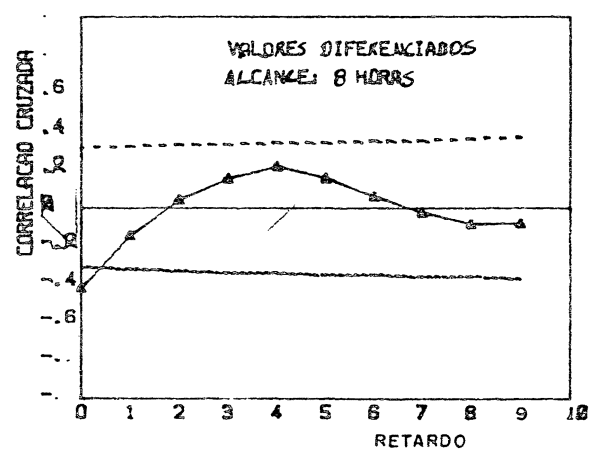
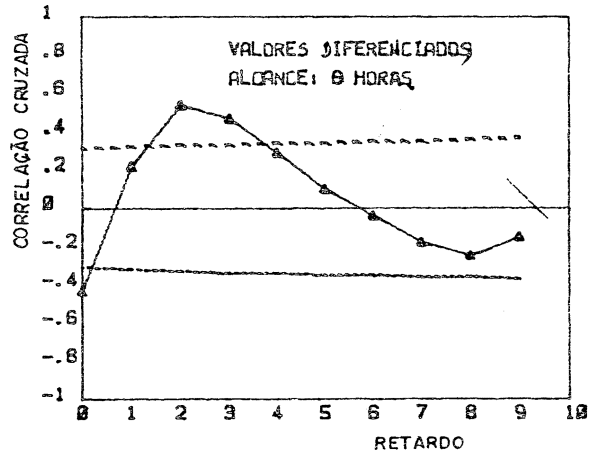
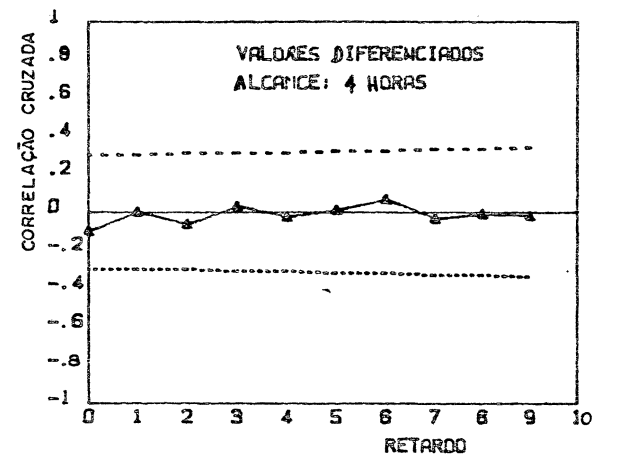
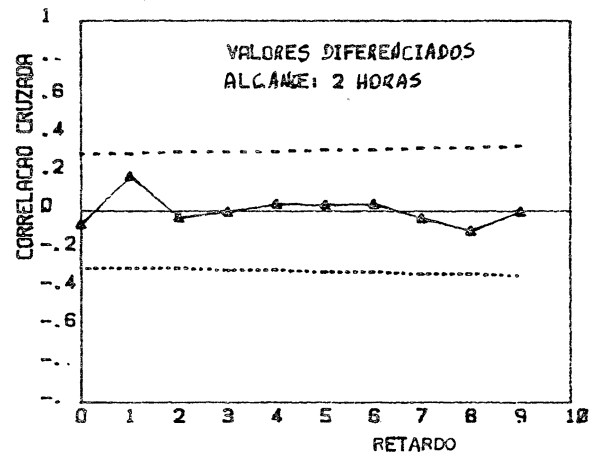
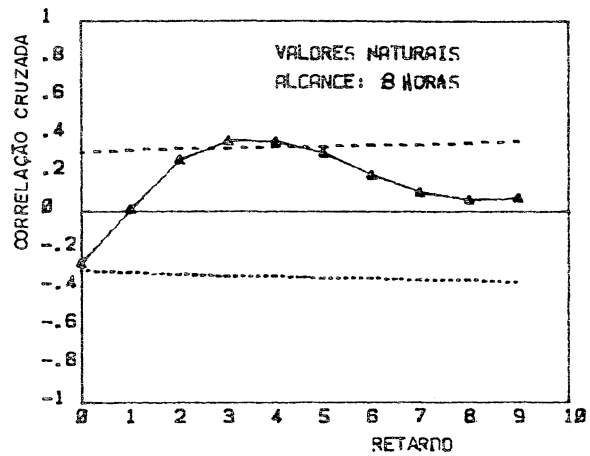
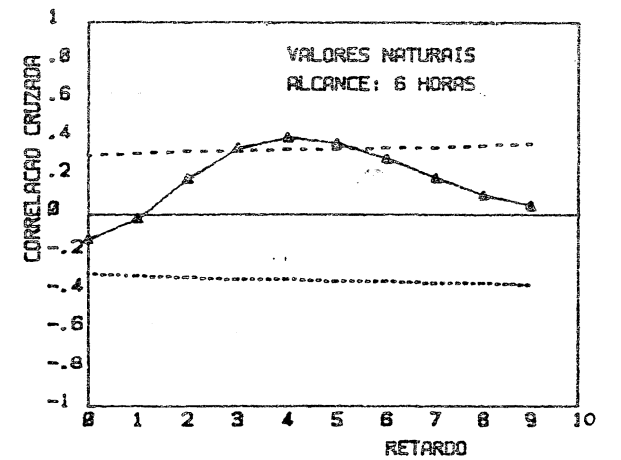
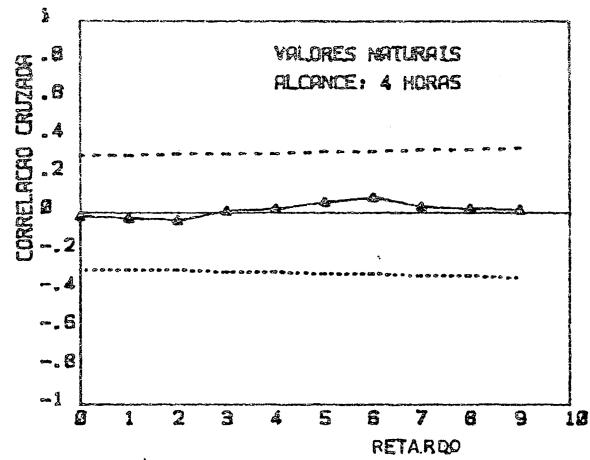
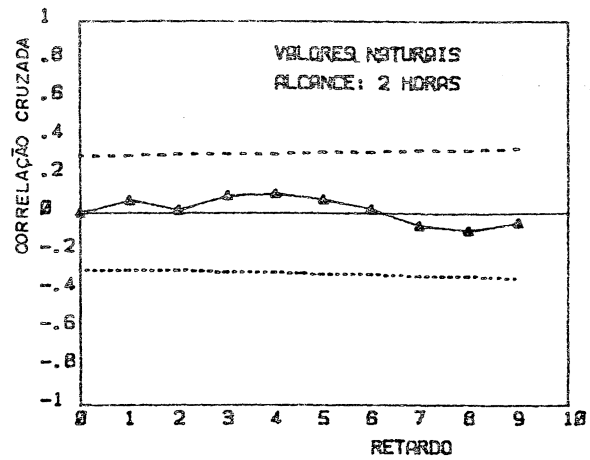
LEGENDA

- ▲— CORRELAÇÃO CRUZADA
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO : 07/83

MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA : 5.30



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

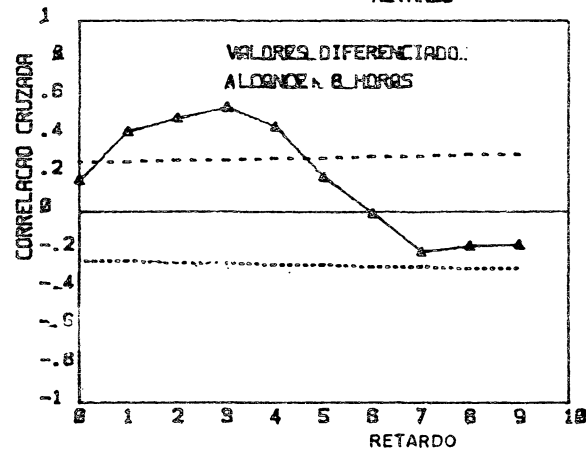
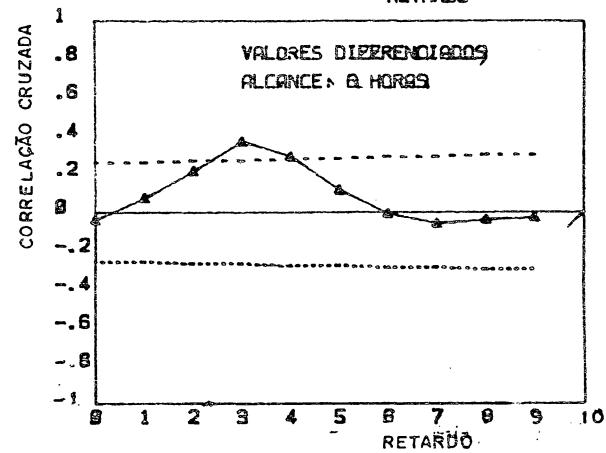
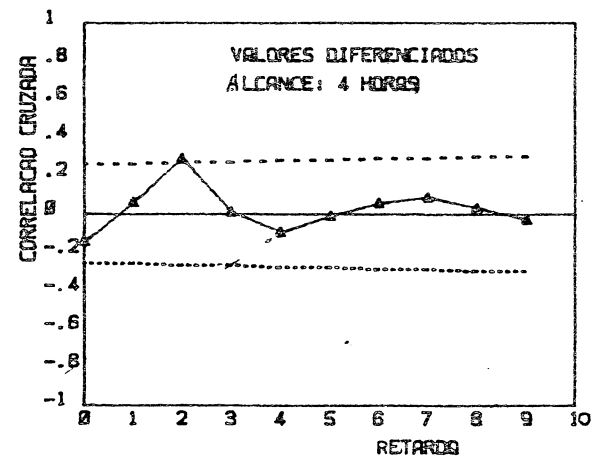
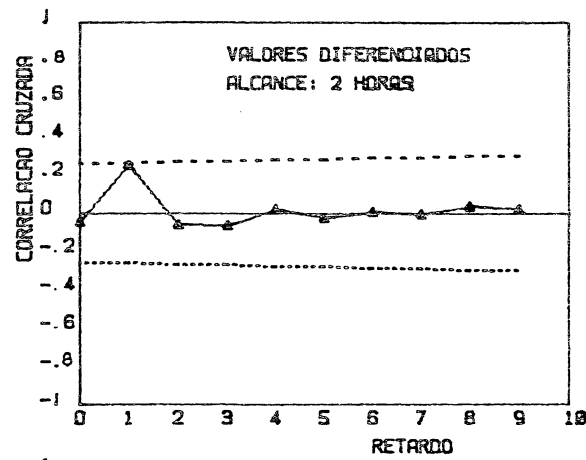
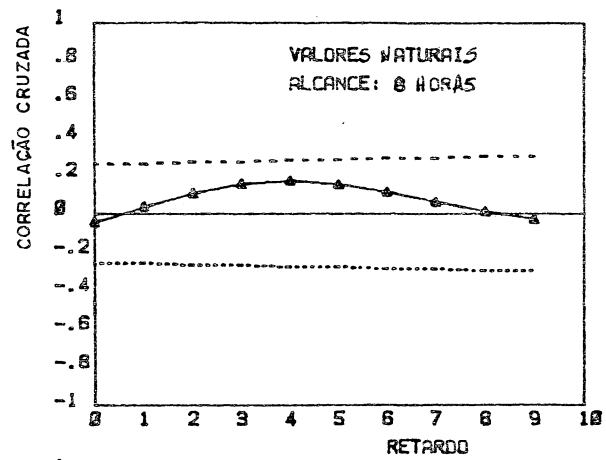
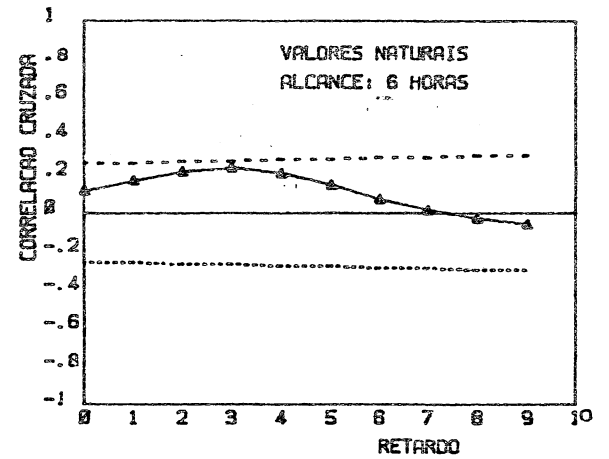
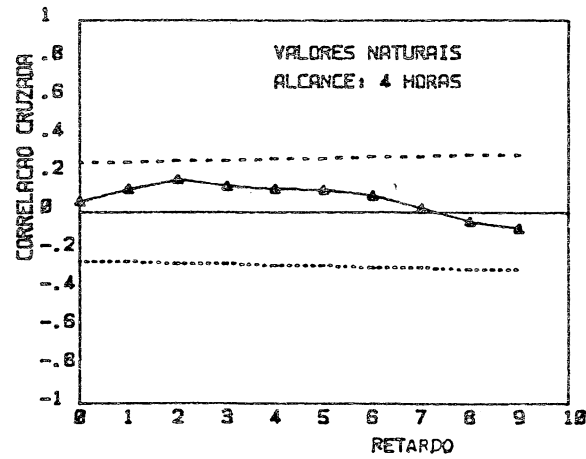
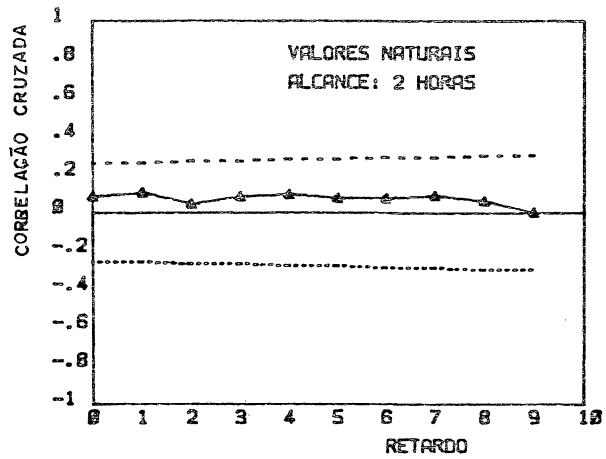
LEGENDA

- ▲—▲ CORRELAÇÃO CRUZADA
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83

MODELO : MOPHU + ARIX

FIGURA : 5.31



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - - - - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84

MODELO : MORHU + ARIX

FIGURA 15.32

b) para os outros alcances, muitos valores obtidos na autocorrelação e na correlação cruzada não ficaram entre os limites de confiança. Foi observado ainda que os valores diminuíram em alguns retardos, mas em outros eles aumentaram, isto comparados com os valores obtidos no mesmo tipo de teste no MOPHU. Nestes casos, não conseguiu-se chegar ao ruído branco, portanto o modelo ARIX não conseguiu extrair todas informações existentes nas séries utilizadas.

5.3.2 - Comentário dos Resultados

De um modo geral podemos observar através das figuras 5.1 à 5.16, que as previsões obtidas pelo Modelo Conjugado (MOPHU+ARIX) não foram melhores do que as previstas pelo MOPHU, com exceção do alcance de 2 horas. Neste alcance, as previsões do Modelo Conjugado obtiveram um pequeno ganho, em relação às obtidas pelo MOPHU.

Podemos observar ainda que nos alcances de 4, 6 e 8 horas de antecedência. O Modelo Conjugado obteve ganhos somente em alguns intervalos de tempo, enquanto que para a maior parte do evento isto não ocorreu. Em alguns intervalos, o Modelo Conjugado ao invés de melhorar as previsões do MOPHU, piorou-as.

O insucesso do Modelo Conjugado se deve principalmente à forma como as séries dos erros se apresentaram, ou seja, períodos com valores positivos e períodos com valores negativos. Isto dificultou a obtenção de sucesso por parte do modelo de previsão de erro do tipo ARIMAX.

Outros testes e comentários sobre o desempenho dos modelos são apresentados no item 5.5.

5.4 - Modelos de Previsão de Vazão ARIMAX, IPH-II e Conjugado

Cruz (1987) utilizou os seguintes modelos para previsão de vazão em tempo atual:

a) Modelos do tipo ARIMAX

Modelos deste tipo foram testados e aplicados para previsão de vazão com diversas configurações e alcances, sendo que foi obtido bons resultados somente para os alcances de 2 e 4 horas de antecedência.

b) Modelo IPH - II

Este modelo foi utilizado para previsão de vazão em tempo atual para os alcances de 2, 4, 6 e 8 horas de antecedência. Foi obtido também com este modelo o tempo da ocorrência do pico da enchente.

c) Modelo Conjugado (IPH-II + ARIMAX)

As previsões deste modelo foram feitas em duas etapas, na primeira foram feitas as previsões das vazões através do IPH-II, e na segunda as previsões dos erros com um modelo do tipo ARIMAX. A soma das duas previsões em seus respectivos alcances foi denominado de Modelo Conjugado.

Os resultados obtidos em forma de vazão e transformados em níveis estão apresentados nas figuras 5.33 à 5.48.

EVENTO : 05/83

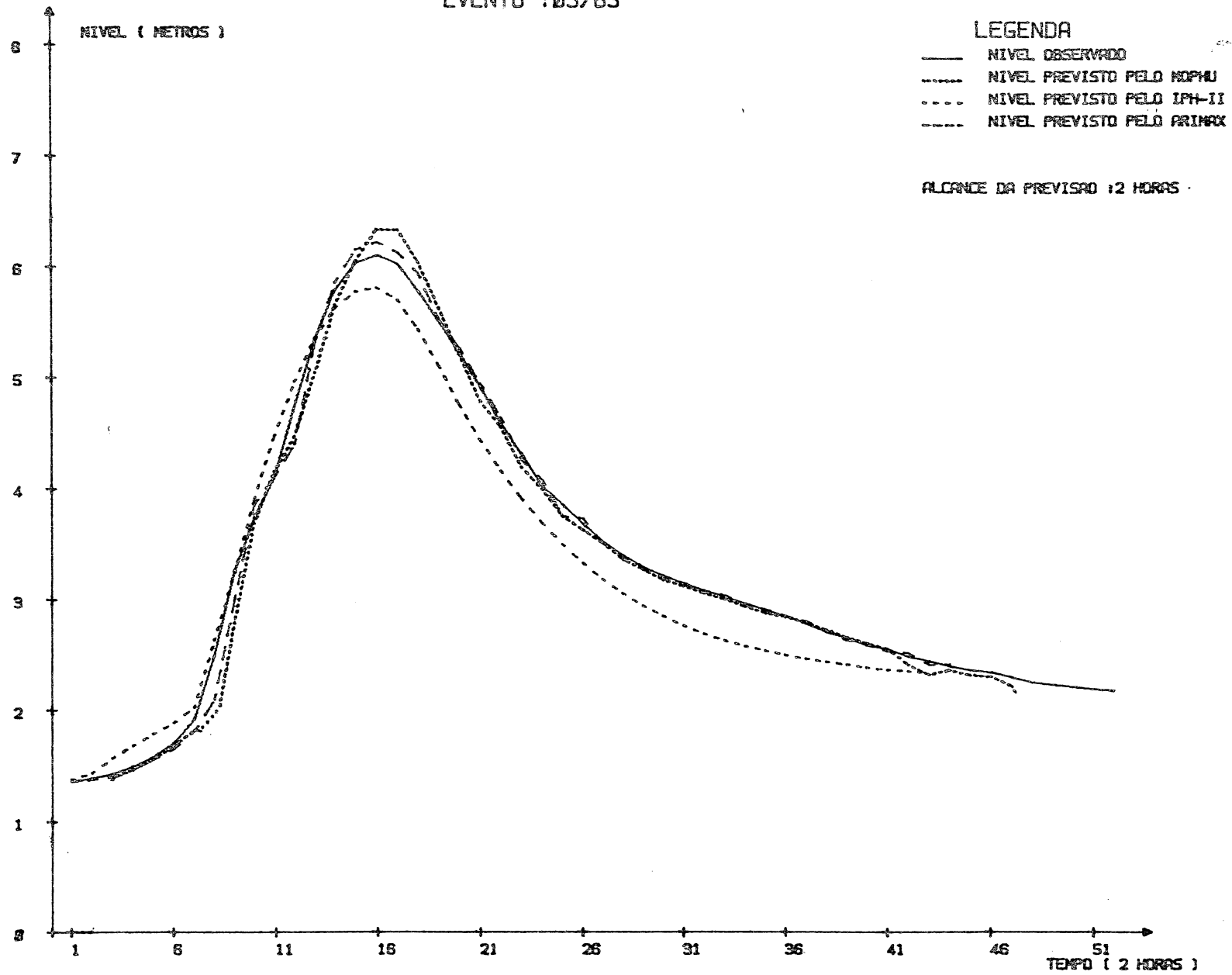


FIGURA : 5.33

EVENTO : 05/83

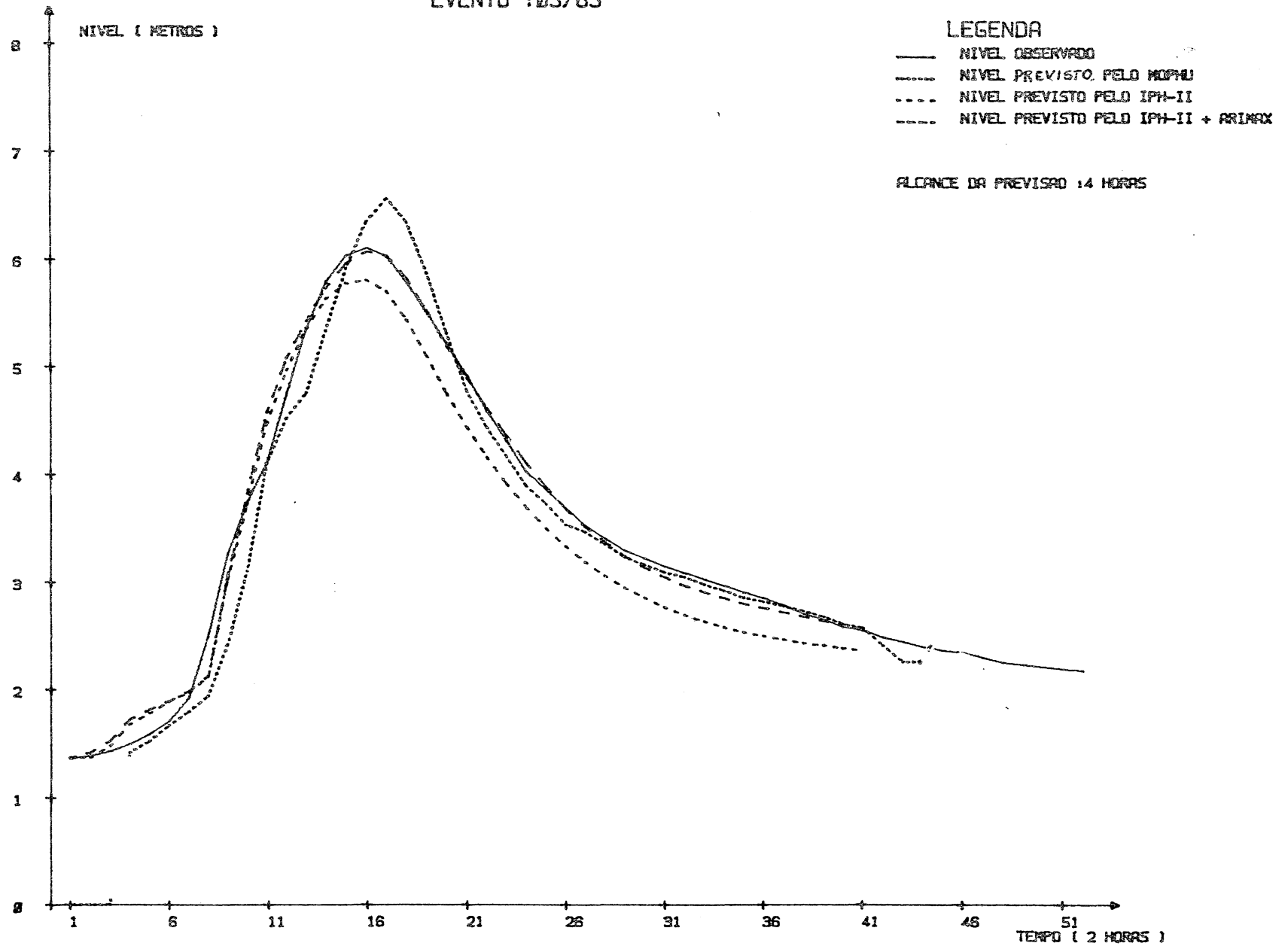


FIGURA : 5.34

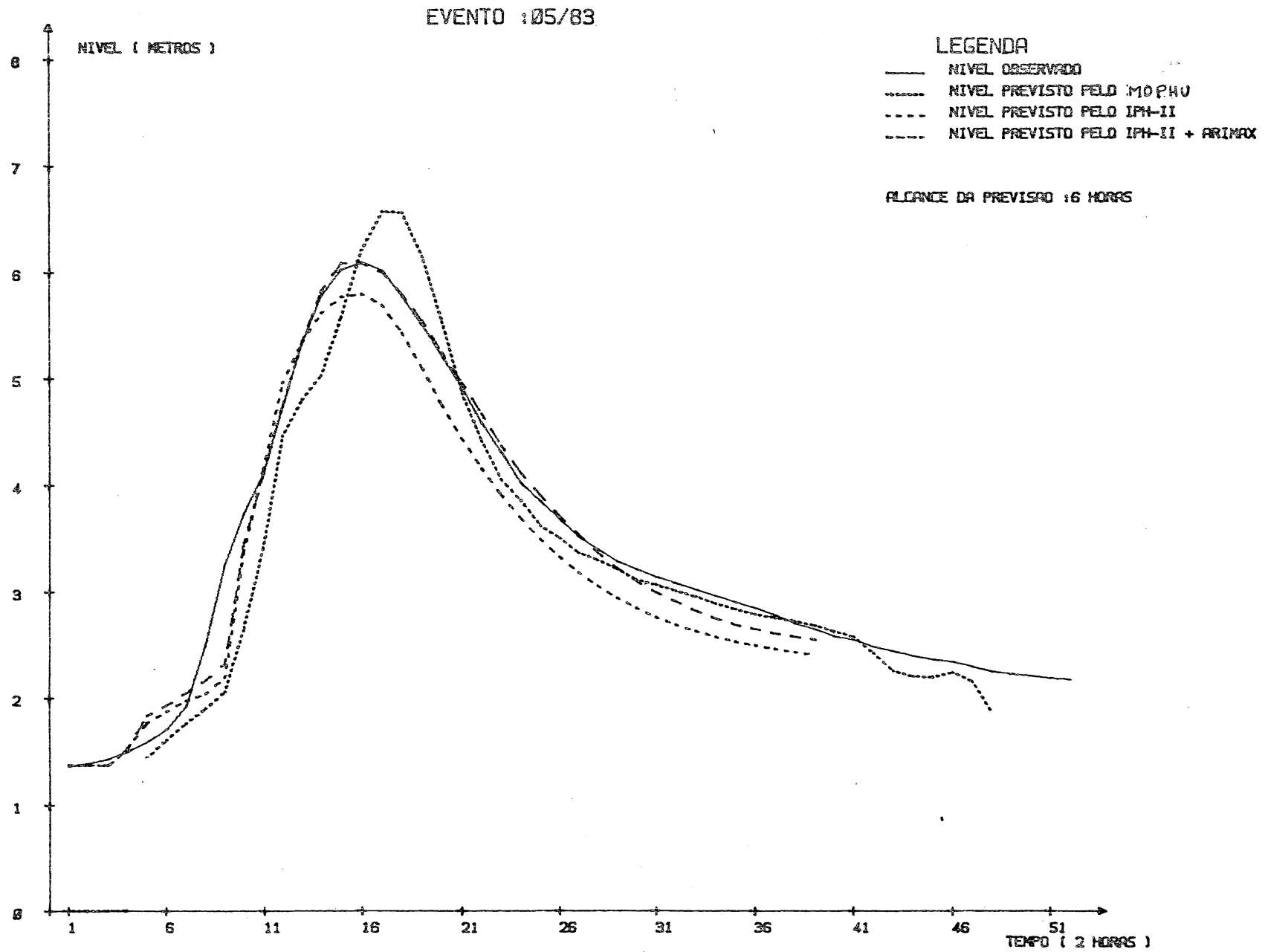


FIGURA : 5.35

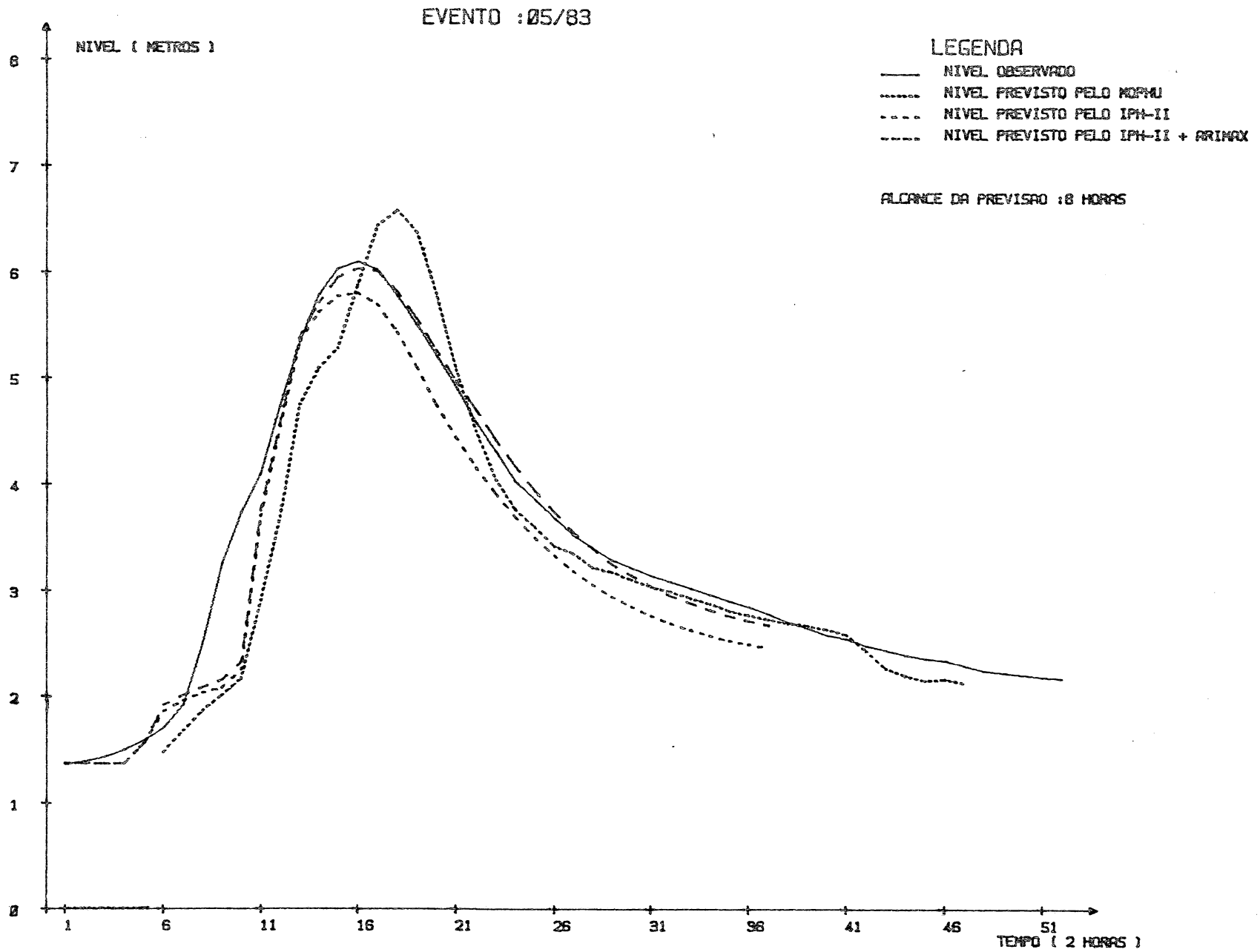


FIGURA : 5.36

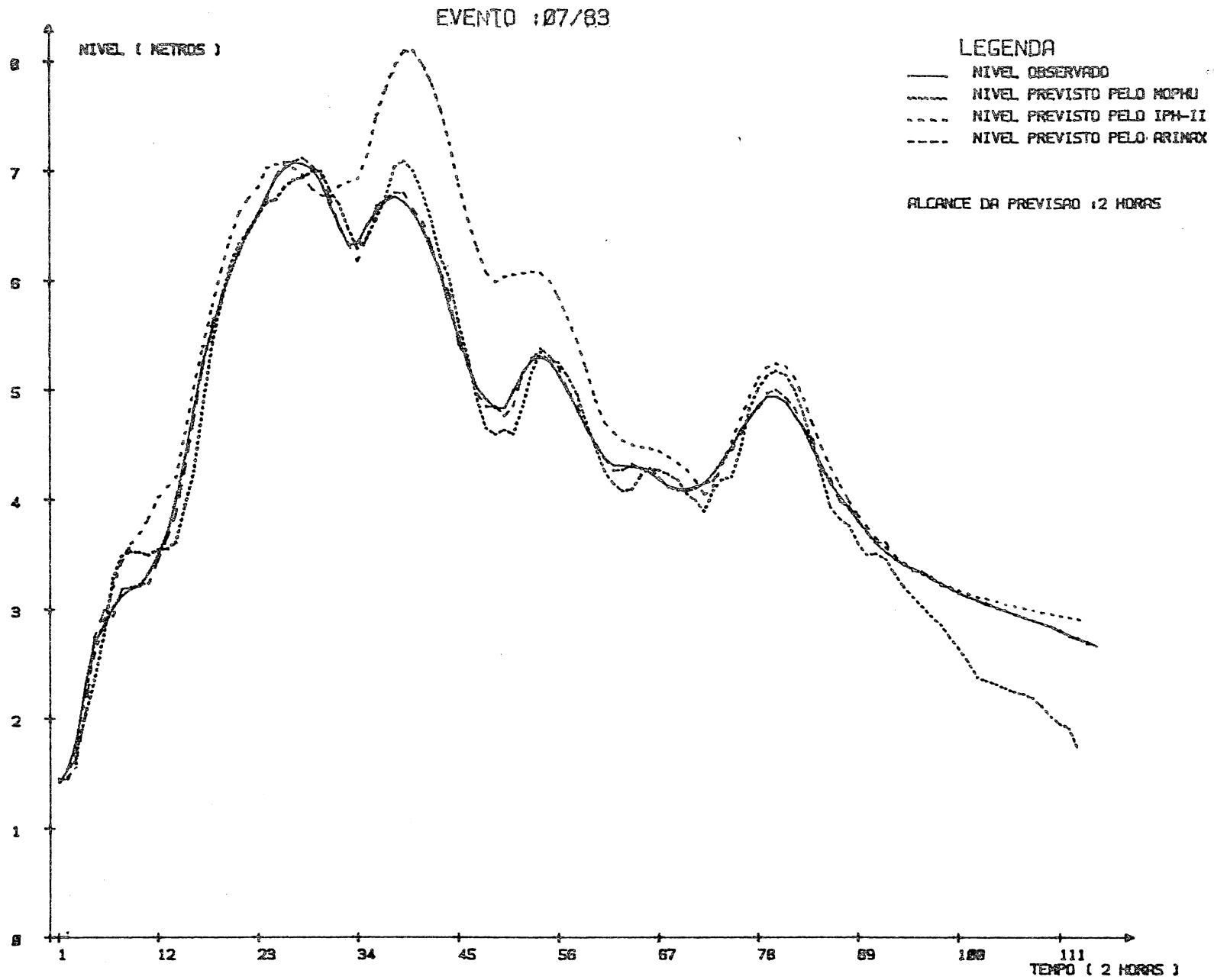


FIGURA : 5.37

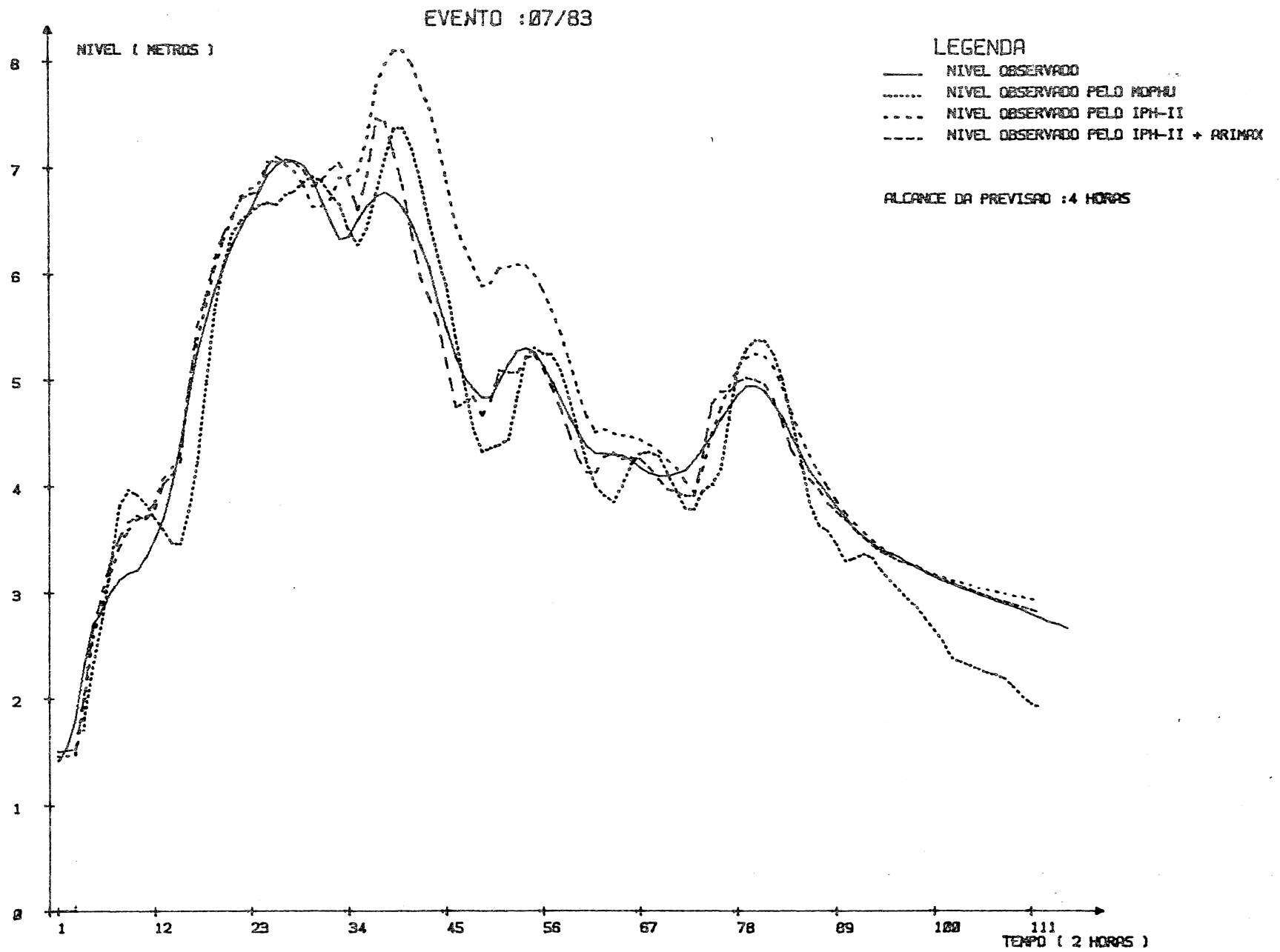


FIGURA : 5.38

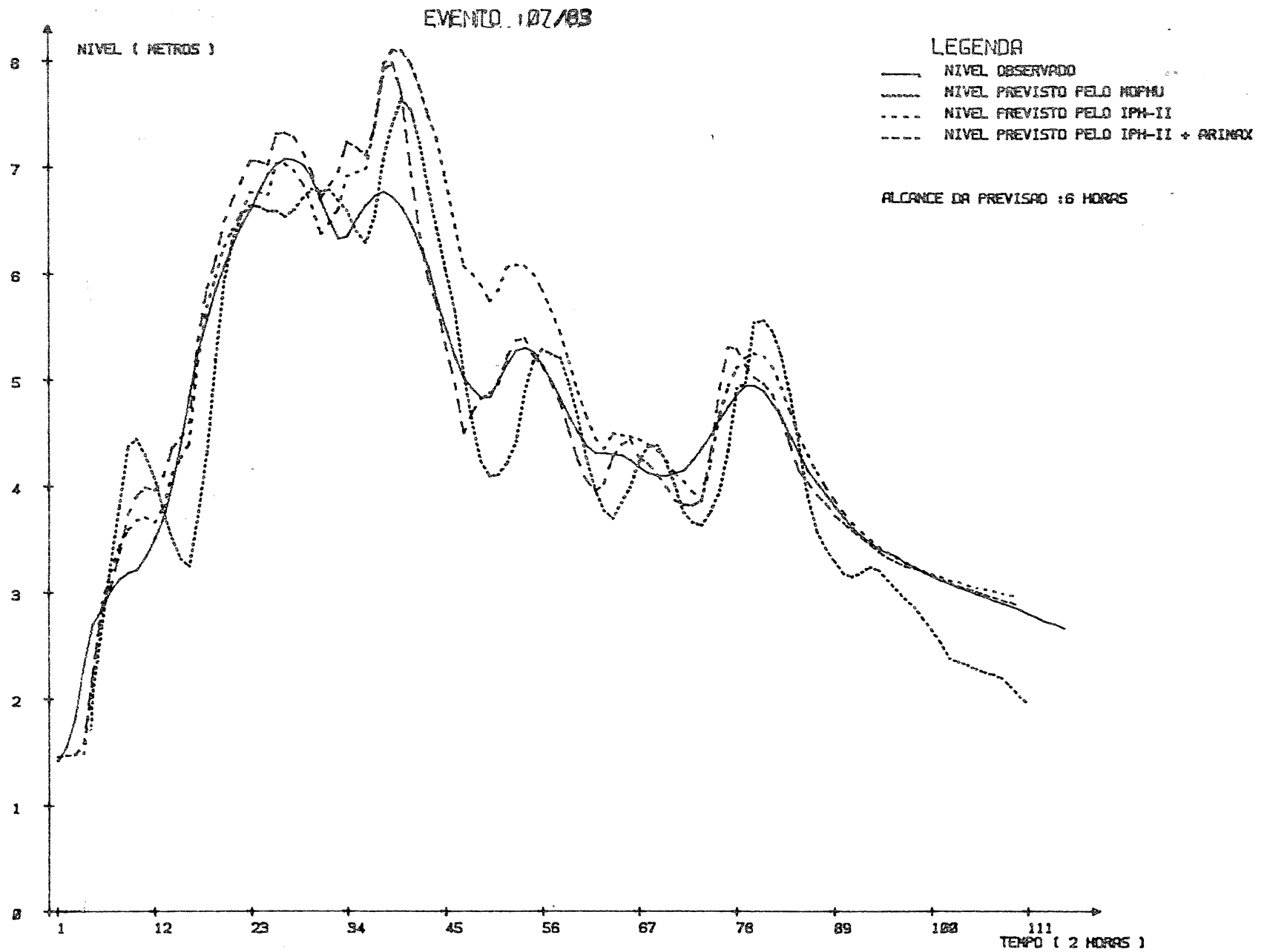


FIGURA : 5.39

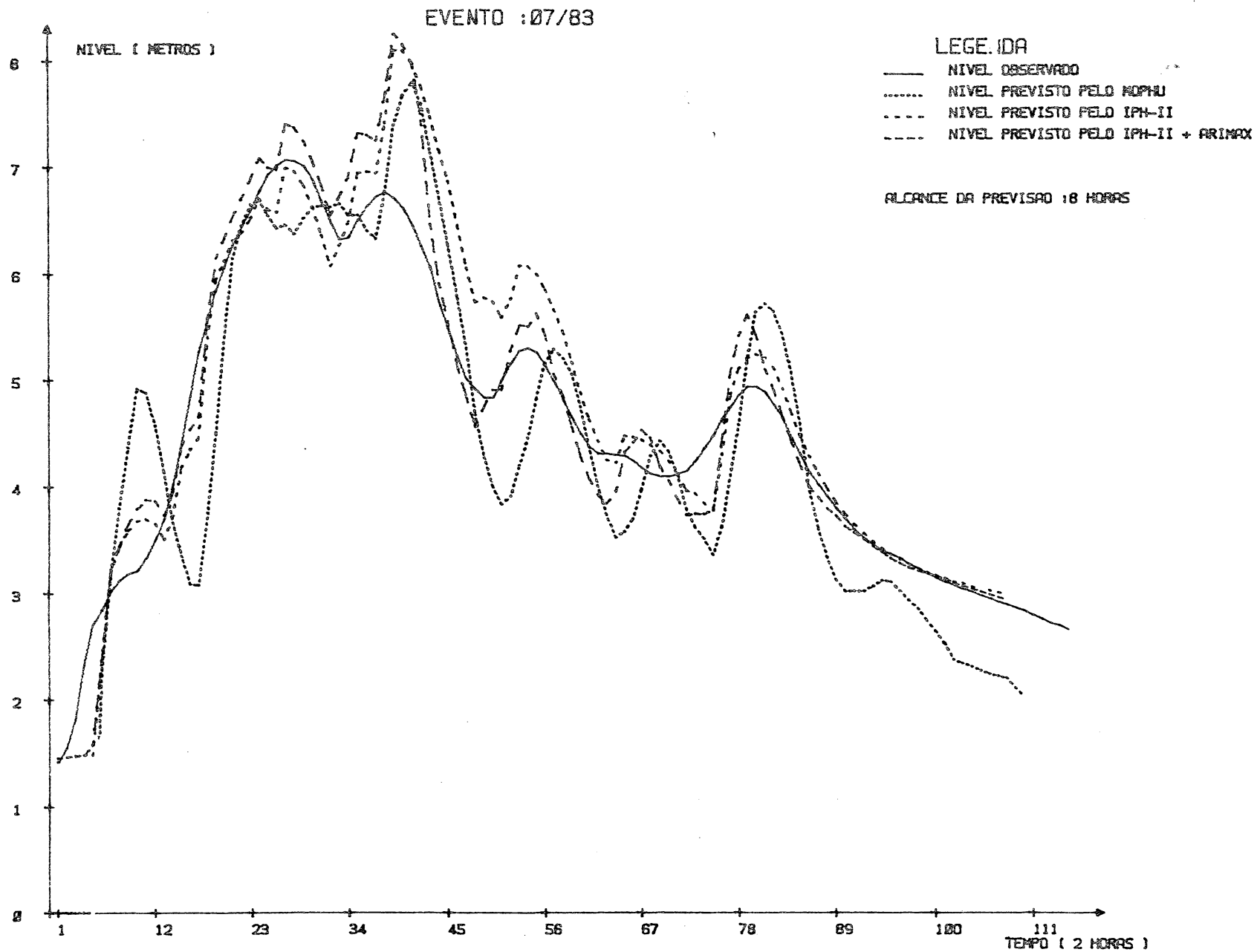


FIGURA : 5.40

EVENTO : 09/83

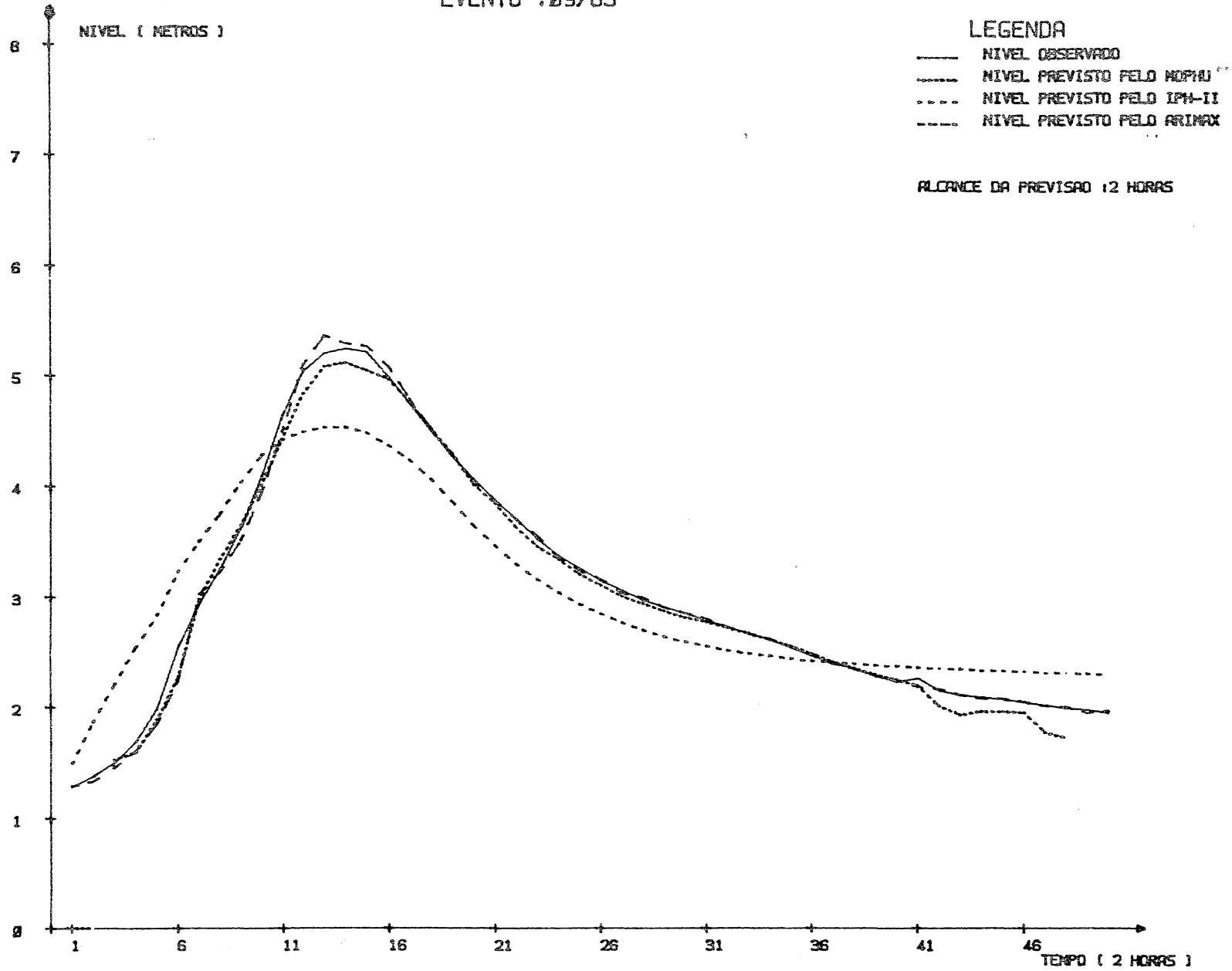


FIGURA : 5. 41

EVENTO : 09/83

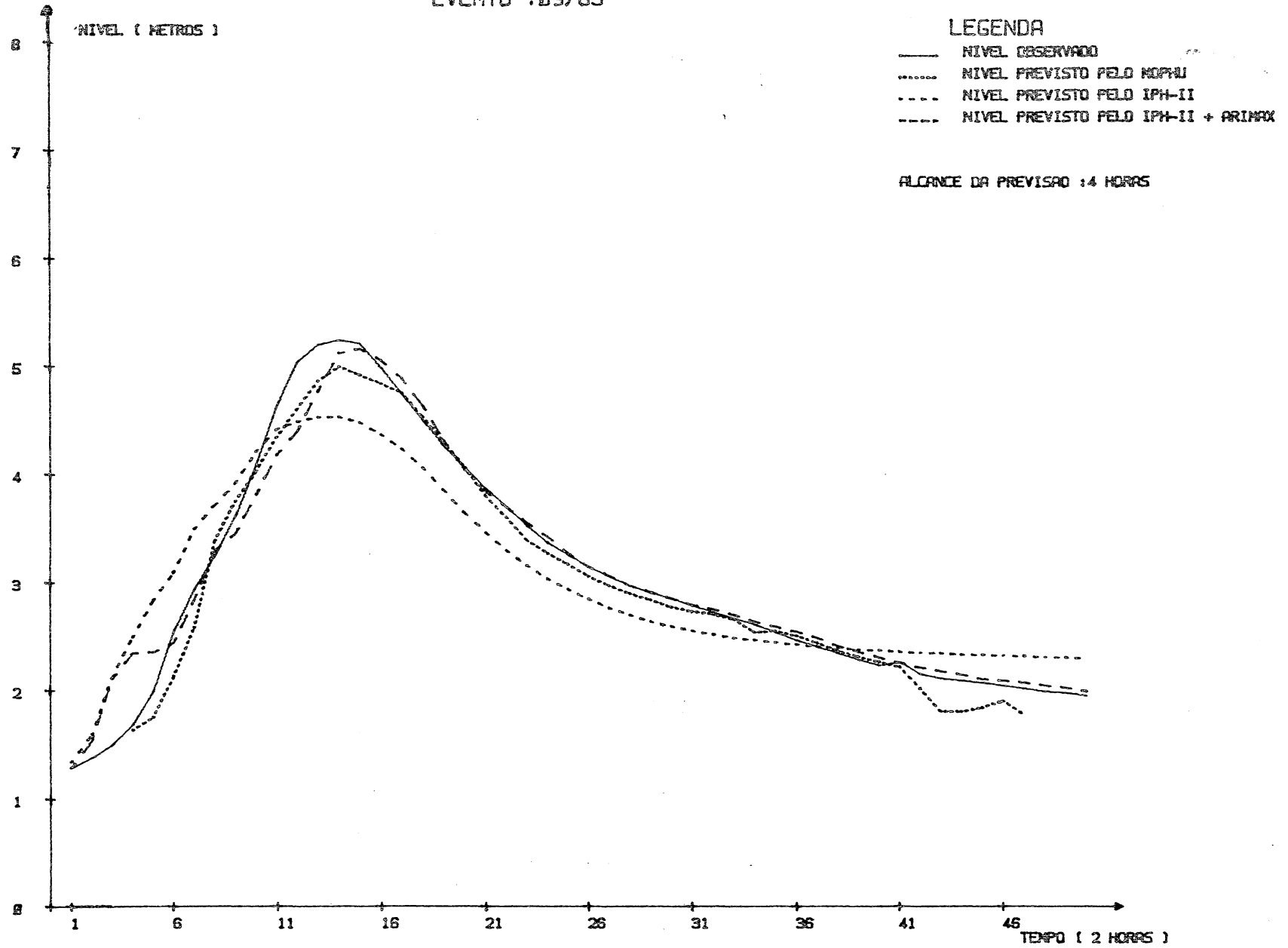


FIGURA : 5.42

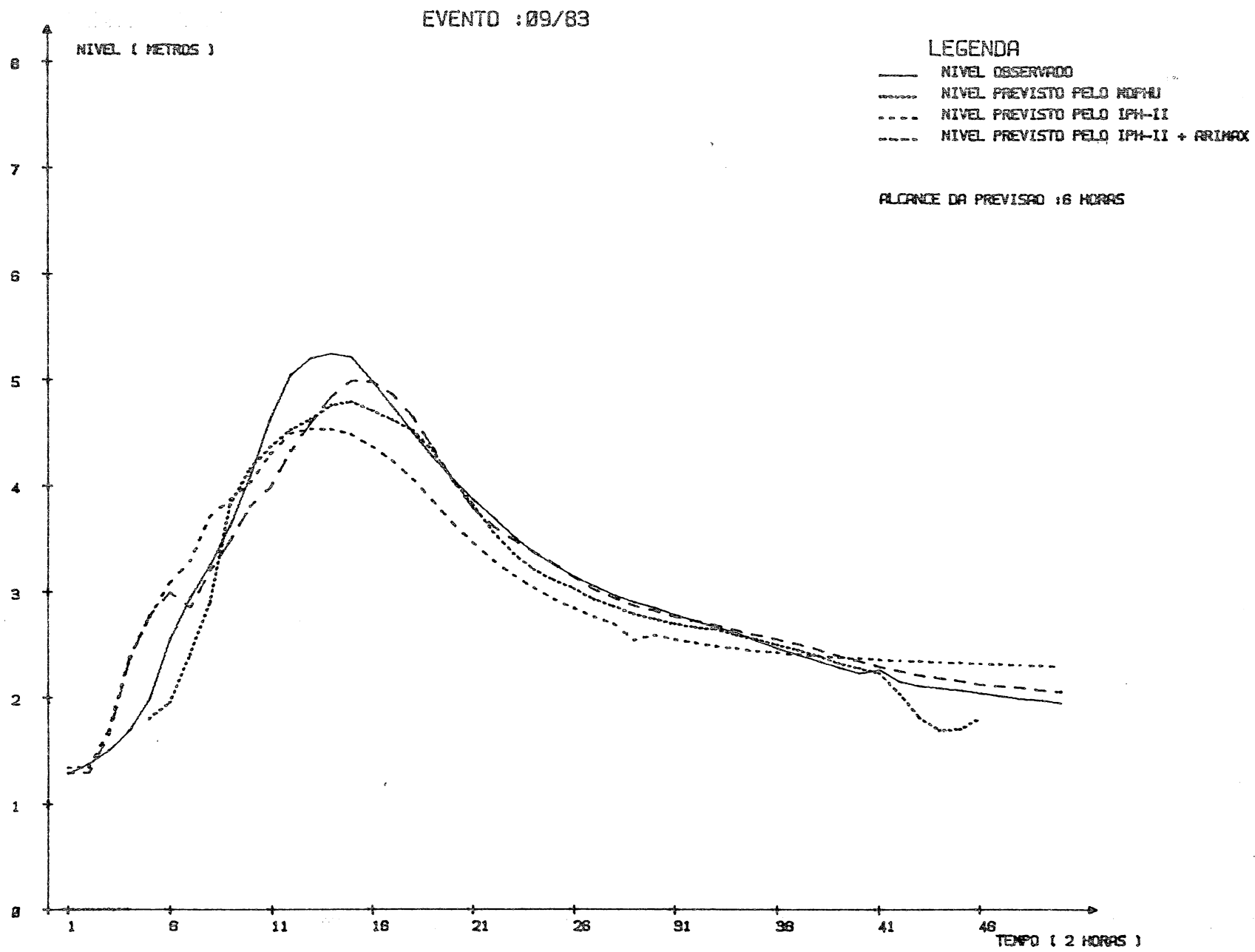


FIGURA : 5.43

EVENTO : 09/83

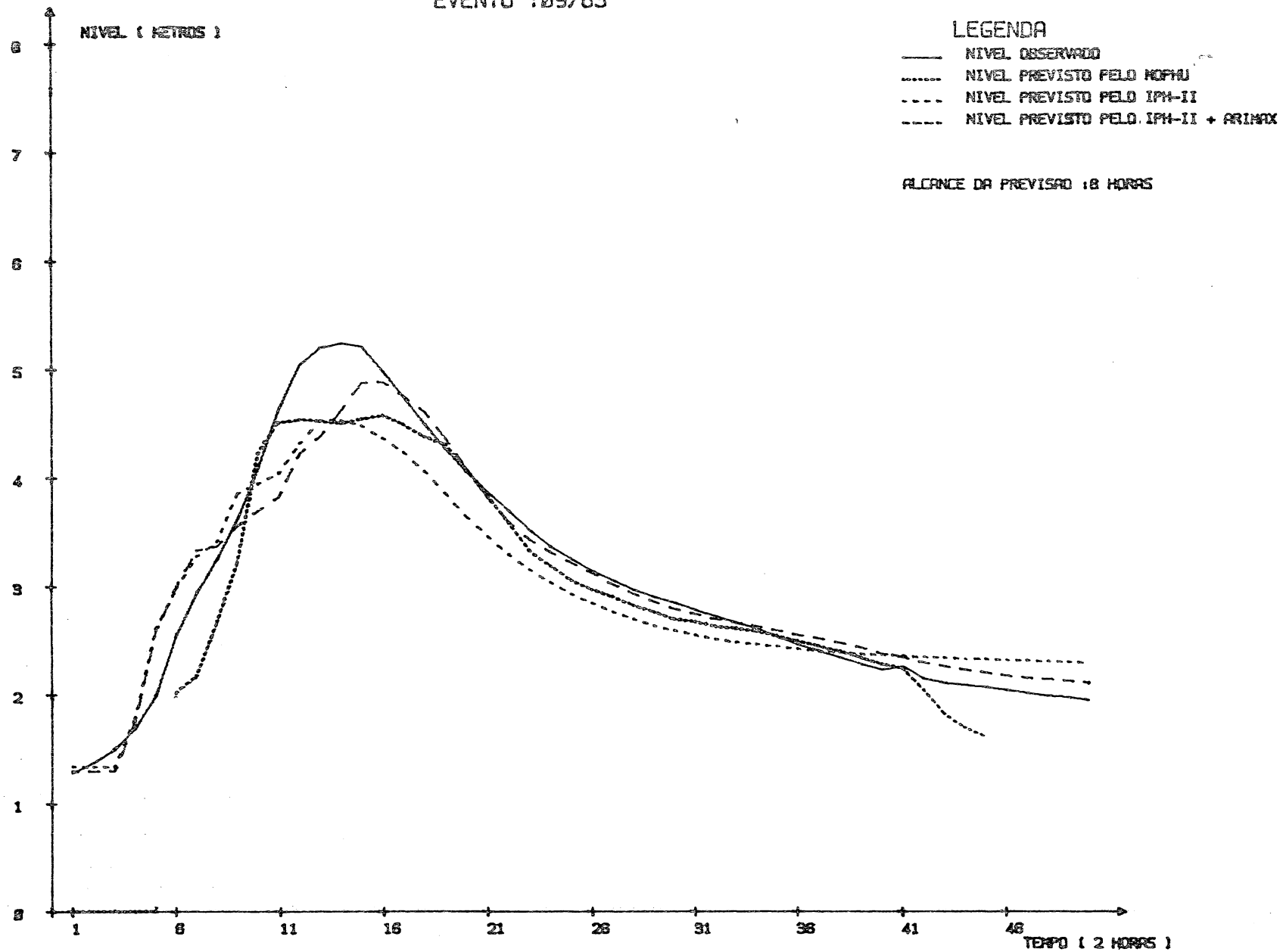


FIGURA : 5.44

EVENTO : 08/84

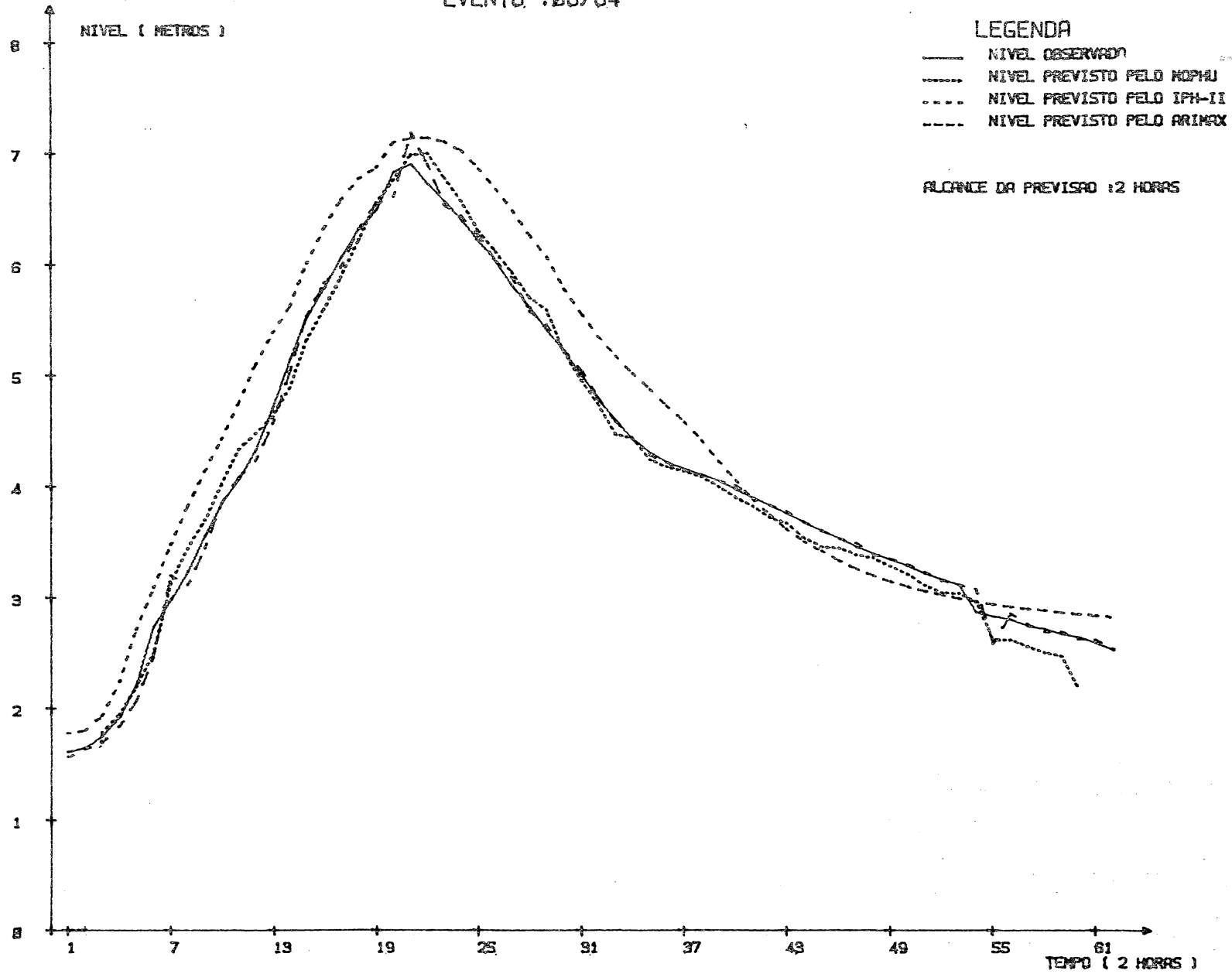


FIGURA : 5.45

EVENTO : 08/84

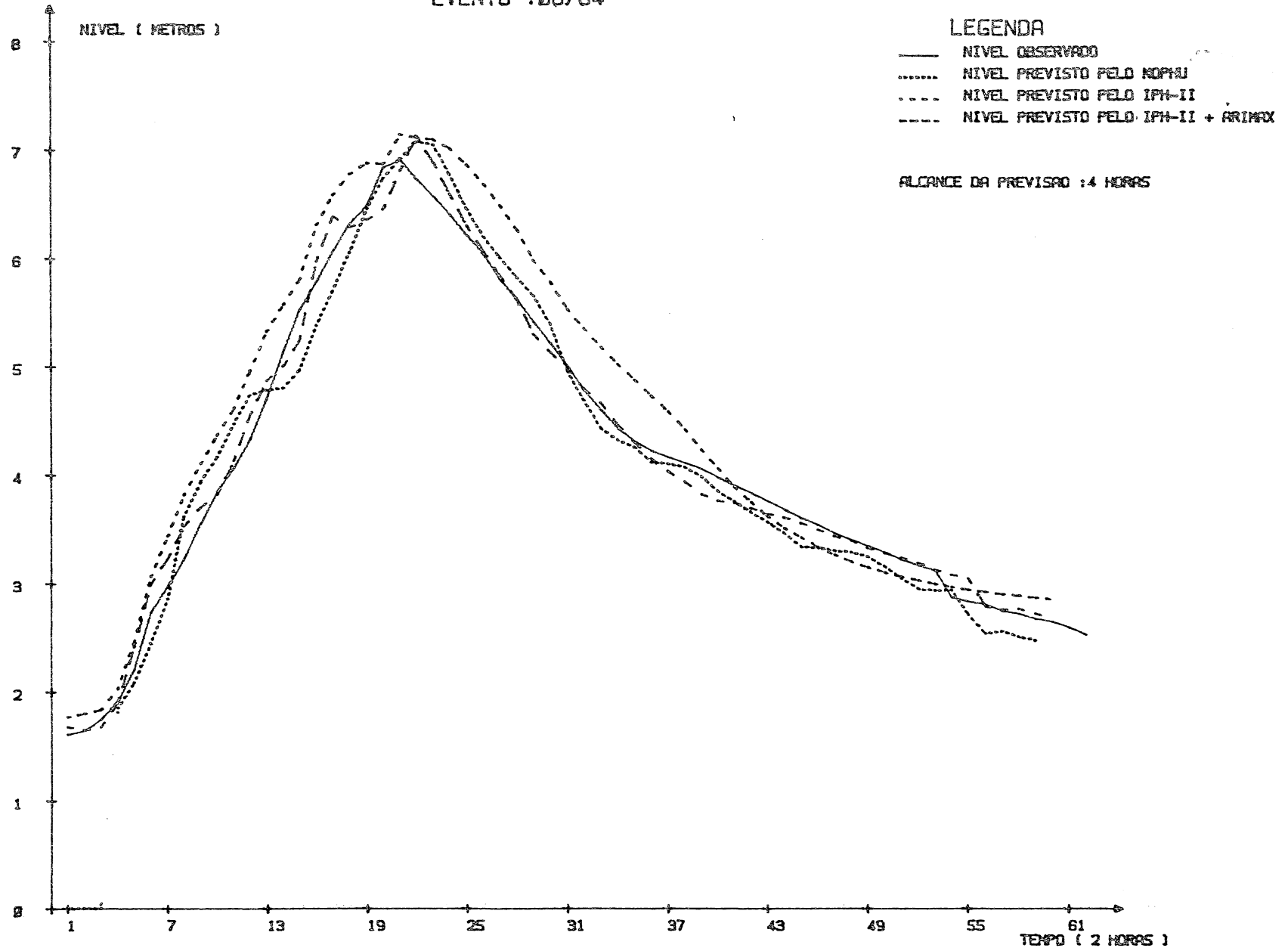


FIGURA : 5.46

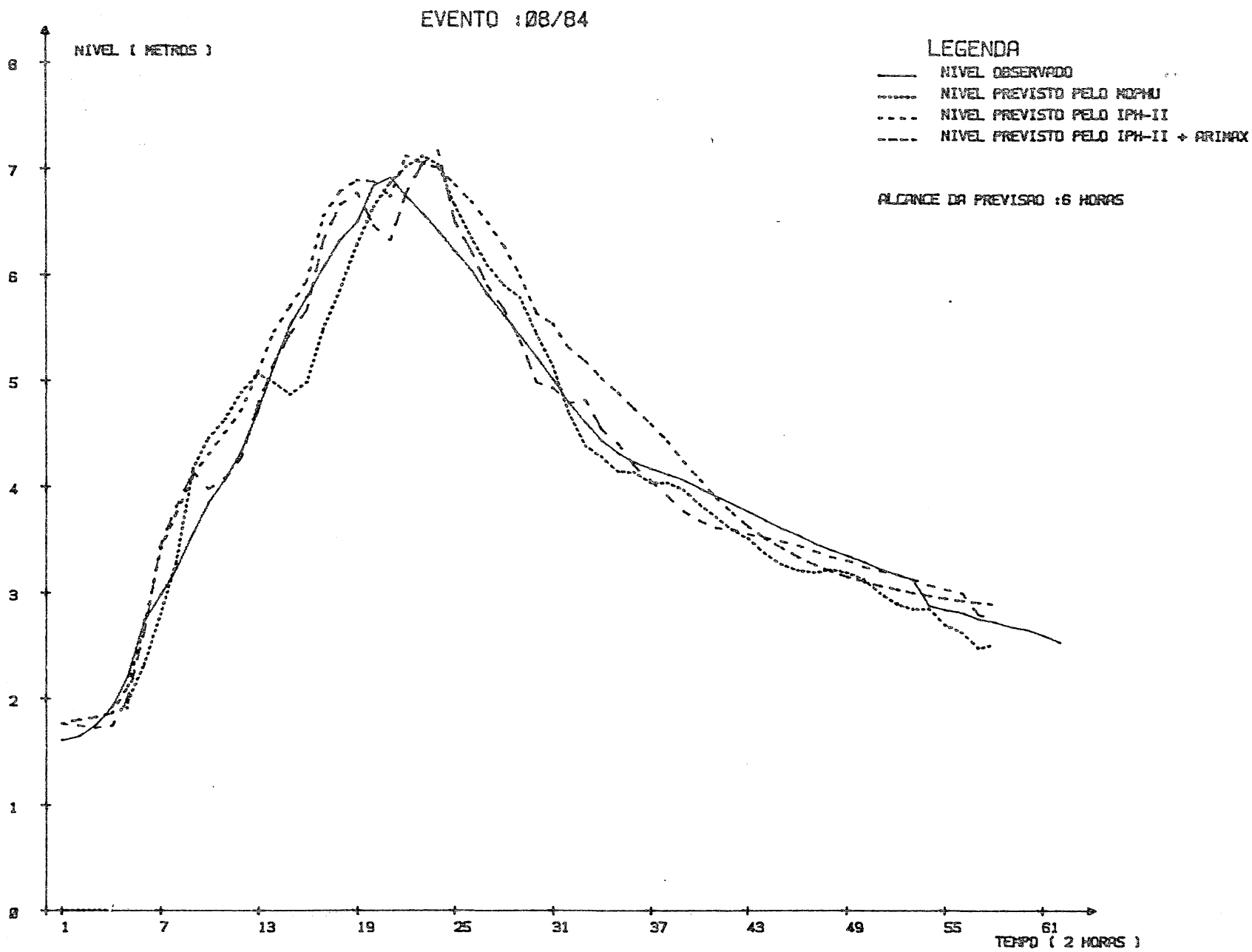


FIGURA : 5.47

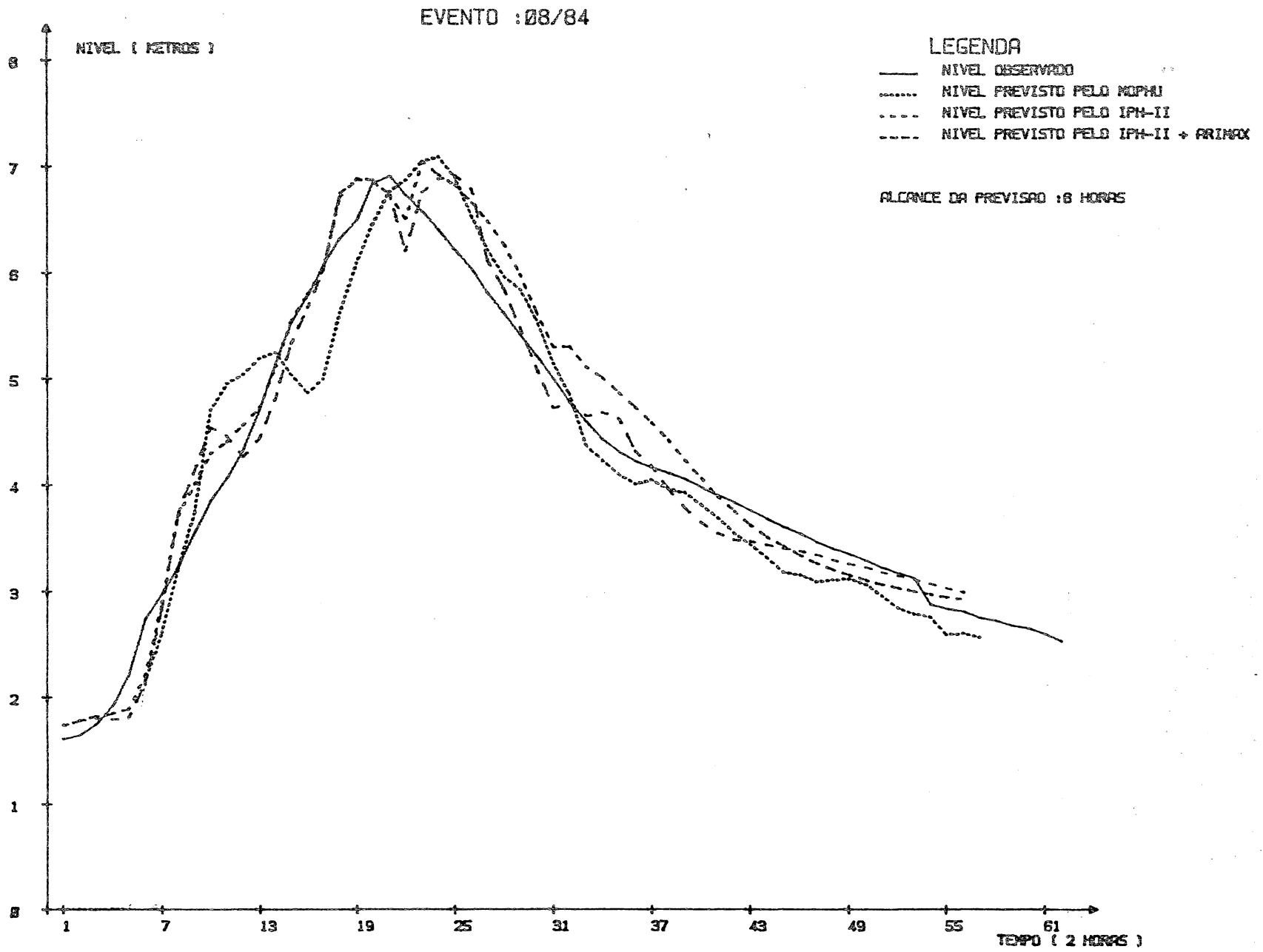


FIGURA : 5.48

5.4.1 - Testes de Informação

Foi realizado neste estudo, testes através da autocorrelação com as séries dos erros dos modelos IPH-II, ARIMAX e Conjugado (IPH-II + ARIMAX) e através da correlação cruzada com as séries dos erros dos modelos anteriormente mencionados, em conjunto com as vazões totais observadas. Os valores utilizados foram nas formas natural e diferenciadas. Estes testes foram realizados para os seguintes modelos de previsão:

a) Modelo IPH - II para os alcances de 2, 4, 6 e 8 horas de antecedência.

b) Modelo ARIMAX para alcance de 2 horas e o Conjugado (IPH-II+ARIMAX) para os alcances de 4, 6 e 8 horas.

Os resultados estão apresentados em forma gráfica (correlogramas) nas figuras 5.49 à 5.64.

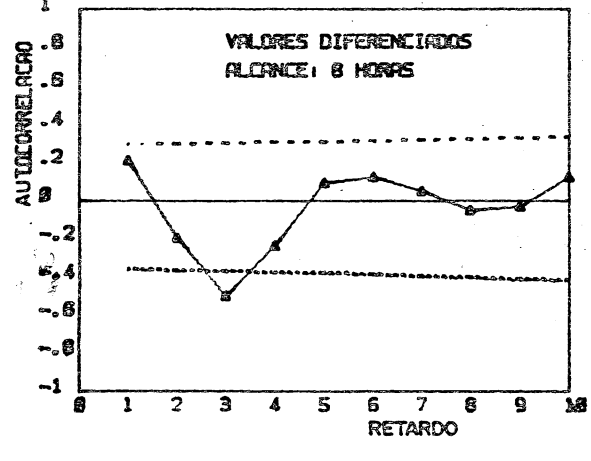
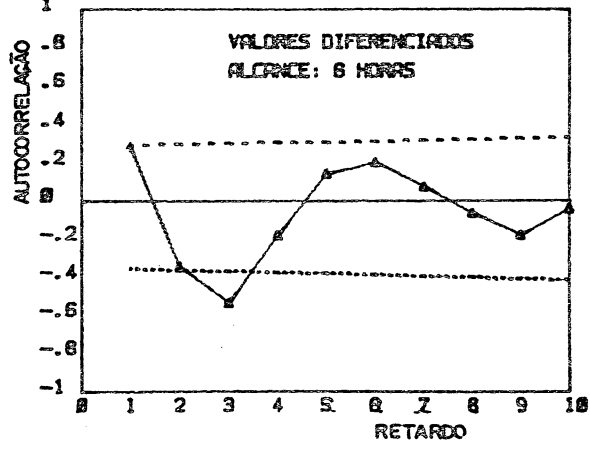
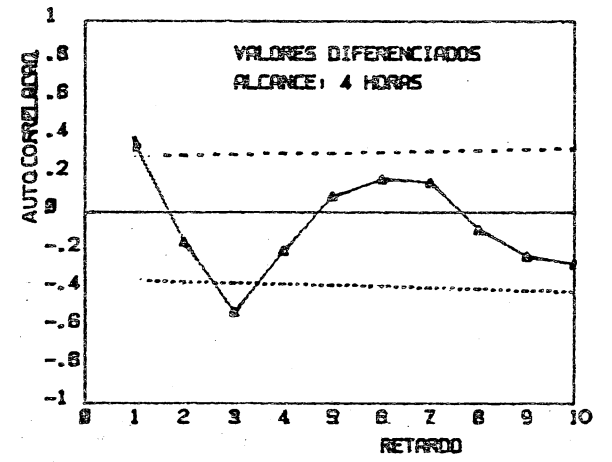
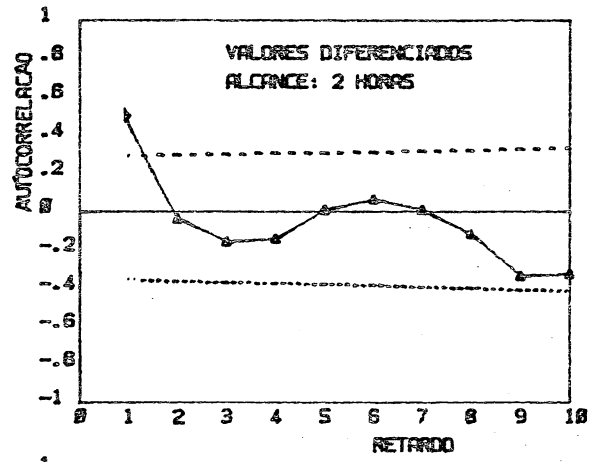
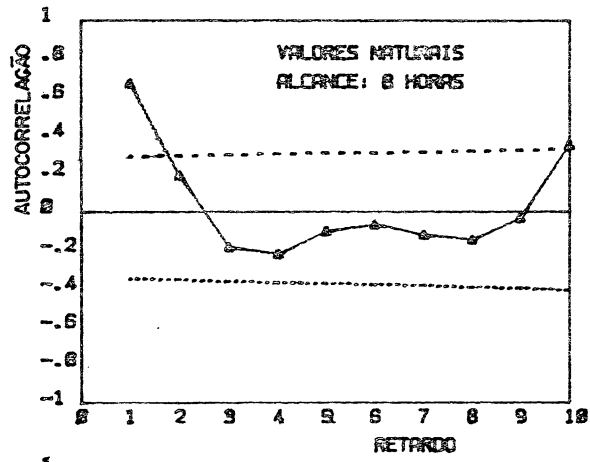
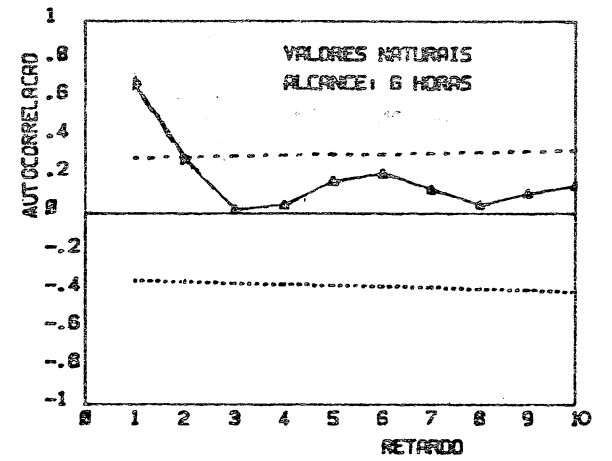
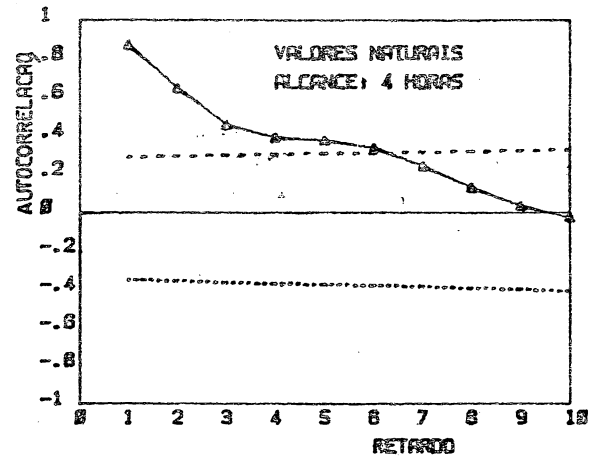
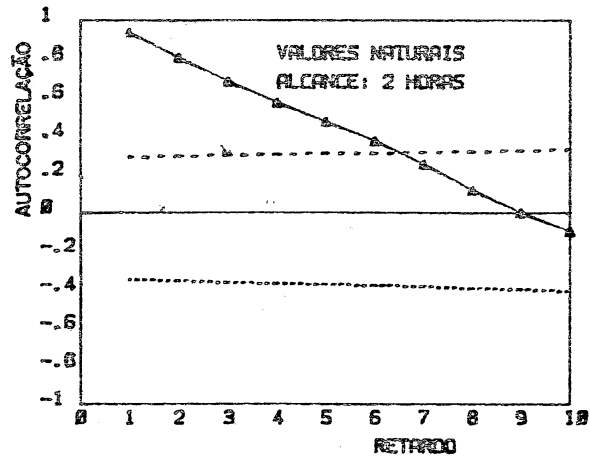
5.4.1.1 - Análise dos Testes

Em análise aos correlogramas das figuras 5.49 à 5.64, podemos dizer de uma forma geral que:

a) com modelo IPH-II

Os testes realizados com as funções autocorrelação e correlação cruzada, de uma forma geral, apresentaram valores maiores quando foi utilizado os valores naturais, do que quando foi utilizado os valores diferenciados.

Com isso, os testes demonstraram a existência de um maior grau de dependência nos valores das séries naturais, do que nas diferenciadas. Logo, podemos dizer que os modelos do tipo ARIMAX de previsão de erros, que utilizam os valores das séries naturais, têm maiores perspectivas de obter melhor desempenho na previsão dos erros do modelo IPH-II, do que os modelos que utilizam os valores das séries diferenciadas.

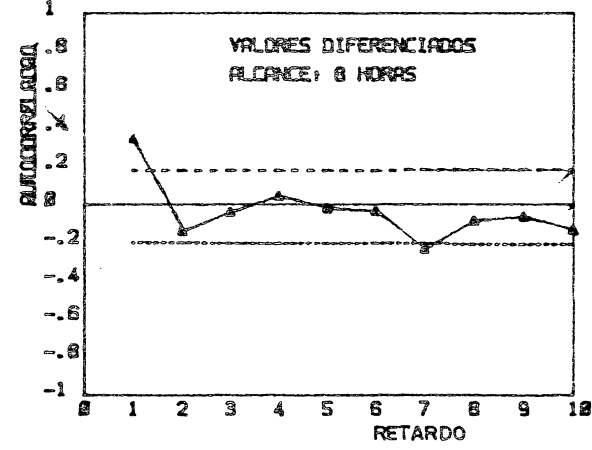
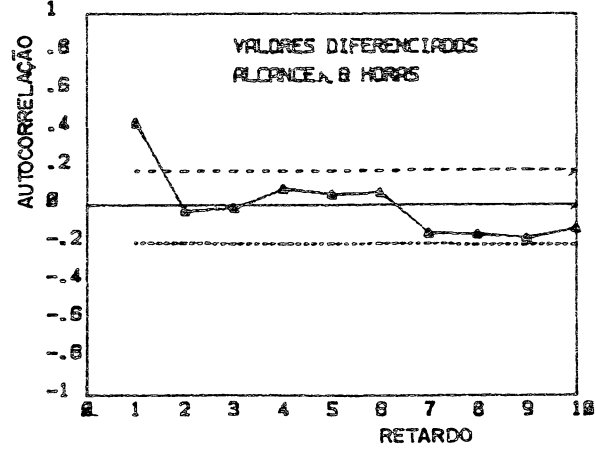
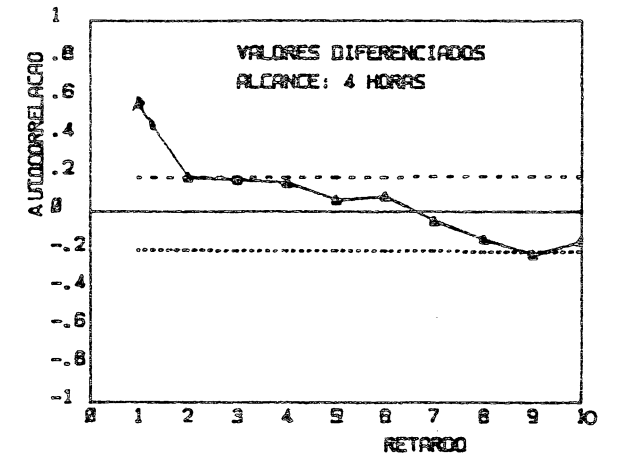
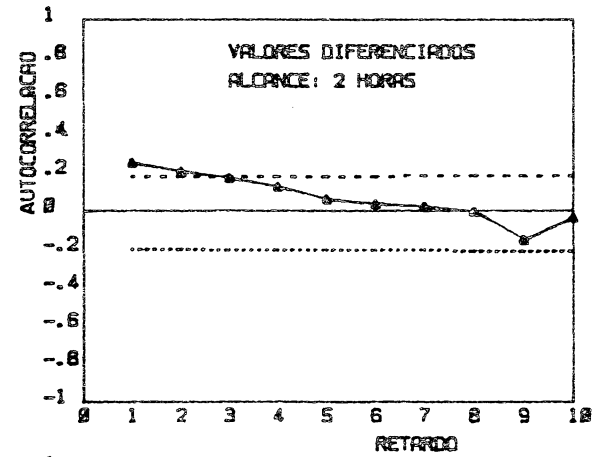
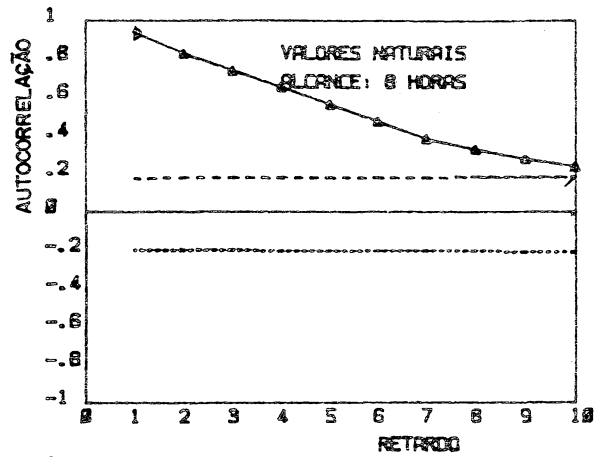
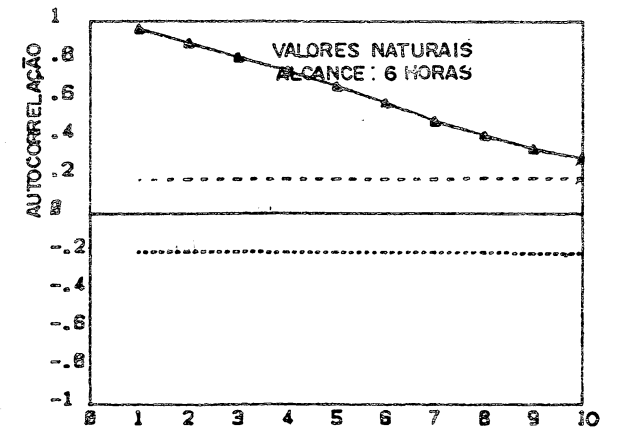
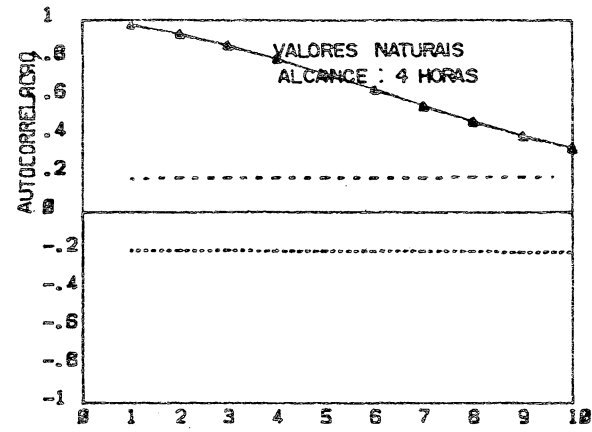
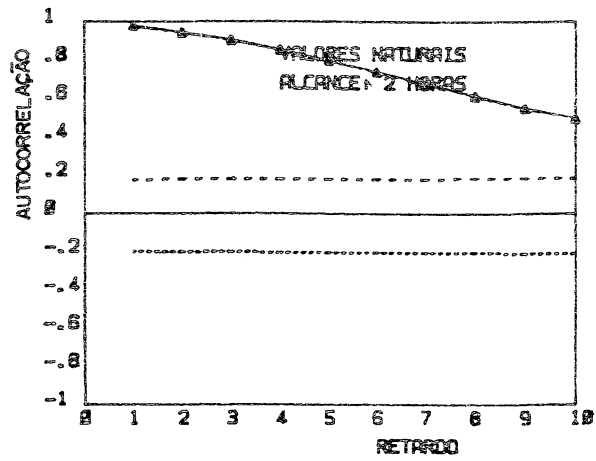


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83
MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.49

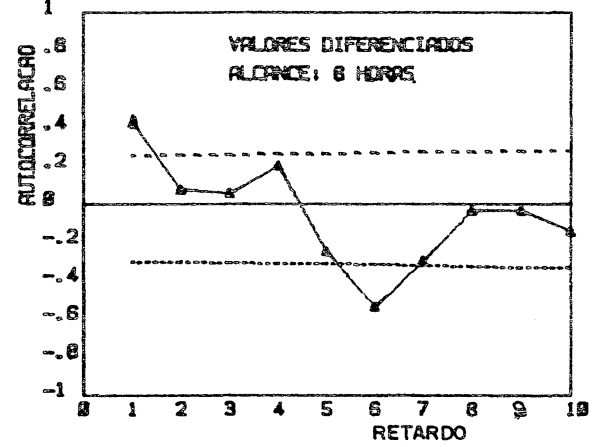
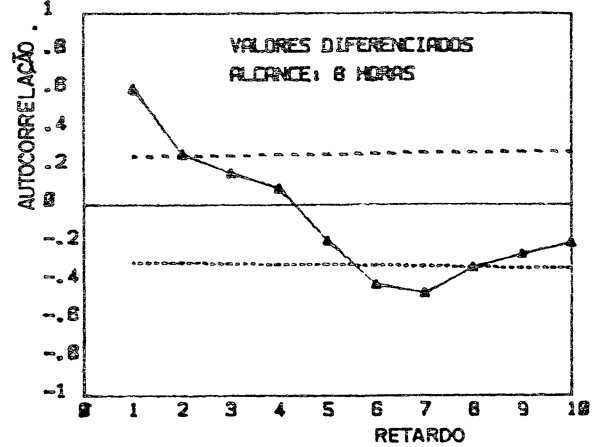
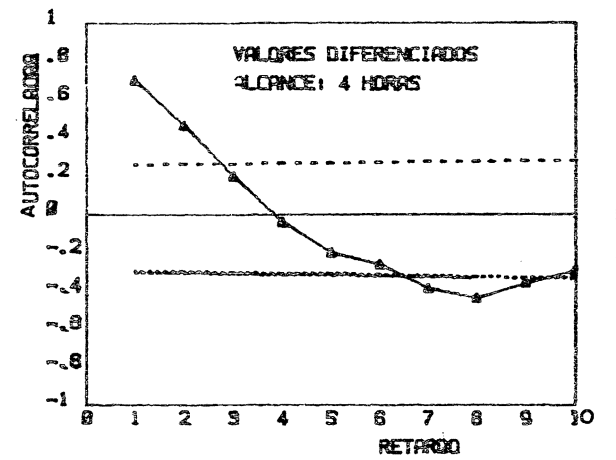
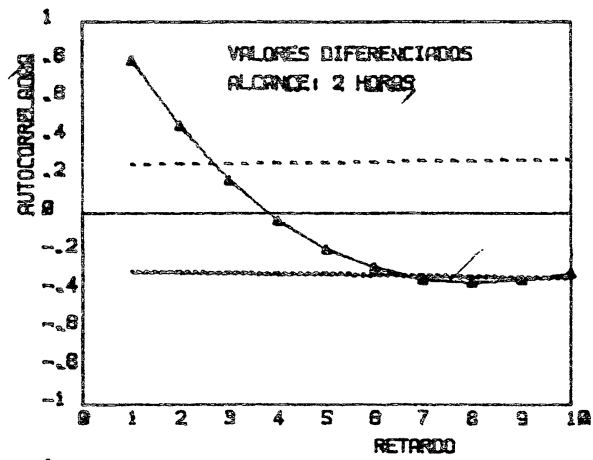
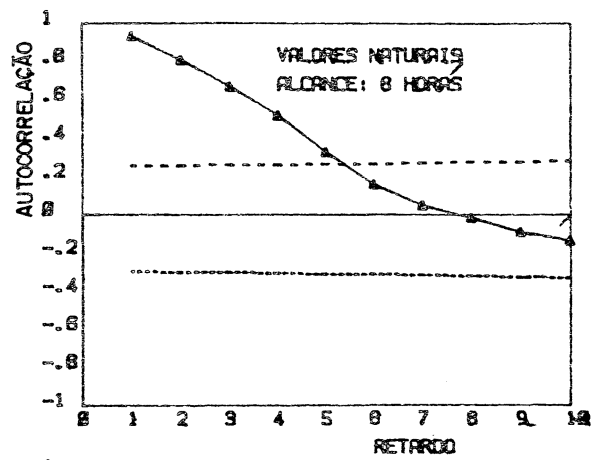
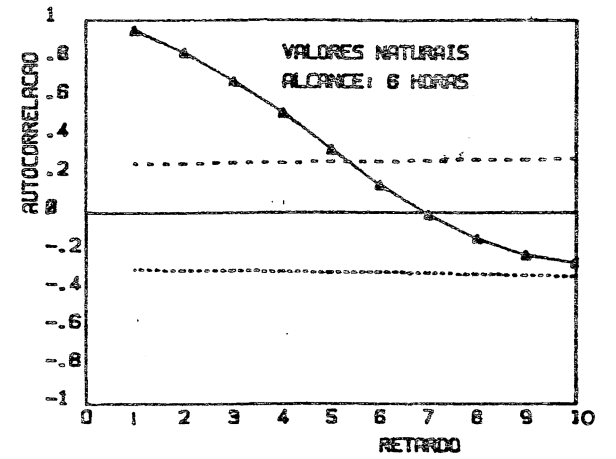
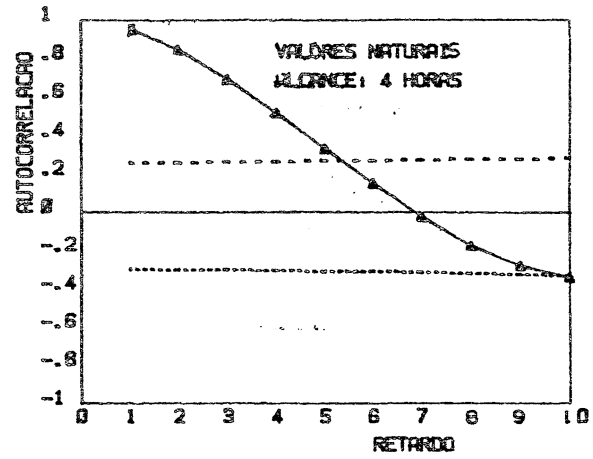
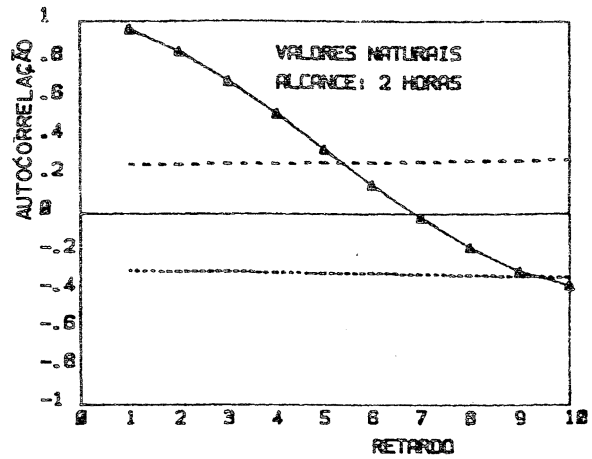


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONE. +95%
 - INT. CONE. -95%

EVENTO : 07/83
MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.50



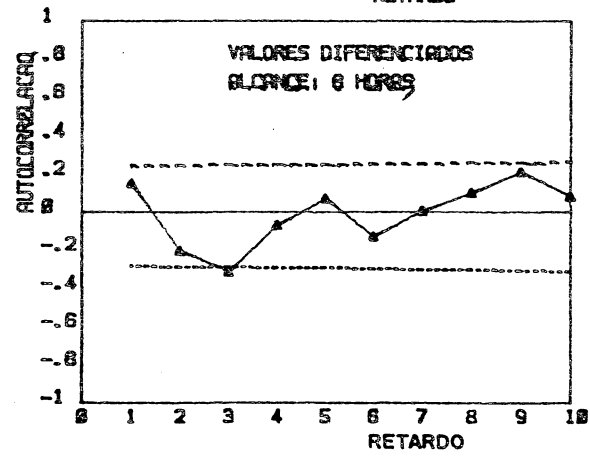
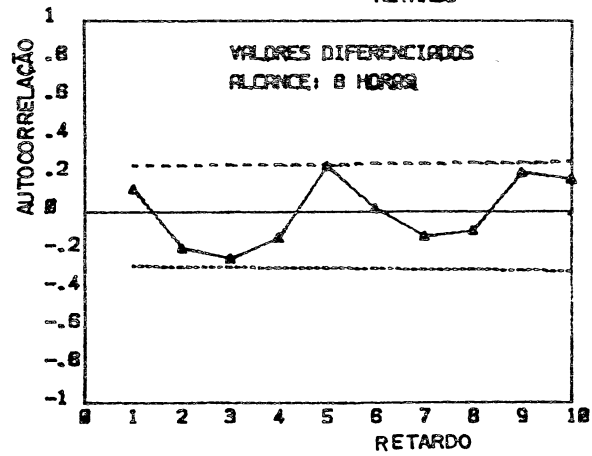
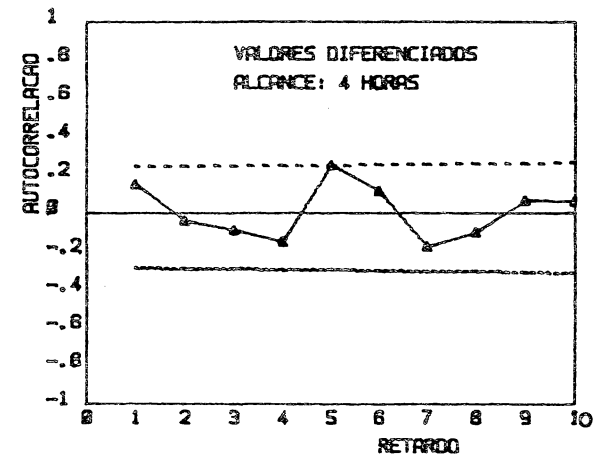
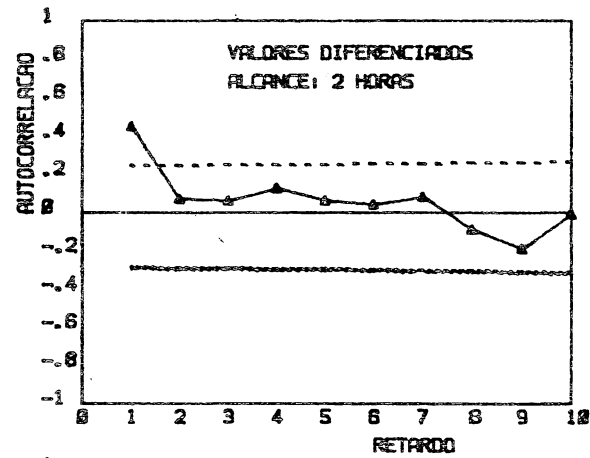
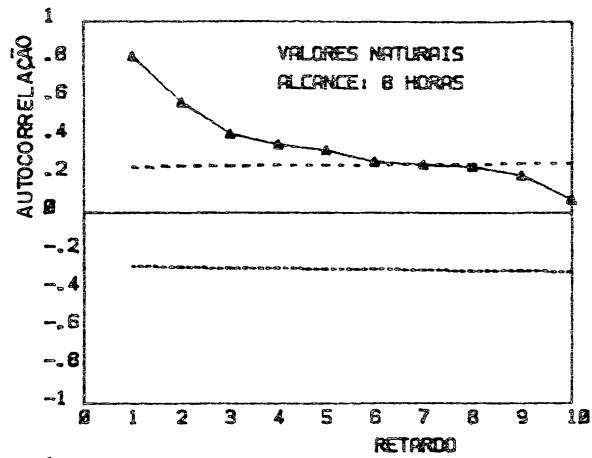
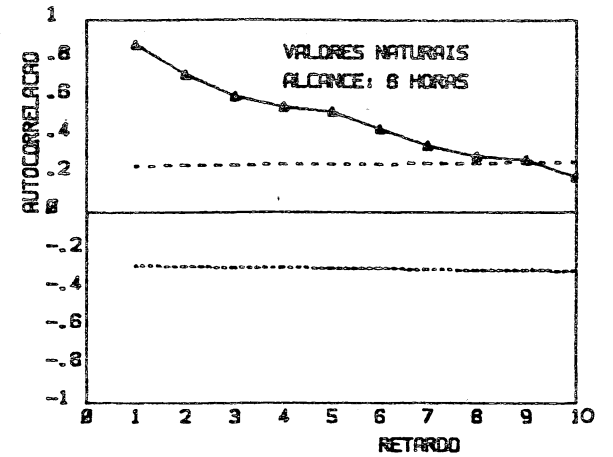
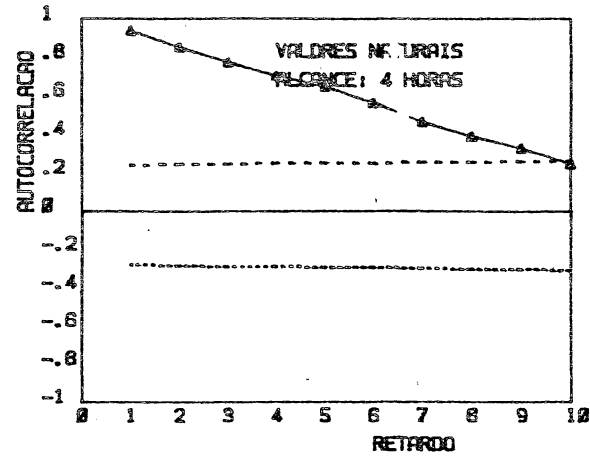
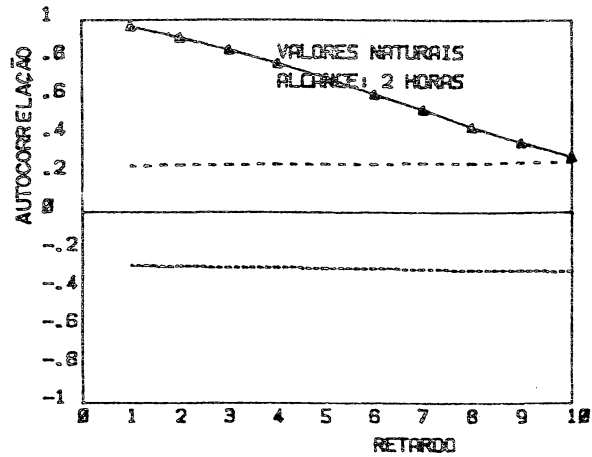
FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83

MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.51

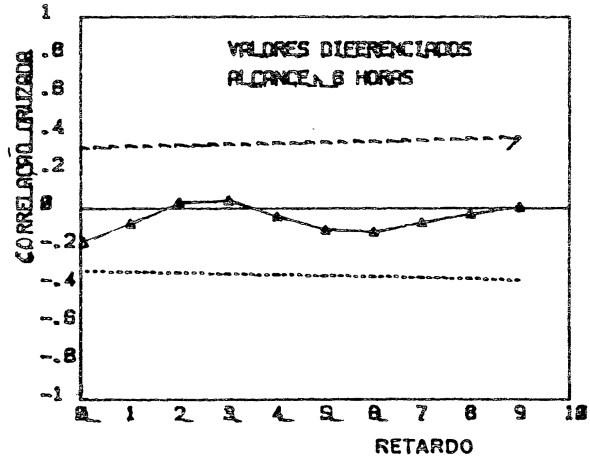
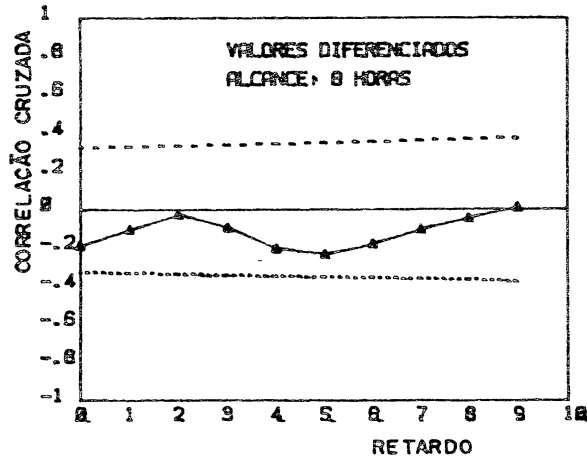
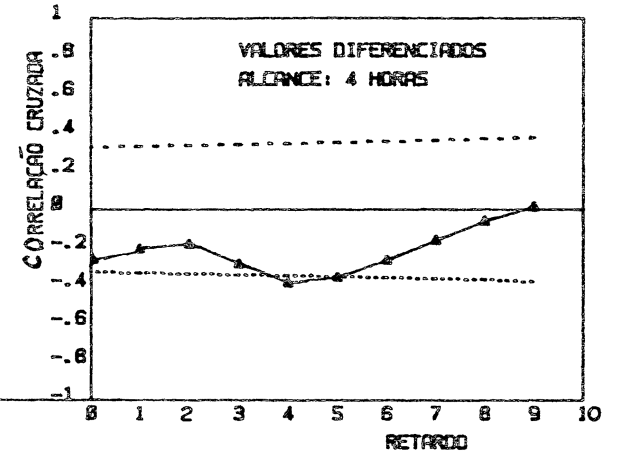
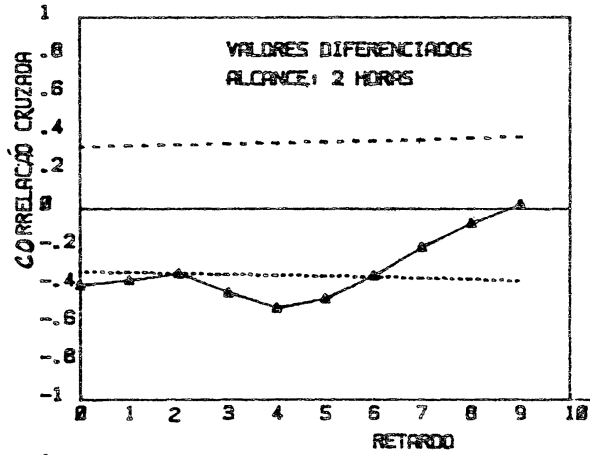
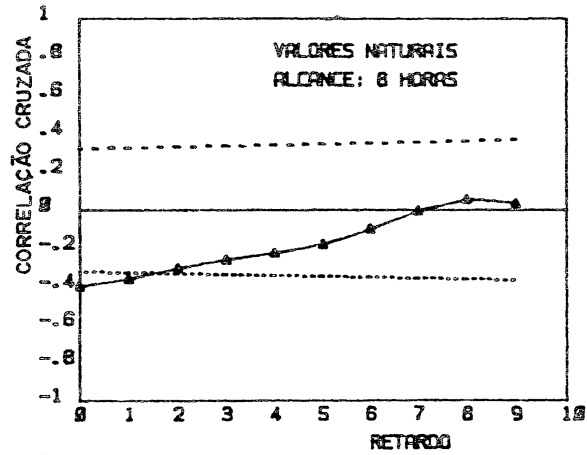
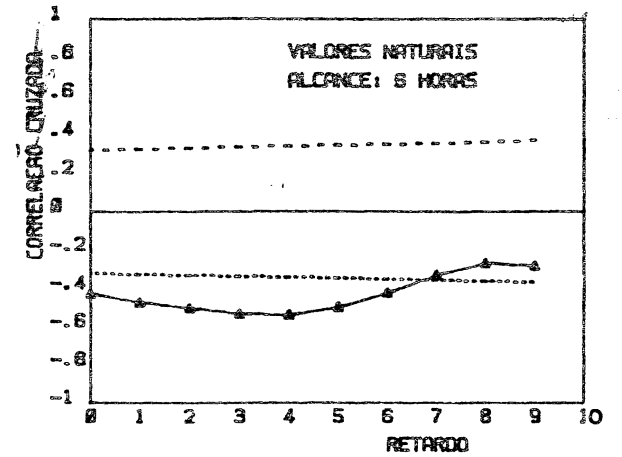
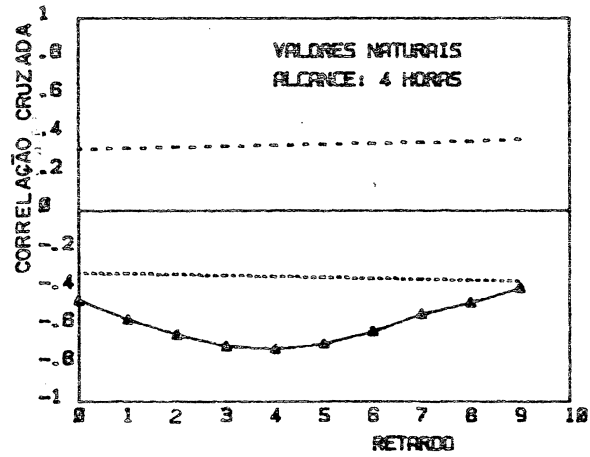
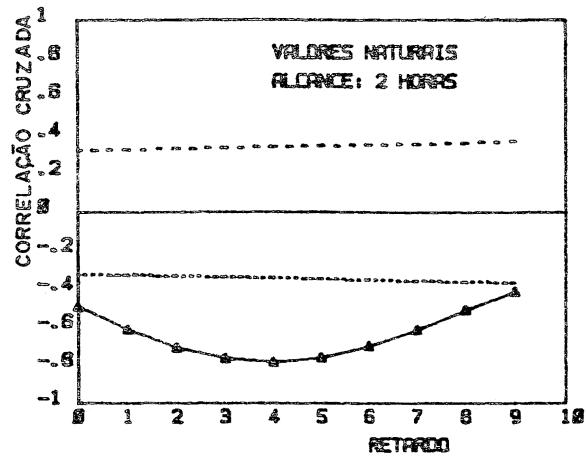


FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
 - - - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84
 MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.52



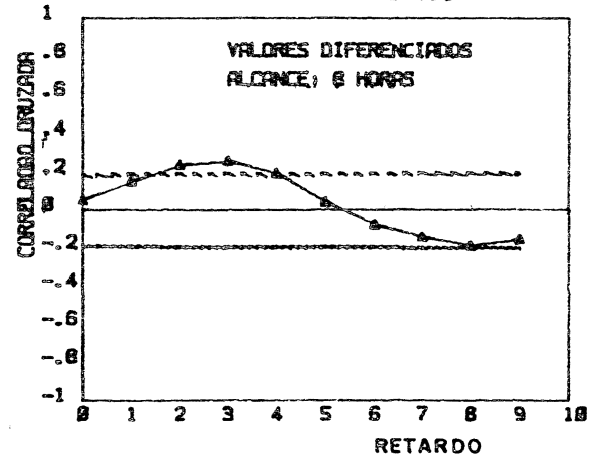
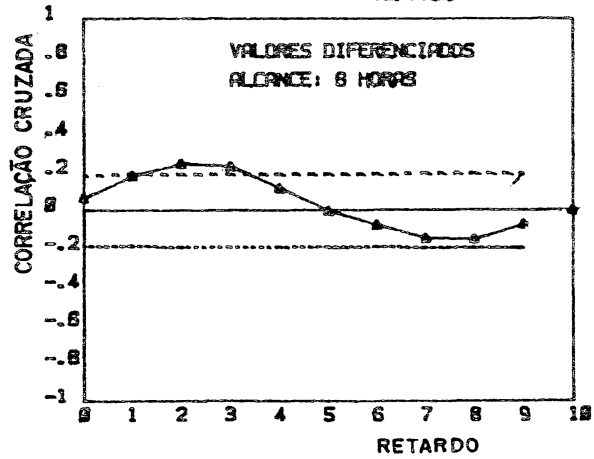
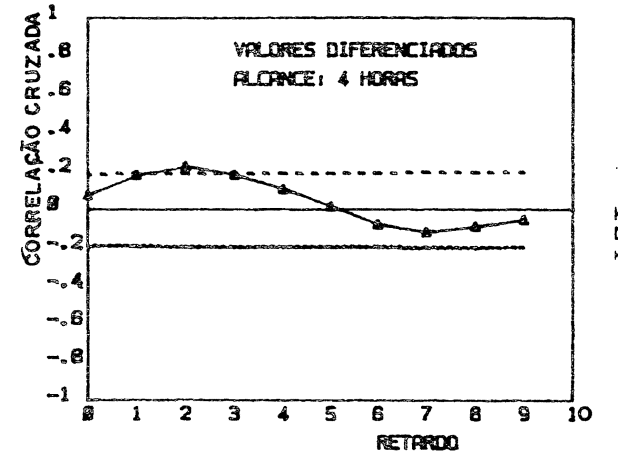
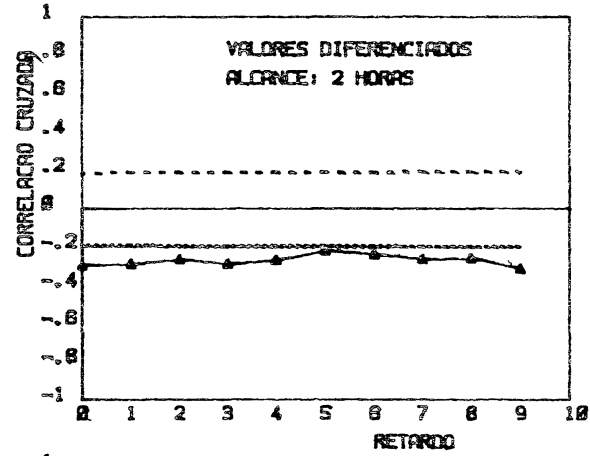
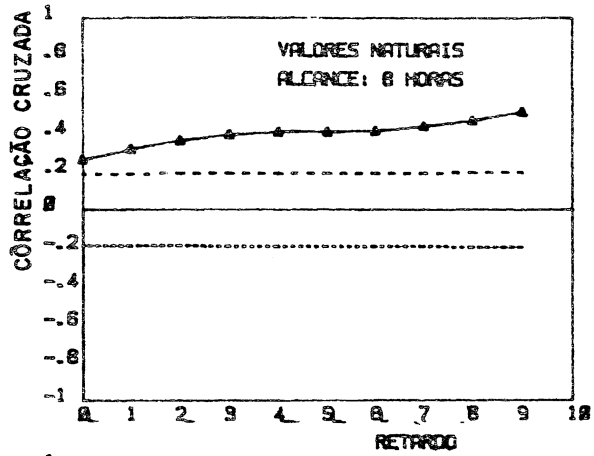
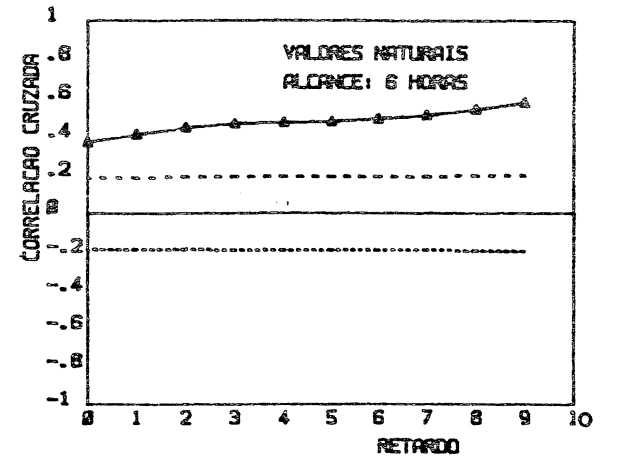
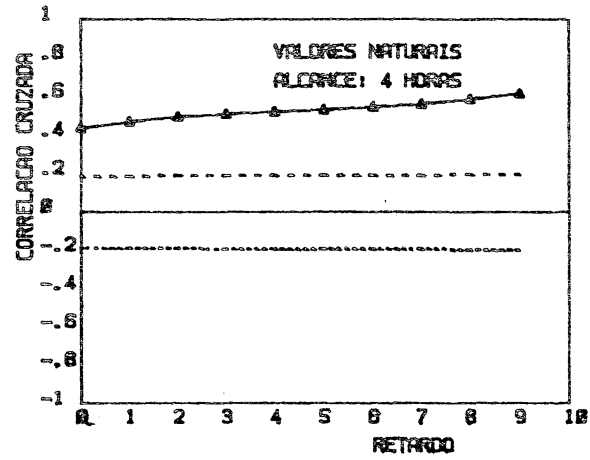
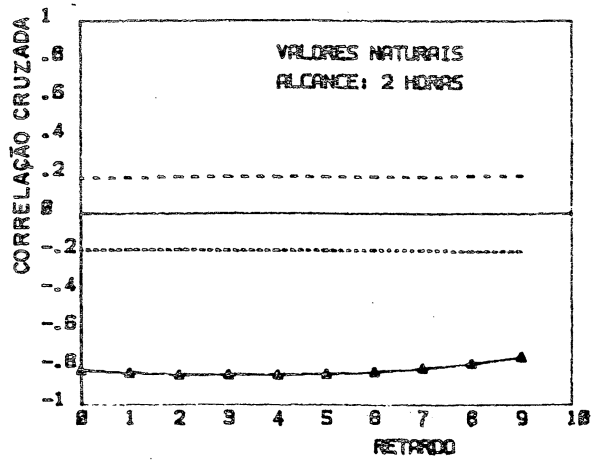
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- ▲-▲ CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83

MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.53



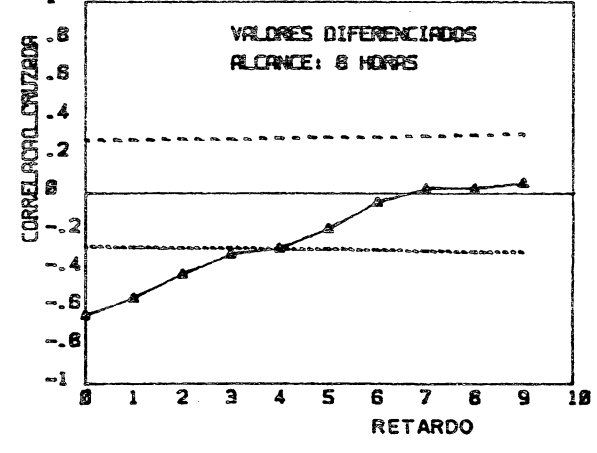
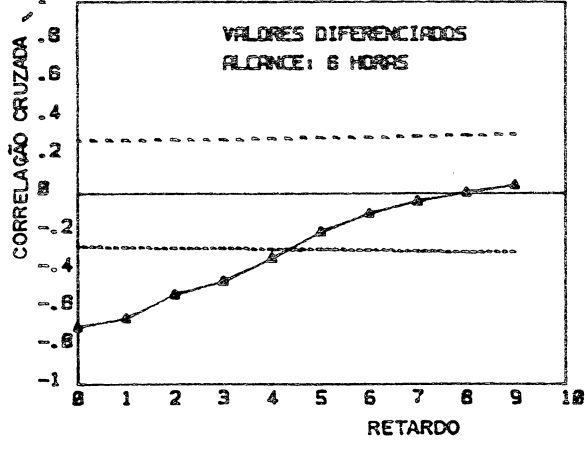
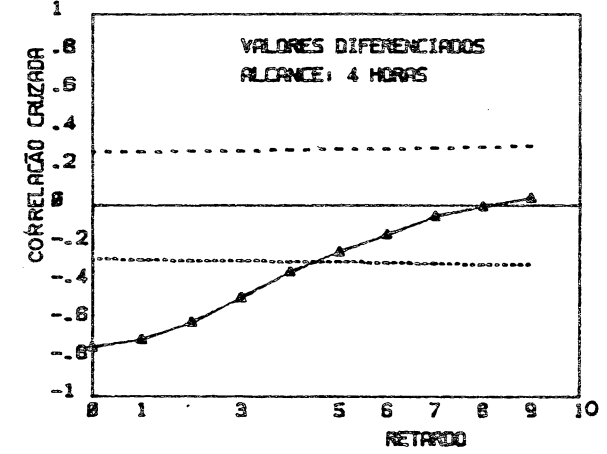
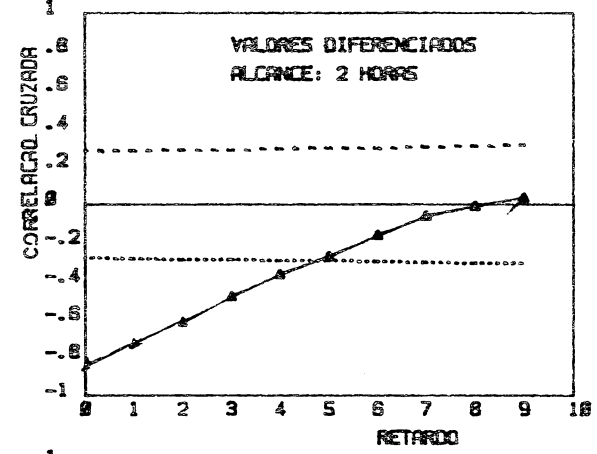
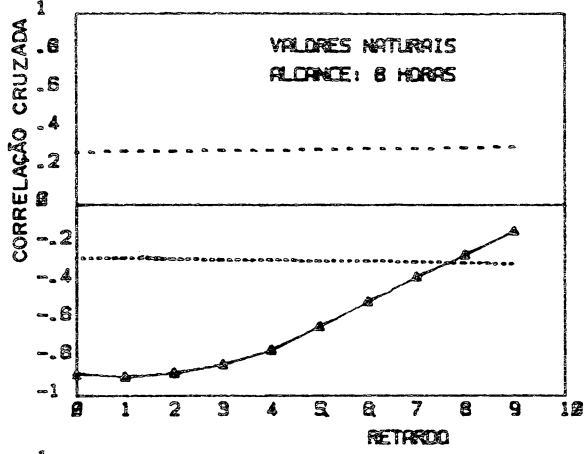
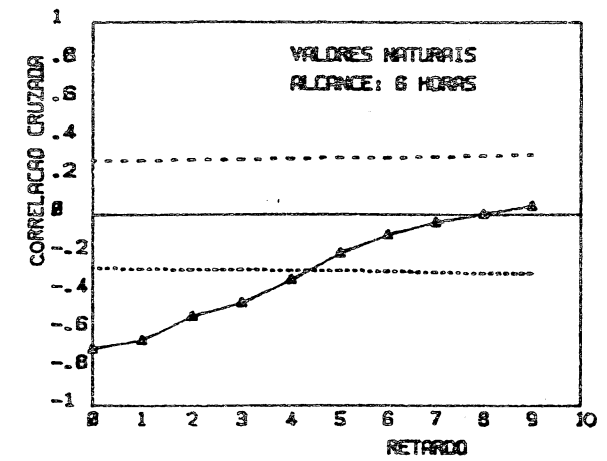
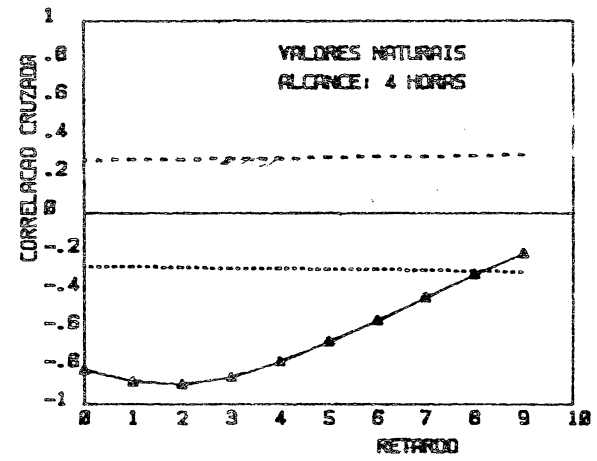
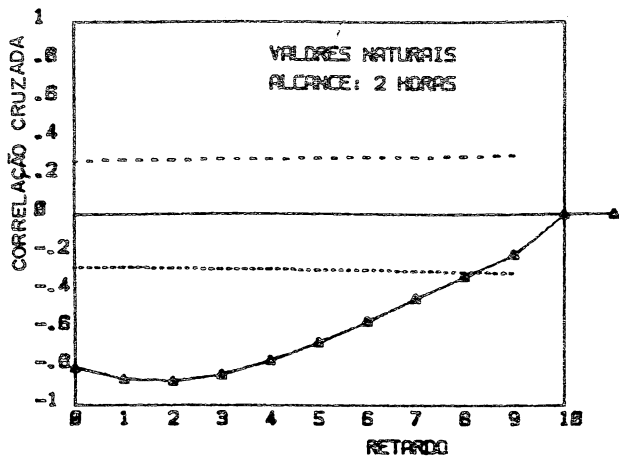
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

LEGENDA
 ▲— CORRELAÇÃO CRUZADA
 - - - INT. CONE. +95%
 - - - INT. CONE. -95%

EVENTO : 07/83

MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.54

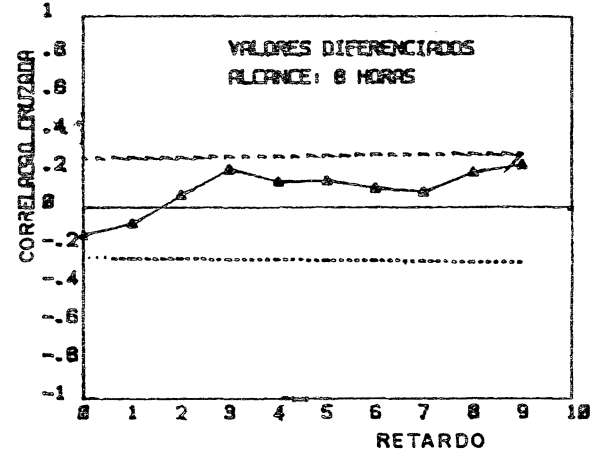
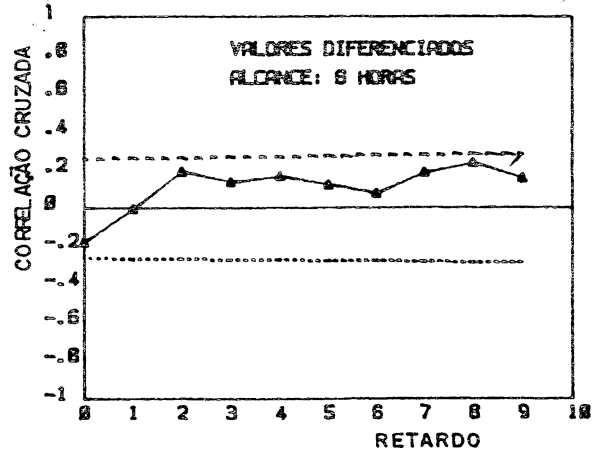
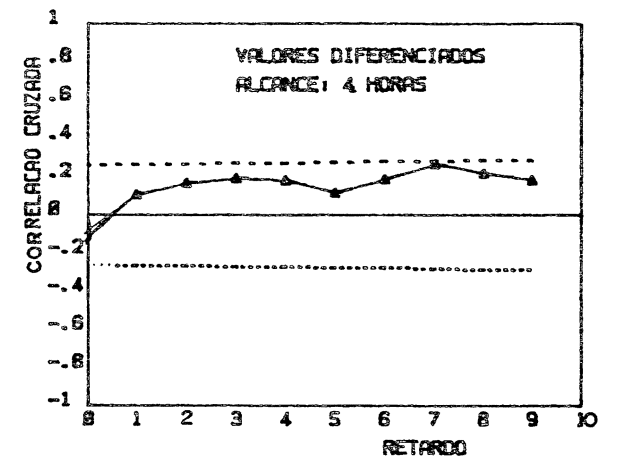
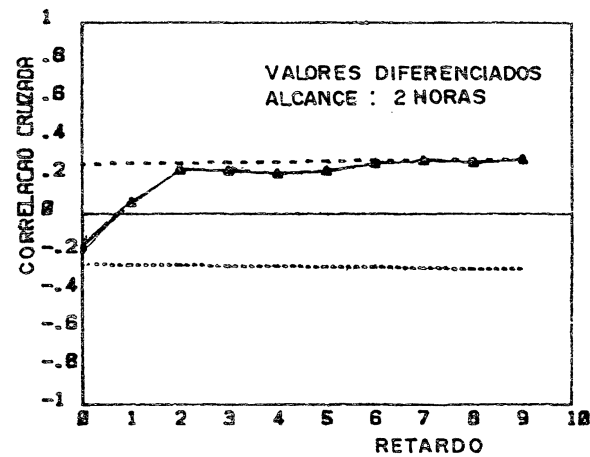
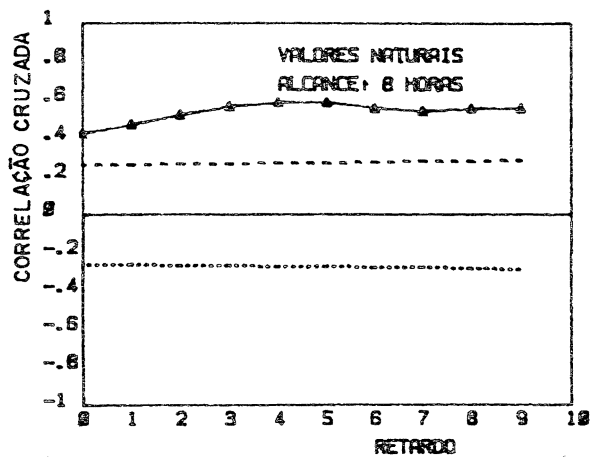
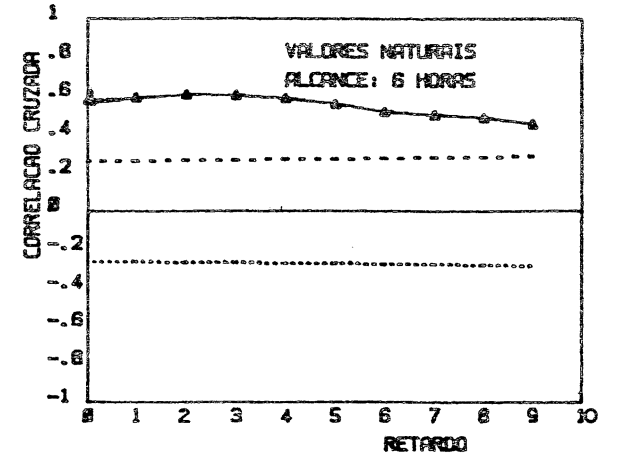
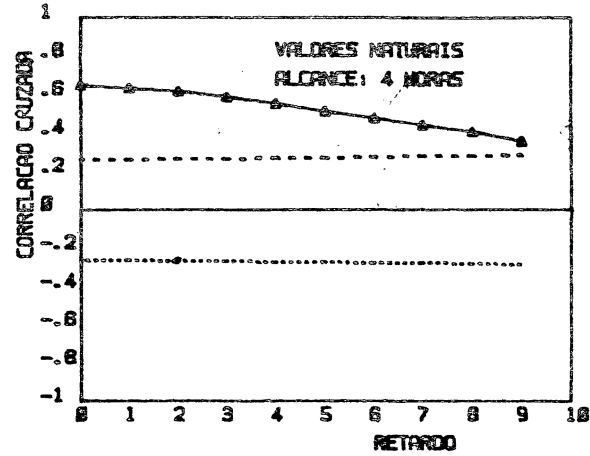
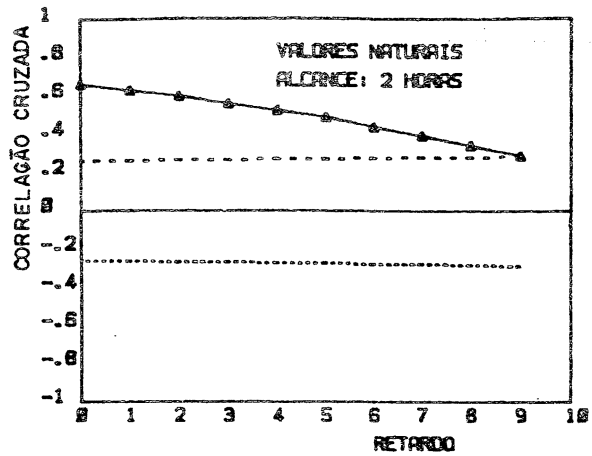


FUNCAO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83
 MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.55



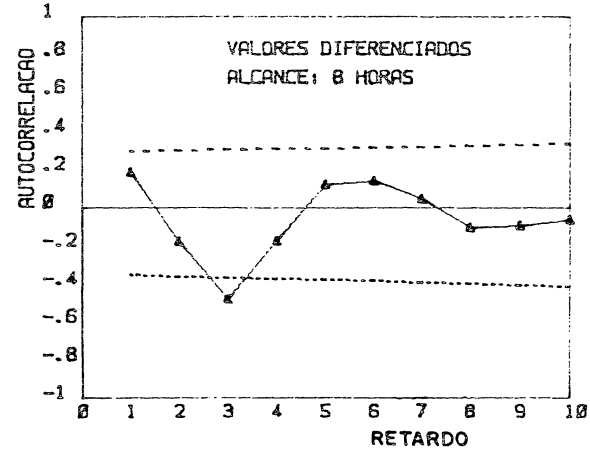
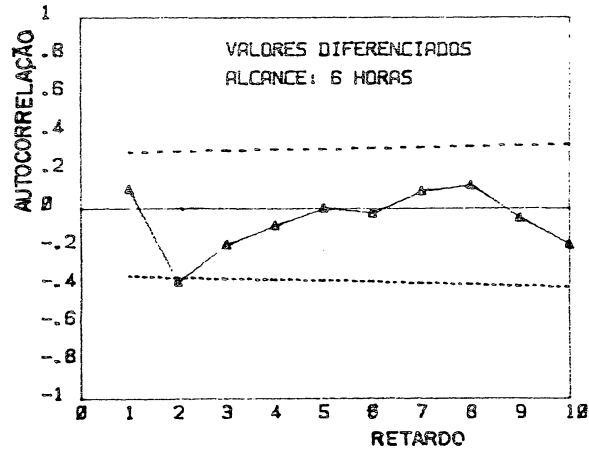
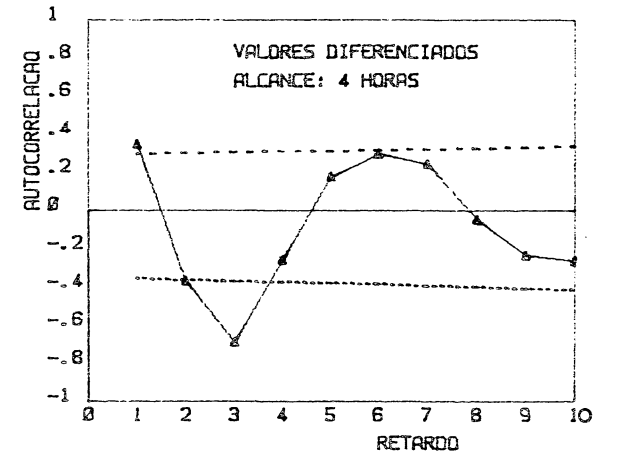
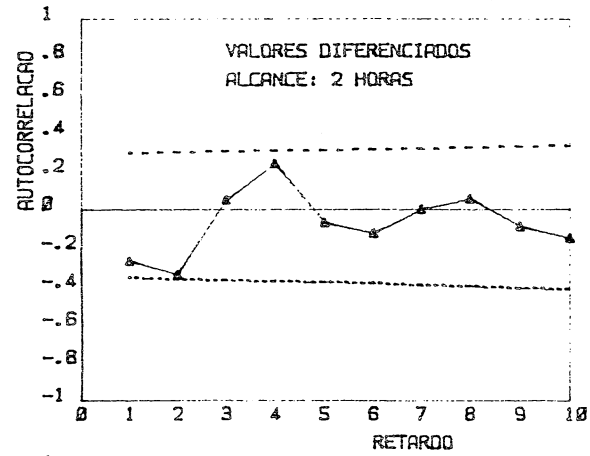
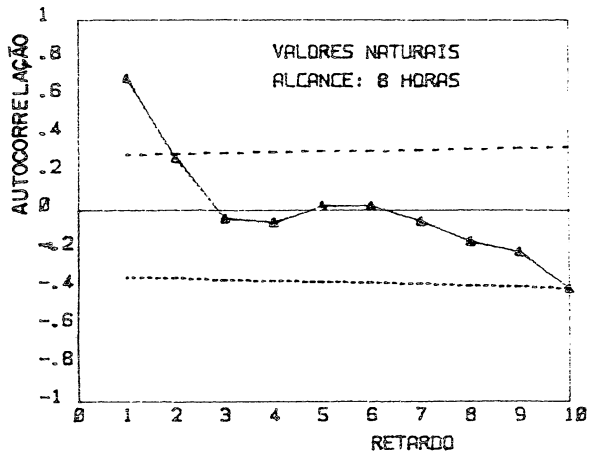
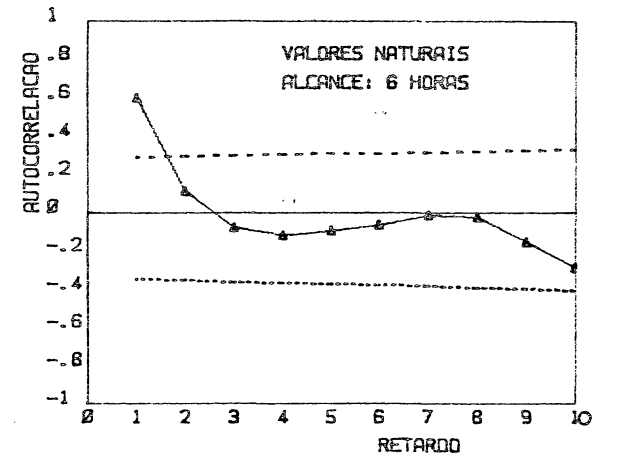
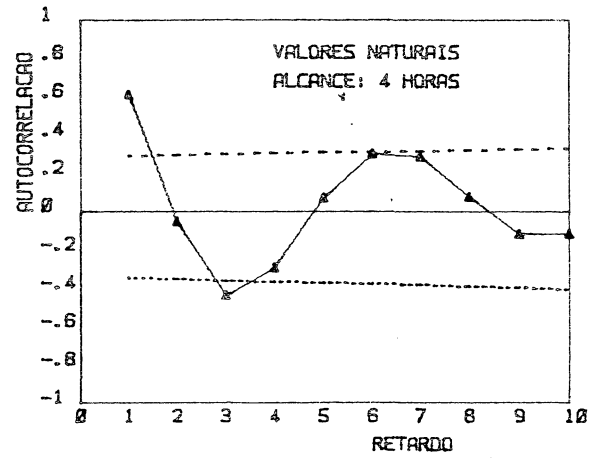
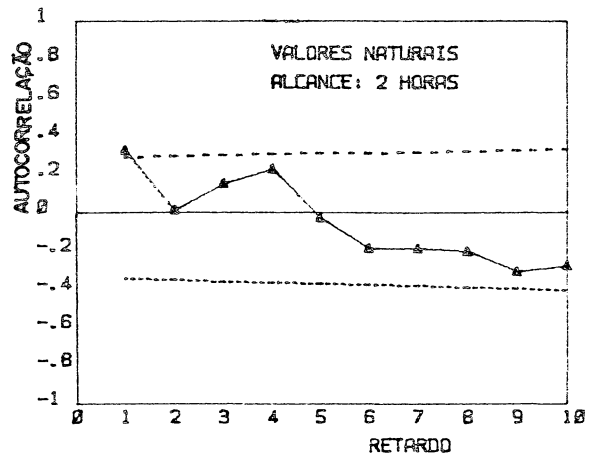
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- ▲— CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84

MODELO : IPH-II

FIGURA : 5.56



FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

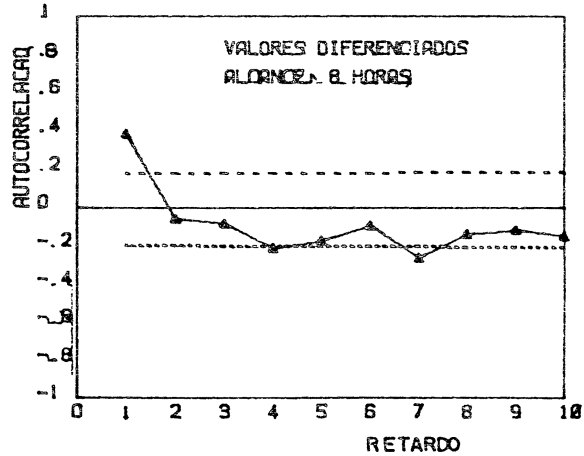
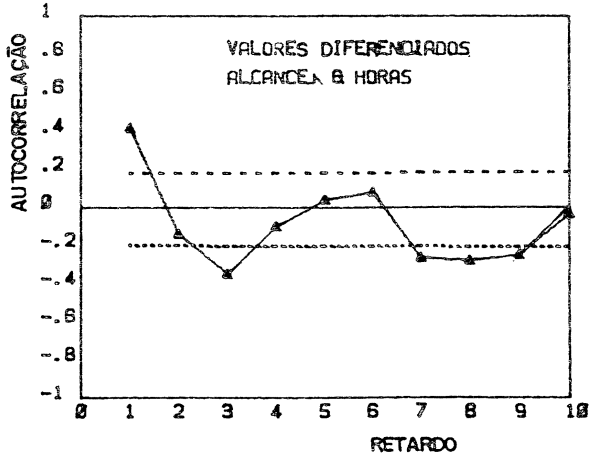
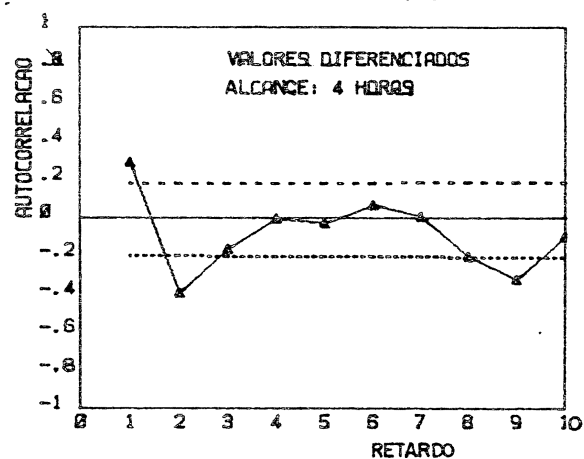
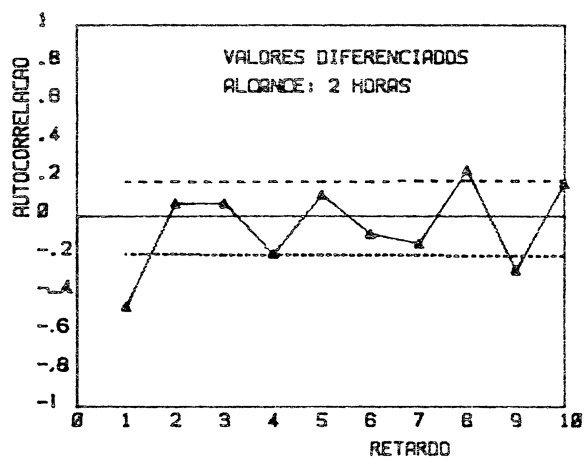
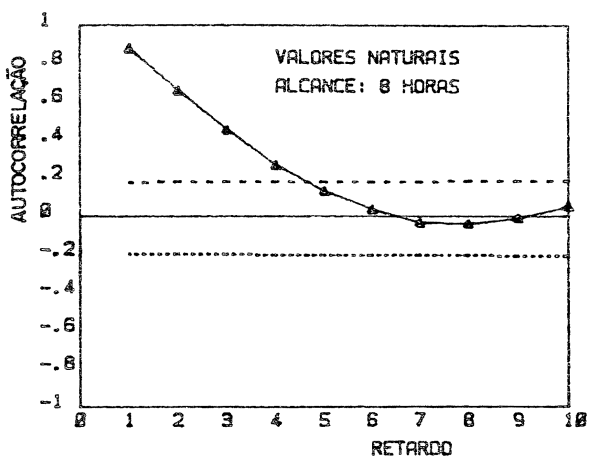
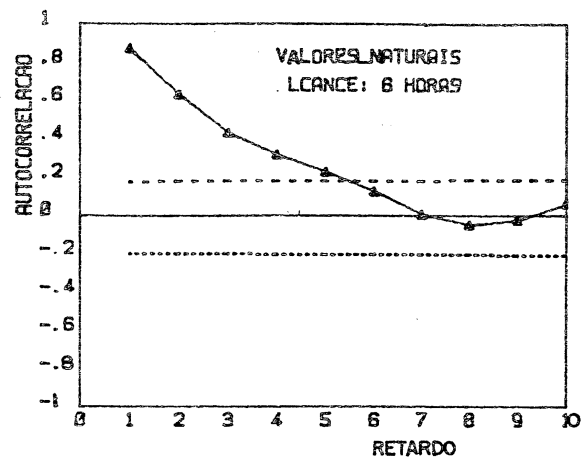
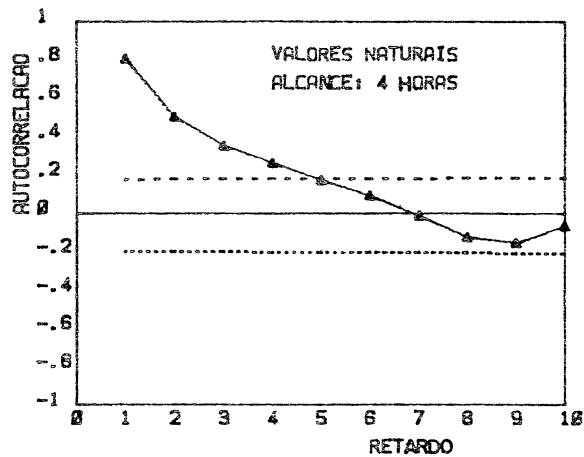
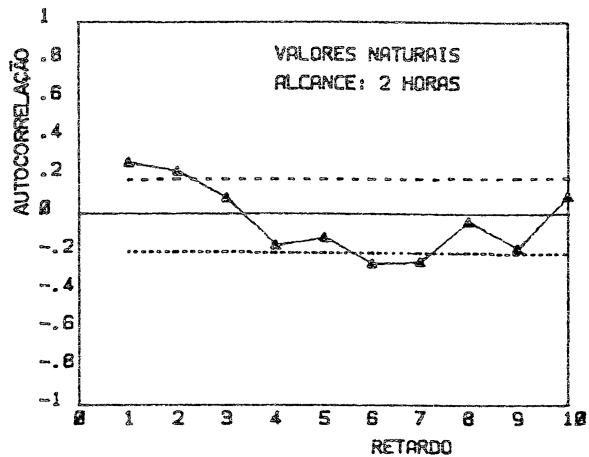
LEGENDA

- ▲— AUTOCORRELAÇÃO
- - - INT. CONF. +95%
- · · INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83

MODELO : IPH-II +ARIMAX

FIGURA 15.57



EUNCAO AUTOCORRELAÇÃO

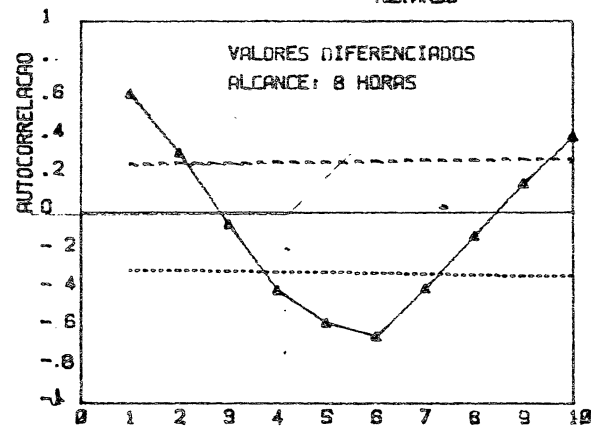
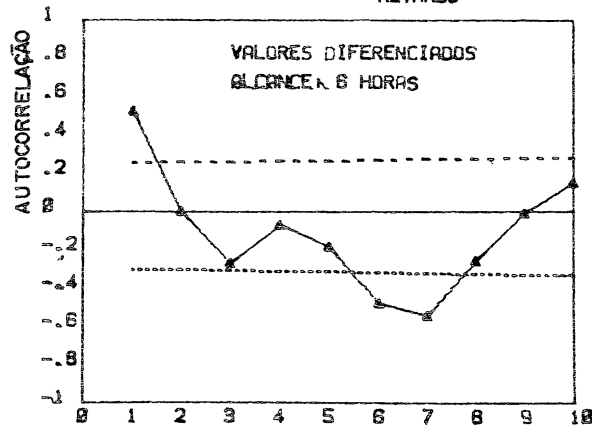
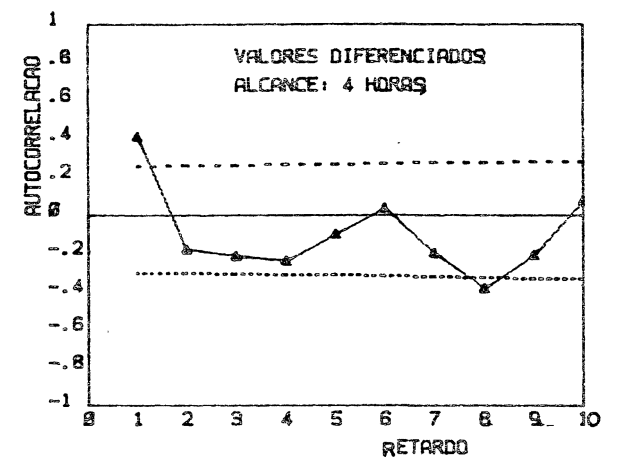
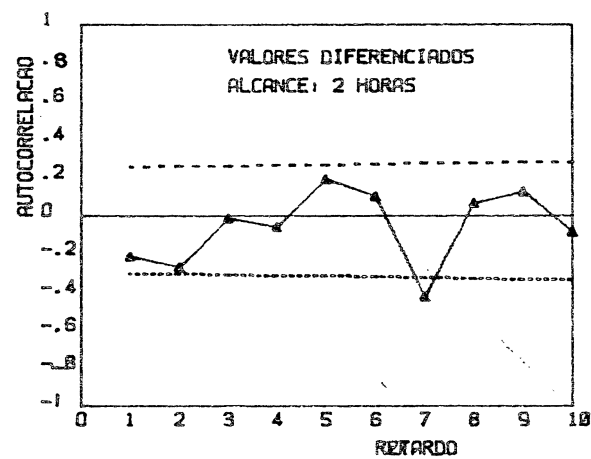
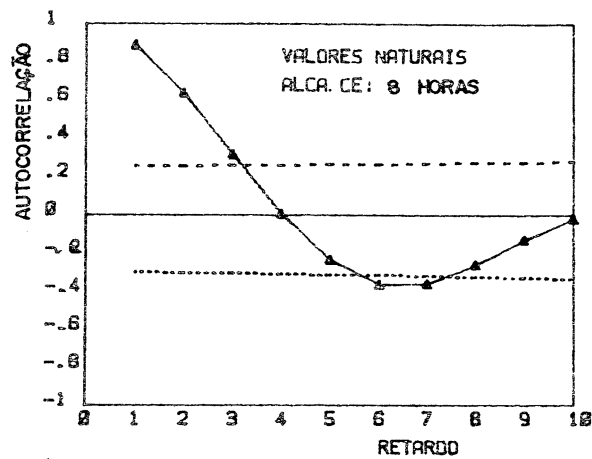
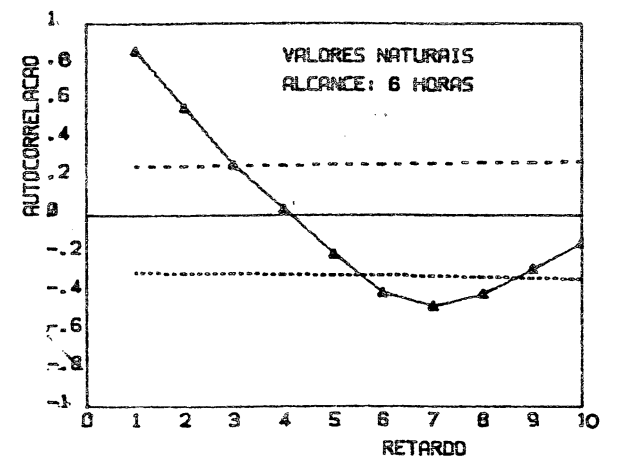
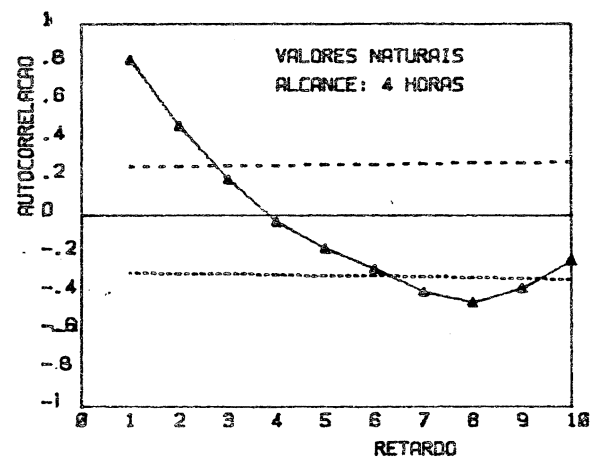
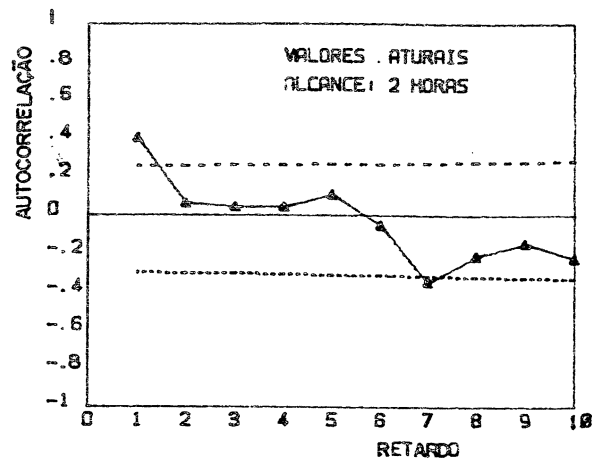
LEGENDA

- ▲—▲ AUTOCORRELAÇÃO
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO : 07/83

MODELO :IPH-II + ARIMAX

FIGURA : 5.58



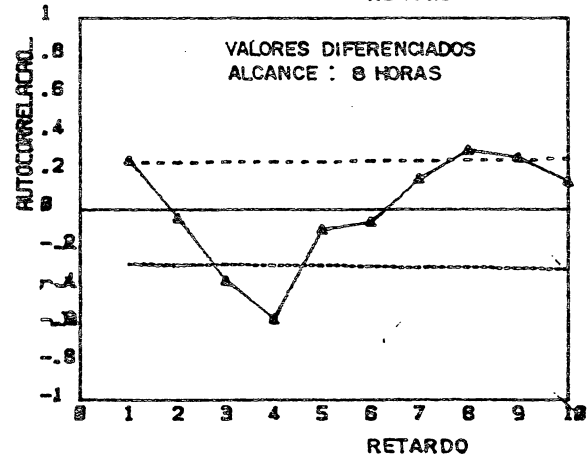
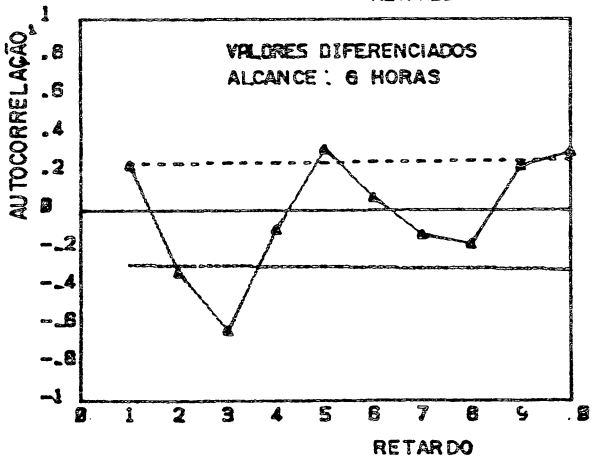
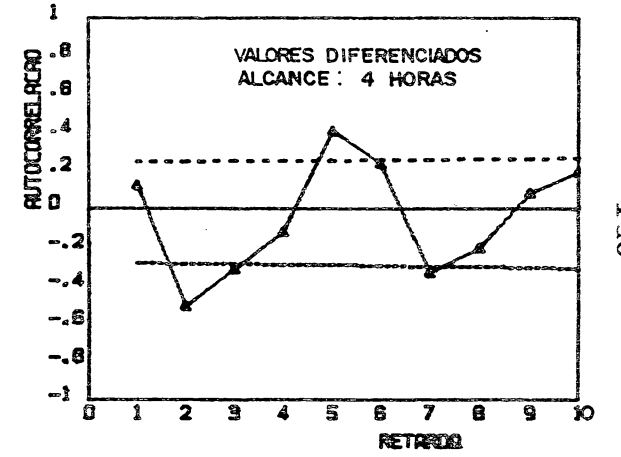
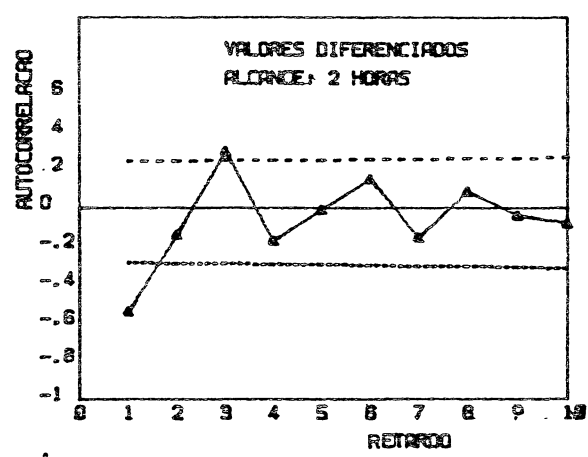
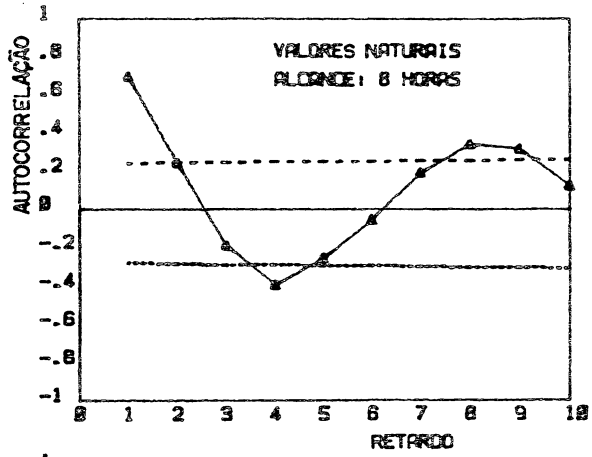
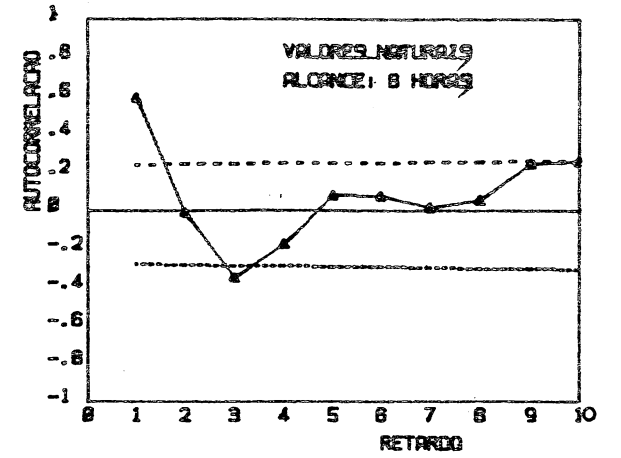
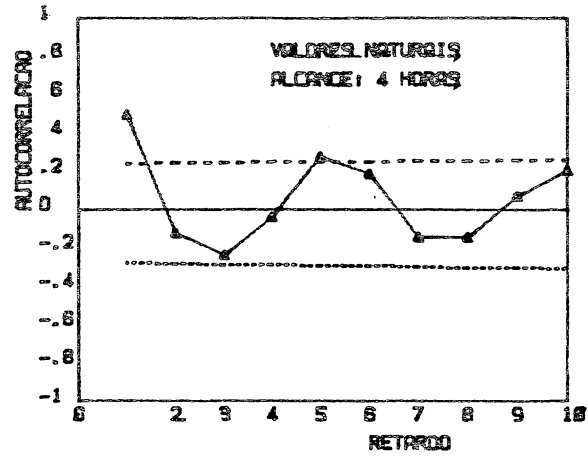
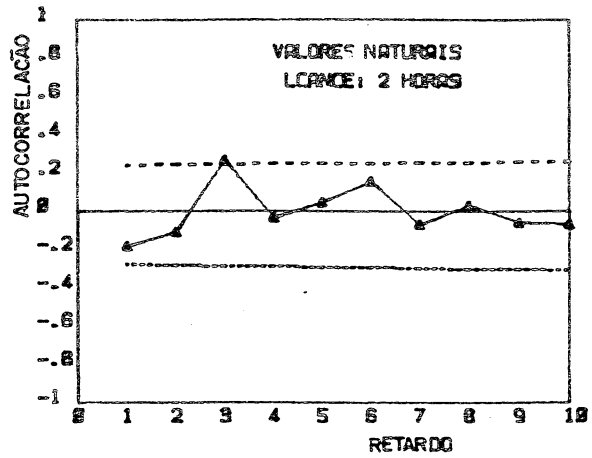
FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

- LEGENDA
- ▲ AUTOCORRELAÇÃO
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 09/83

MODELO : IPH-II + ARIMAX

FIGURA : 5.59



FUNÇÃO AUTOCORRELAÇÃO

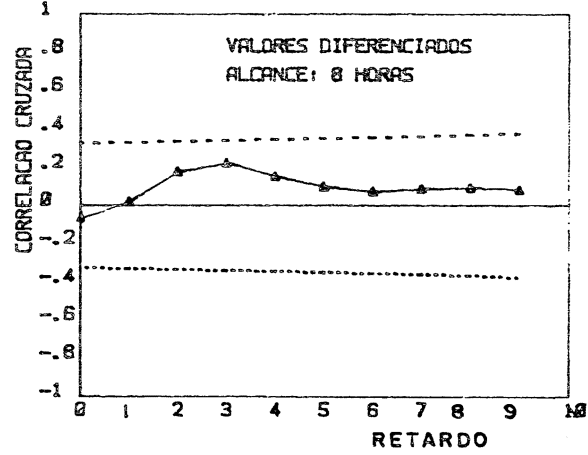
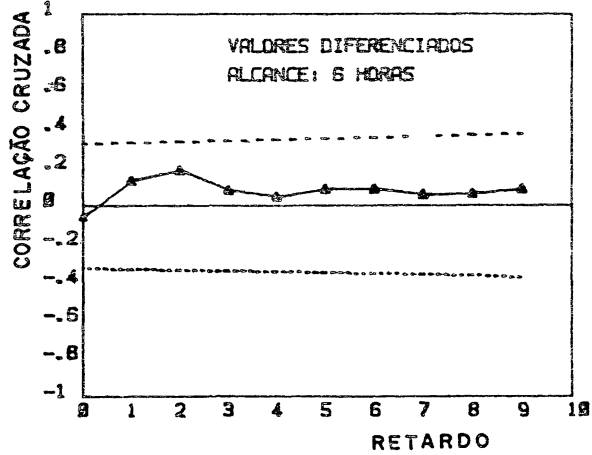
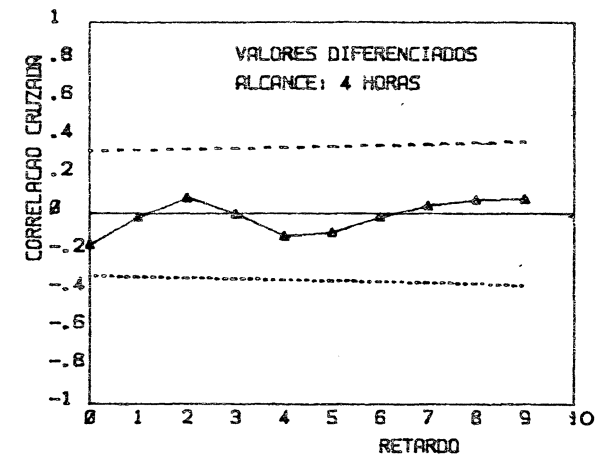
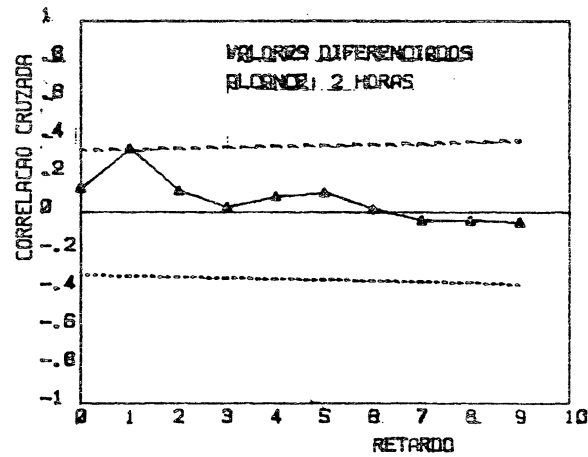
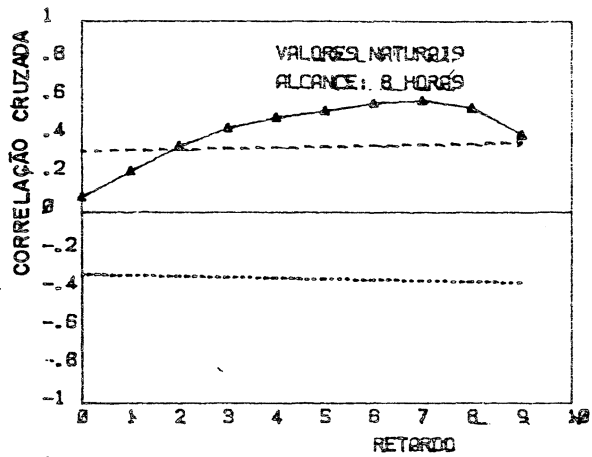
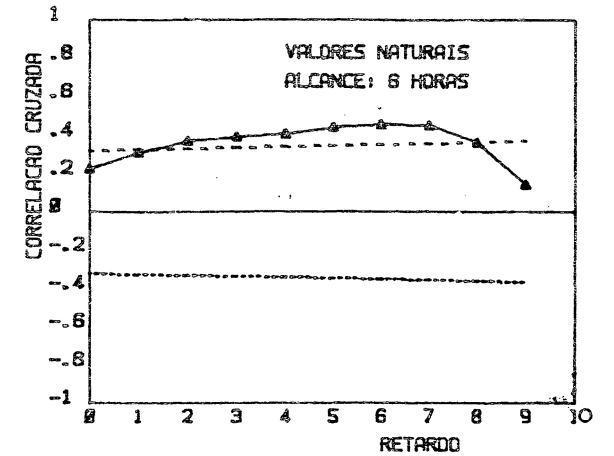
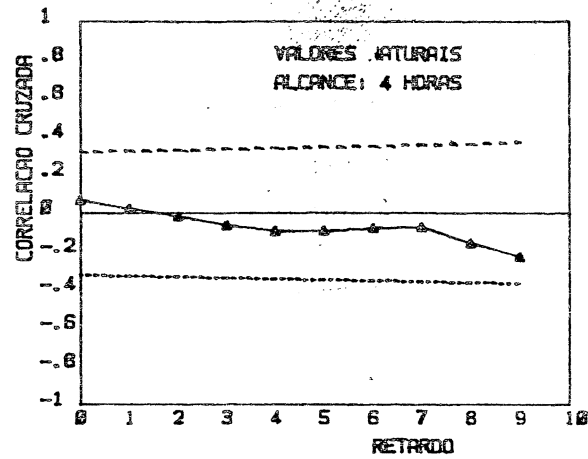
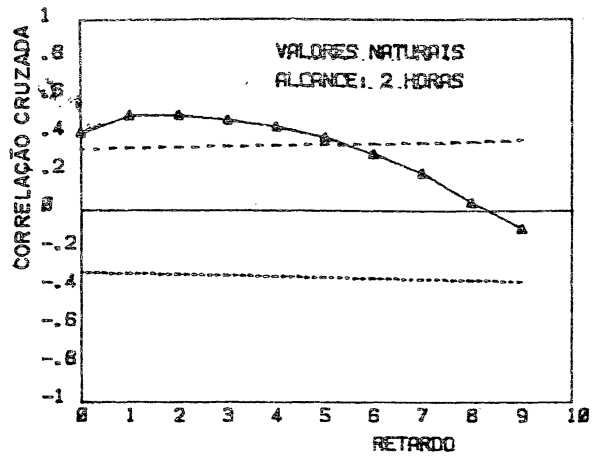
LEGENDA

- AUTOCORRELAÇÃO
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84

MODELO : IPH-II +ARIMAX

FIGURA : 5.60



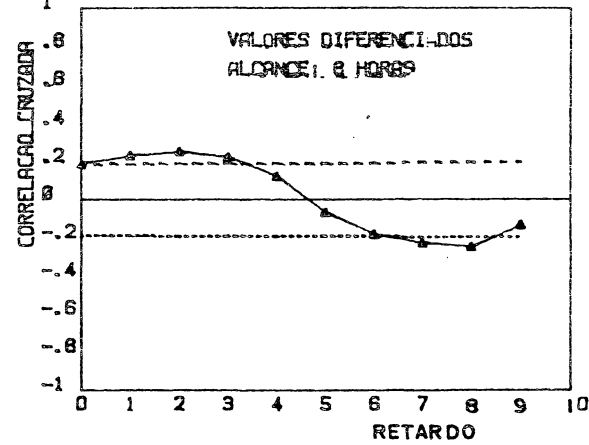
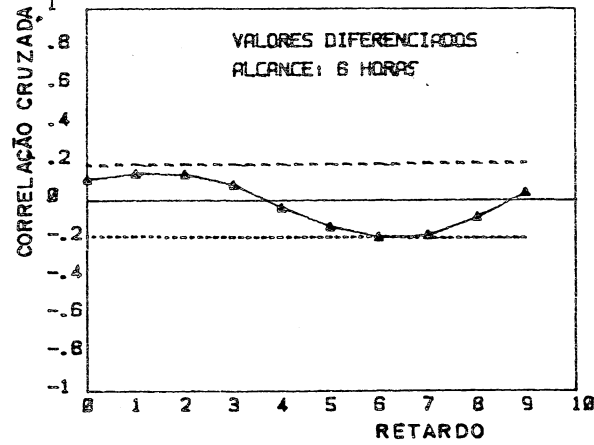
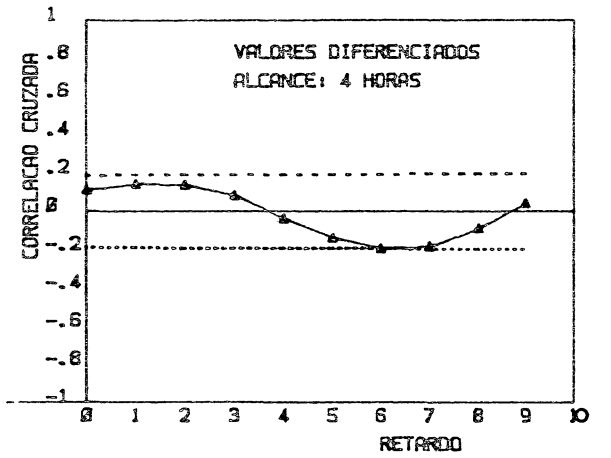
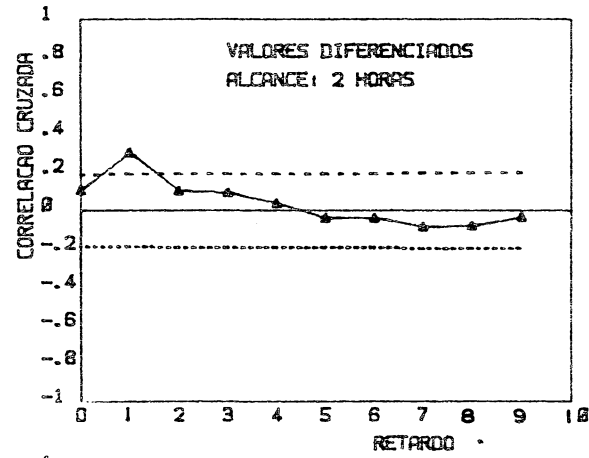
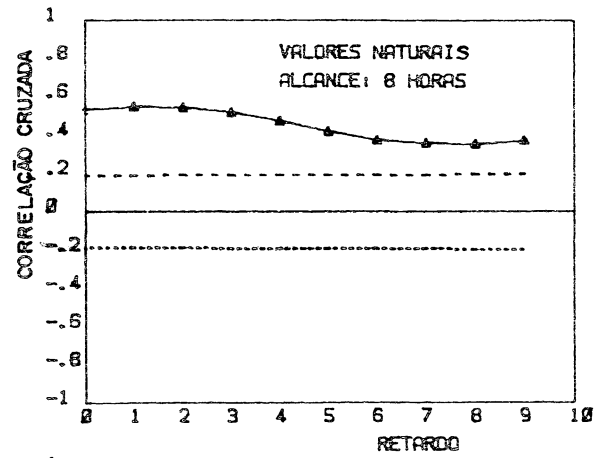
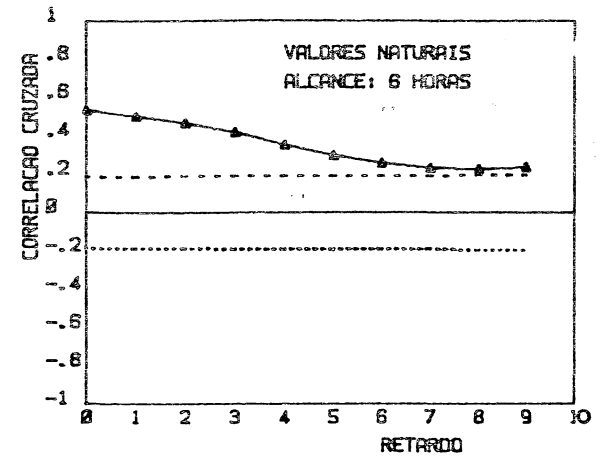
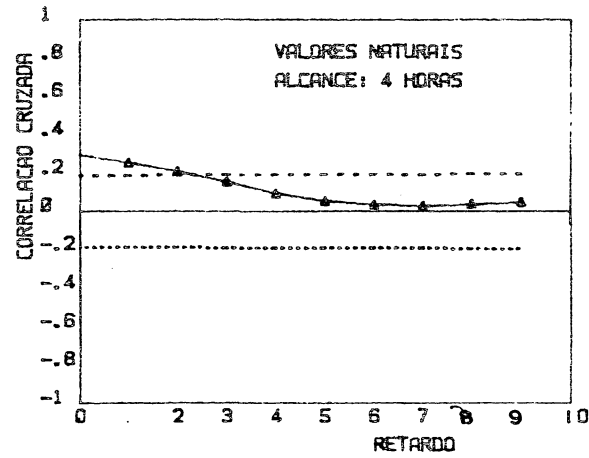
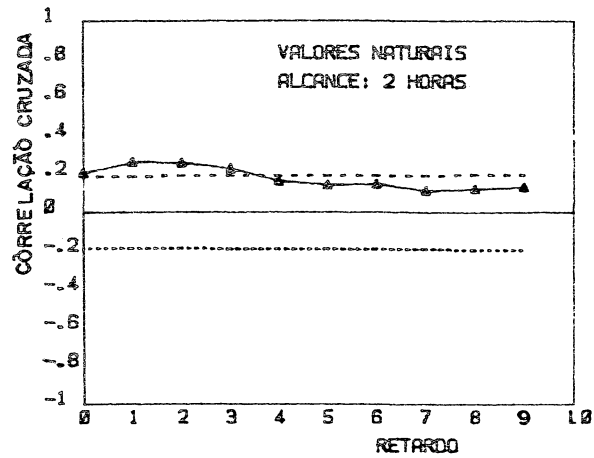
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- ▲— CORRELAÇÃO CRUZADA
 - INT. CONF. +95%
 - INT. CONF. -95%

EVENTO : 05/83

MODELO : IPH-II + ARIMAX

FIGURA : 5.61



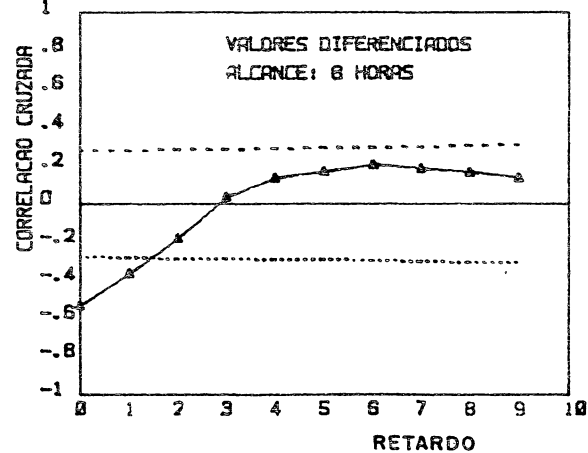
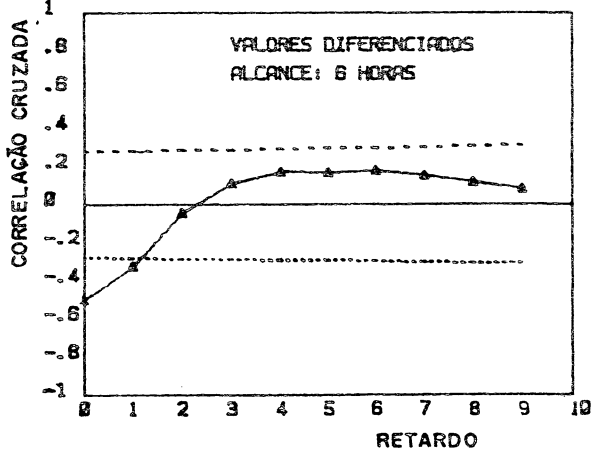
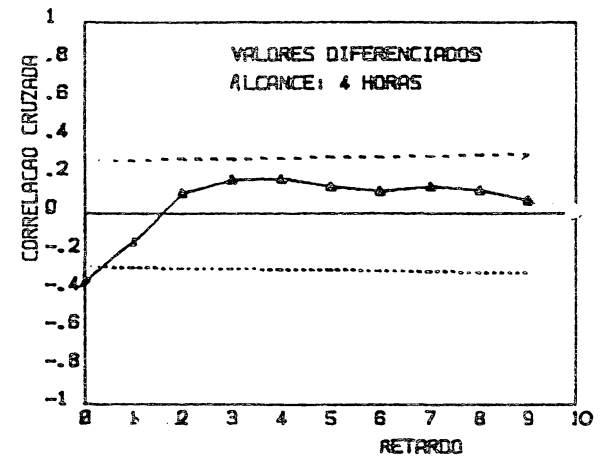
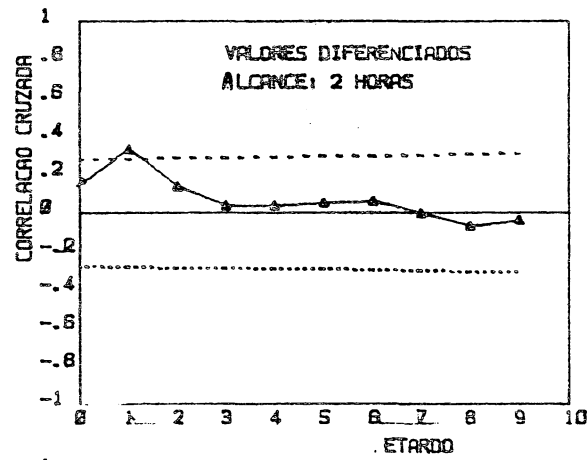
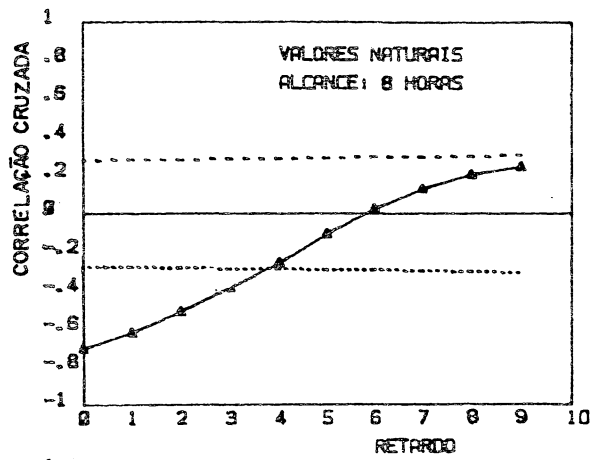
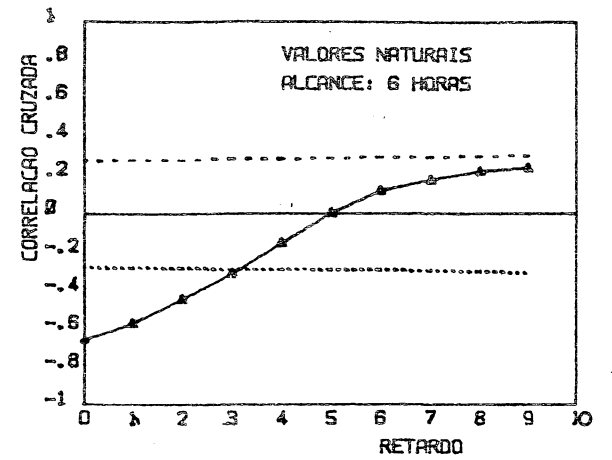
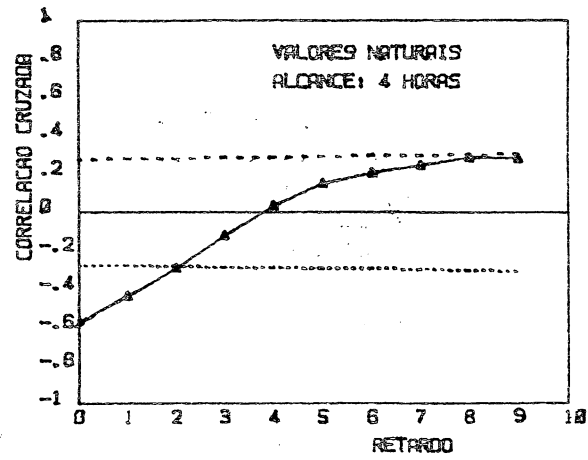
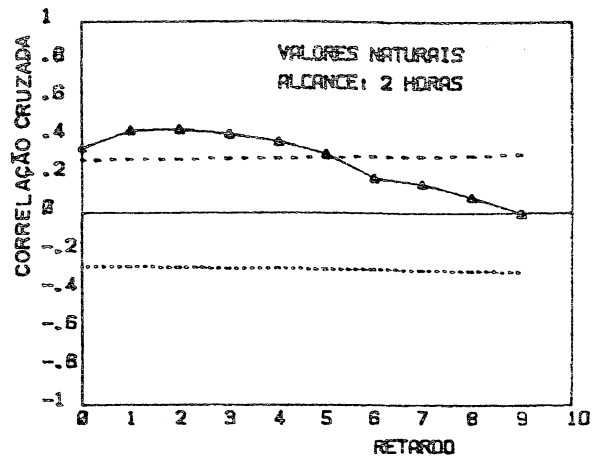
FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

- LEGENDA
- CORRELAÇÃO CRUZADA
 - - - INT. CONF. +95%
 - · · INT. CONF. -95%

EVENTO : 07/83

MODELO : IPH-II + ARIMAX

FIGURA 15.62



FUNÇÃO CORRELAÇÃO CRUZADA

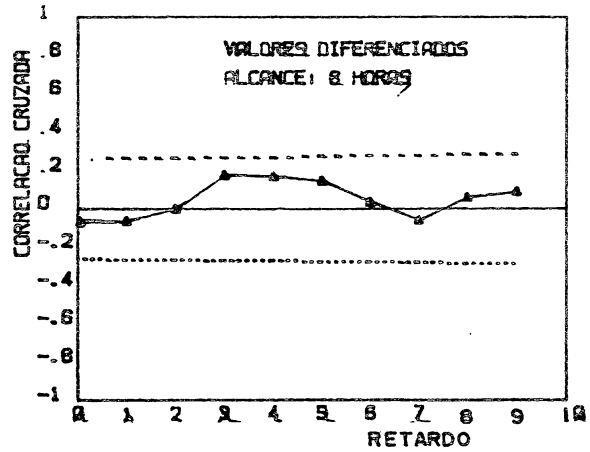
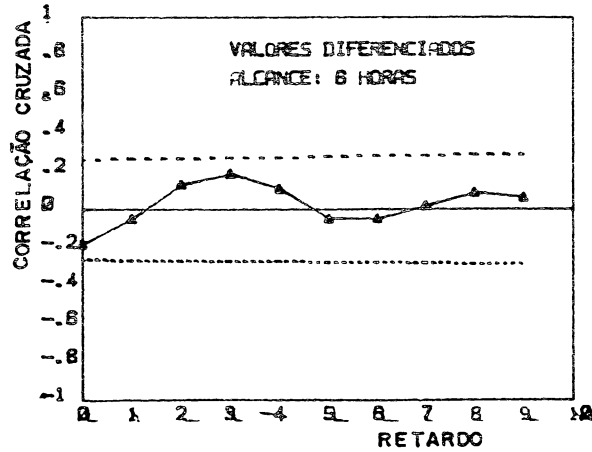
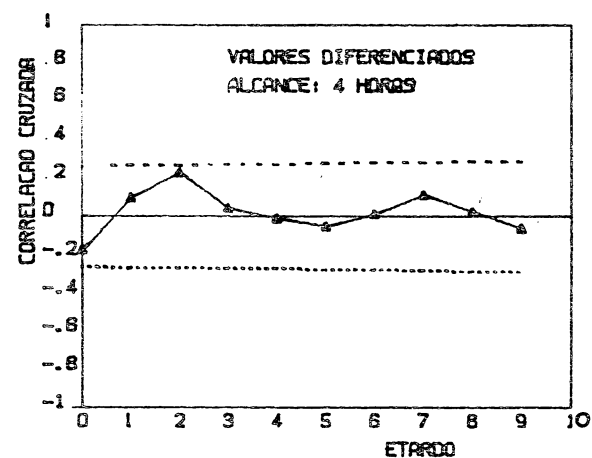
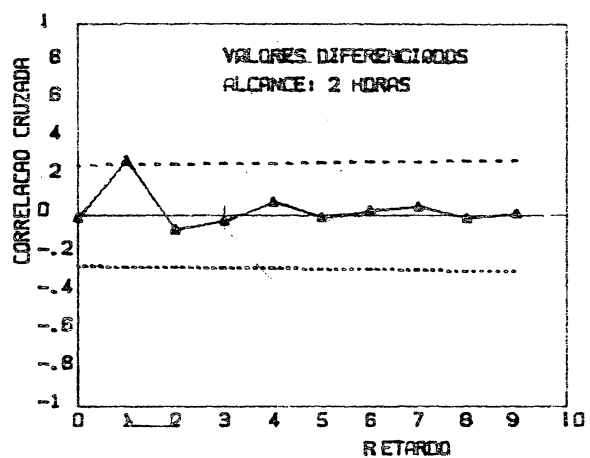
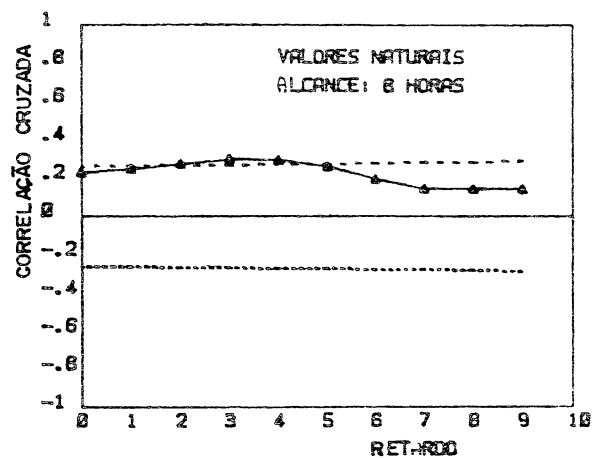
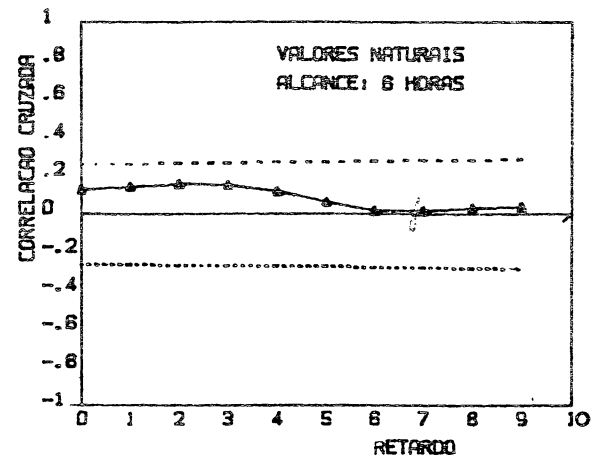
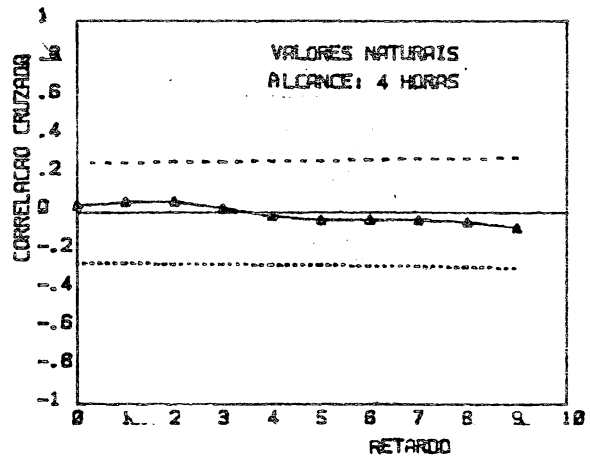
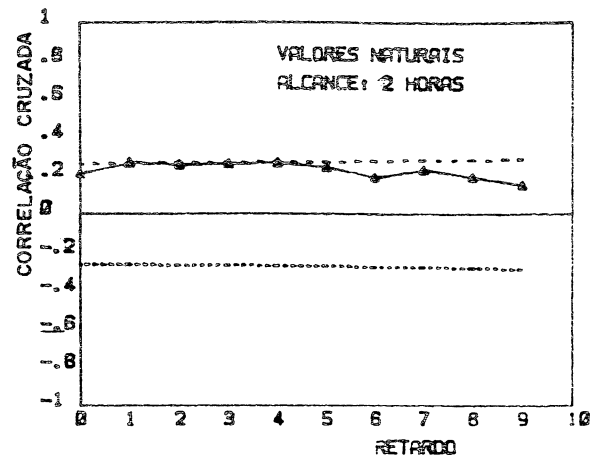
LEGENDA

- ▲—▲ CORRELAÇÃO CRUZADA
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO 109/83

MODELO: IRM-II + ARIMAX

FIGURA 5.63



FUNDO CORRELAÇÃO CRUZADA

LEGENDA

- CORRELAÇÃO CRUZADA
- INT. CONF. +95%
- INT. CONF. -95%

EVENTO : 08/84

MODELO : IIPH-II + ARIMAX

FIGURA: 5.64

b) com ARIMAX para alcance de duas horas e Conjugado (IPH-II + ARIMAX) para os demais alcances

Os resultados obtidos através da autocorrelação e da correlação cruzada diminuíram sensivelmente seus valores, sendo que muitos deles ficaram dentro do limite de confiança, se comparados com os valores obtidos nos mesmos testes aplicados ao IPH-II. Isto demonstra que os modelos tipo ARIMAX, utilizados para prever os erros das previsões do IPH-II, conseguiram extrair muitas informações das séries dos erros e das vazões observadas, mas não todas, porque muitos valores ficaram fora do limite de confiança.

5.5 - Análises dos Resultados

Com os resultados dos modelos de previsão foram feitas análises visual, dos coeficientes de persistência e da eficiência relativa.

5.5.1 - Análise Visual

Na análise visual dos resultados foi observado de uma maneira geral que: o modelo MOPHU teve melhor desempenho do que os modelos Conjugado (MOPHU+ARIX) e IPH-II, mas os modelos ARIMAX para previsão de vazão para alcance de 2 horas e o Conjugado (IPH-II + ARIMAX) para os demais alcances, obtiveram melhor desempenho do que os três modelos mencionados anteriormente.

5.5.2 - Coeficiente de Persistência

Pela análise dos coeficientes de persistência, apresentados na tabela 5.5, podemos concluir que:

a) o modelo MOPHU foi superior ao modelo de persistência com exceção do evento 07/83;

b) o Modelo Conjugado (MOPHU+ARIX) foi superior ao modelo de persistência com exceção dos alcances de 6 e 8 horas no evento 07/83;

c) o modelo IPH-II foi superior ao modelo de persistência nos seguintes alcances e eventos;

4 horas no evento 05/83,

6 horas nos eventos 05/83, 09/83 e 08/84,

8 horas em todos eventos.

Nos demais alcances o IPH-II foi inferior ao modelo de persistência.

e) os modelos ARIMAX para o alcance de 2 horas e o Conjugado (IPH-II + ARIMAX) para os demais alcances, foram sempre superiores ao modelo de persistência.

TAB. 5.5			COEFICIENTES DE PERSISTENCIA			
EVENTO	N	Alc.	MOPHU	MOPHU+ARIX	IPH-II	ARIMAX-Alc=1 IPH-II+ARIMAX Alc=2, 3 e 4
05/83	37	1	0.7518	0.8331	- 0.1434	0.8476
		2	0.7460	0.7001	0.6911	0.9353
		3	0.8818	0.6345	0.8131	0.9419
		4	0.7509	0.5755	0.8334	0.8576

07/83	108	1	- 2.1324	0.5883	-12.065	0.8576
		2	- 0.8548	0.2175	- 2.2527	0.4836
		3	- 0.6317	- 0.7926	- 0.4420	0.4383
		4	- 0.5866	- 1.9784	0.1756	0.4962

09/83	50	1	0.5758	0.8747	- 3.7213	0.8889
		2	0.7692	0.8030	- 0.0647	0.7935
		3	0.8112	0.8165	0.6162	0.8413
		4	0.8304	0.8162	0.7886	0.8809

08/84	56	1	0.5960	0.6988	- 3.6293	0.7828
		2	0.6550	0.6614	- 0.0581	0.8375
		3	0.6840	0.5889	0.5987	0.8223
		4	0.7040	0.4539	0.8051	0.8449

Os valores utilizados no cálculo dos coeficientes de persistência na tabela acima, foram em forma de níveis. Sendo N o número de dados e Alc. o alcance da previsão.

5.5.3 - Coeficiente de Eficiência Relativa

O coeficiente de eficiência relativa foi determinado com os valores previstos pelos modelos: MOPHU, IPH-II para os quatro alcances, ARIMAX para o alcance de duas horas e o Conjugado (IPH-II + ARIMAX) para os demais alcances. Os valores utilizados foram em termos de níveis e seus resultados estão apresentados em forma gráfica nas figuras 5.65 à 5.72. O modelo Conjugado (MOPHU+ARIX) não entrou neste teste, por não ter apresentado bons resultados, tendo sido desconsiderado nesta e nas próximas análises. Portanto, deste momento em diante, quando mencionarmos o nome de Modelo Conjugado, esta se referindo ao (IPH-II + ARIMAX).

Em análise da variação do coeficiente de eficiência relativa de uma forma global, verificamos que os modelos obtiveram os seguintes desempenhos:

a) o modelo MOPHU foi melhor que o IPH-II.

b) os modelos ARIMAX para o alcance de 2 horas e o Conjugado para os demais alcances, obtiveram melhor desempenho do que os modelos MOPHU e IPH-II.

Em uma análise mais detalhada verificamos que:

a) Pela Comparação entre os modelos ARIMAX para alcance de 2 horas e o Conjugado para os demais alcances com o MOPHU.

Através da análise da variação da eficiência relativa mais detalhada, observamos que as previsões do modelo ARIMAX no alcance de 2 horas e o Conjugado para os demais alcances, obtiveram melhor desempenho do que as previstas pelo MOPHU, com as seguintes exceções.

Evento 05/83 (fig. 5.65)

No alcance de 2 horas nos intervalos 3 ao 6, 8 e 11.

No alcance de 4 horas nos intervalos 10 ao 12.

No alcance de 8 horas nos intervalos 9 e 10.

Evento 07/83 (fig. 5.66)

No alcance de 2 horas, nos intervalos 6, 11 do 33 ao 35, do 41 ao 43 e no 52 e 53.

No alcance de 4 horas, nos intervalos 6 ao 13, do 17 ao 21 e do 30 até o 39.

No alcance de 6 horas, nos intervalos de 12 ao 14, do 19 ao 24 e do 31 ao 40.

No alcance de 8 horas, nos intervalos de 19 ao 24 e do 27 ao 43.

Evento 09/83 (fig. 5.67)

No alcance de 2 horas, nos intervalos de 5 ao 10, 13 e do 16 ao 20.

No alcance de 4 horas, nos intervalos de 8 ao 12.

No alcance de 6 horas, nos intervalos de 8 ao 13.

No alcance de 8 horas, nos intervalos de 9 ao 13.

Nos intervalos 18 ao 41, os modelos obtiveram praticamente o mesmo desempenho.

Evento 08/84 (fig. 5.68)

No alcance de 2 horas, nos intervalos de 3 ao 5, 7, 13 e do 19 ao 22.

No alcance de 4 horas, nos intervalos 3, 4, 6, 13 do 17 ao 22 e do 36 ao 42.

No alcance de 6 horas, nos intervalos de 6 ao 8, do 17 ao 26 e do 36 ao 42.

No alcance de 8 horas, nos intervalos de 7 ao 9 no 14, 19, 21, 22 e do 24 ao 42.

b) Pela Comparação entre o MOPHU e o IPH-II

Na análise da variação da eficiência relativa, observamos que o MOPHU obteve melhor desempenho, quando comparado com o IPH-II, em todos os eventos, com as seguintes exceções:

Evento 05/83 (fig. 5.69)

No alcance de 2 horas, nos intervalos de 8, 9 e do 11
ao 13.

No alcance de 4 horas, nos intervalos de 7 ao 10 e do
13 ao 14.

No alcance de 6 horas, nos intervalos de 6 ao 8 e do 11
ao 19.

No alcance de 8 horas, nos intervalos de 10 ao 18.

Evento 07/83 (fig. 5.70)

No alcance de 2 horas, nos intervalos : 2 ao 4 e do 12
ao 15.

No alcance de 4 horas, nos intervalos: 3, 7, 8 e do 13
ao 17.

No alcance de 6 horas, nos intervalos : 4 ao 20, do 26
ao 28.

No alcance de 8 horas, nos intervalos: 7 ao 12, 15, do
17 ao 20 e do 27 ao 29.

Evento 09/83 (fig. 5.71)

No alcance de 4 horas, nos intervalos: 4 ao 7.

No alcance de 6 horas, nos intervalos: 5 ao 7.

No alcance de 8 horas, nos intervalos: 6 ao 8.

Evento 08/84 (fig. 5.72)

No alcance de 4 horas, nos intervalos: 5 e 6.

No alcance de 6 horas, nos intervalos: 8 ao 16.

No alcance de 8 horas, nos intervalos: 7, do 10 ao 17 e
no 20.

Os últimos intervalos não foram analisados
detalhadamente por não serem relevantes sob ponto de vista da
previsão.

..... MOPHU/ARIMAX (2 HORAS) - - - - MOPHU/(IPH-II+ARIMAX) (6 HORAS)
 - - - - MOPHU/(IPH-II+ARIMAX) (4 HORAS) -●-●- MOPHU/(IPH-II+ARIMAX) (8 HORAS)

EVENTO: 05/83

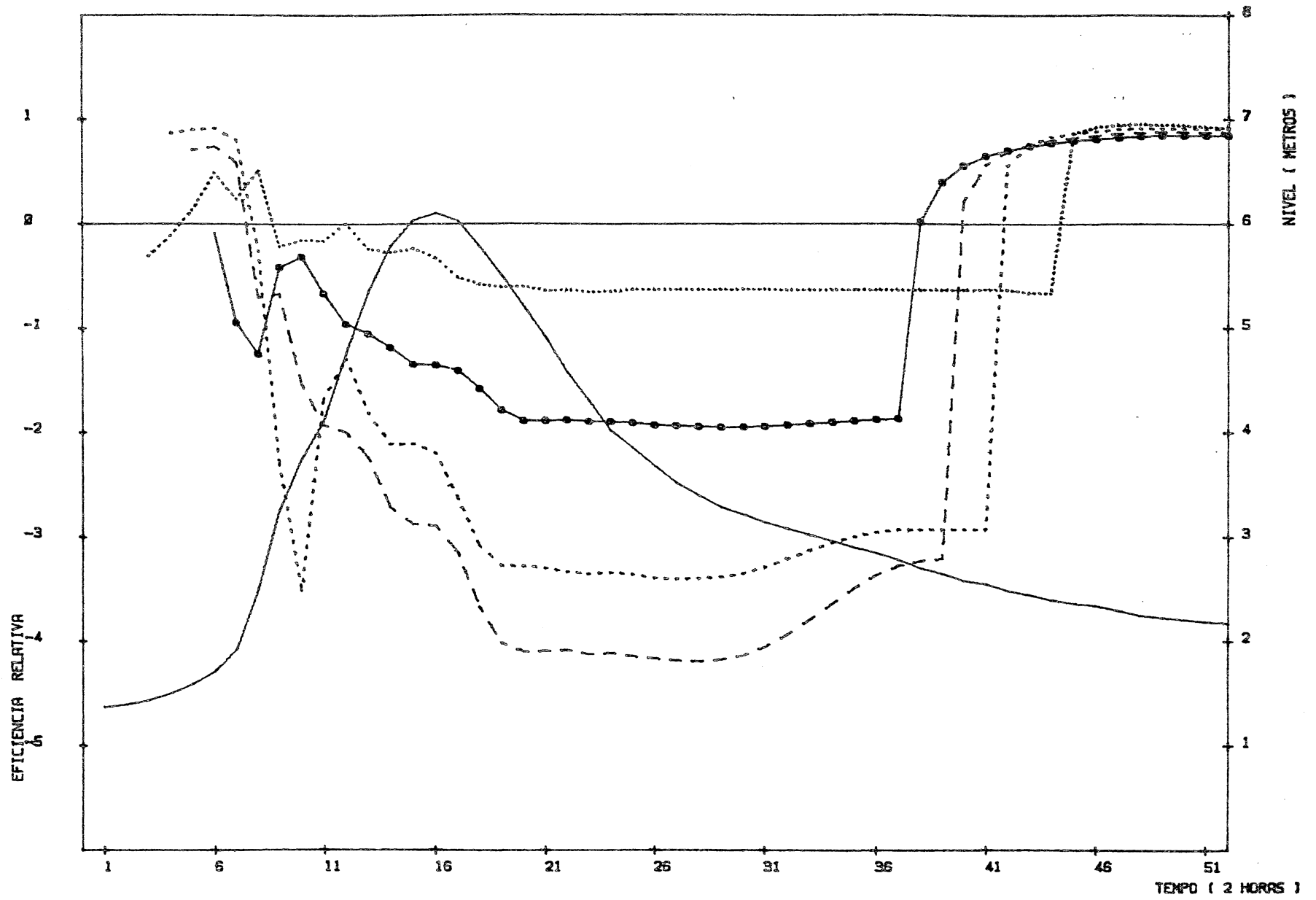


FIGURA: 5.65

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

..... NDFLU/ARIMAX (2 HORAS) - - - - NDFLU/(IPH-II+ARIMAX) (6 HORAS)
 NDFLU/(IPH-II+ARIMAX) (4 HORAS) ●-●-●- NDFLU/(IPH-II+ARIMAX) (8 HORAS)

EVENTO: 07/83

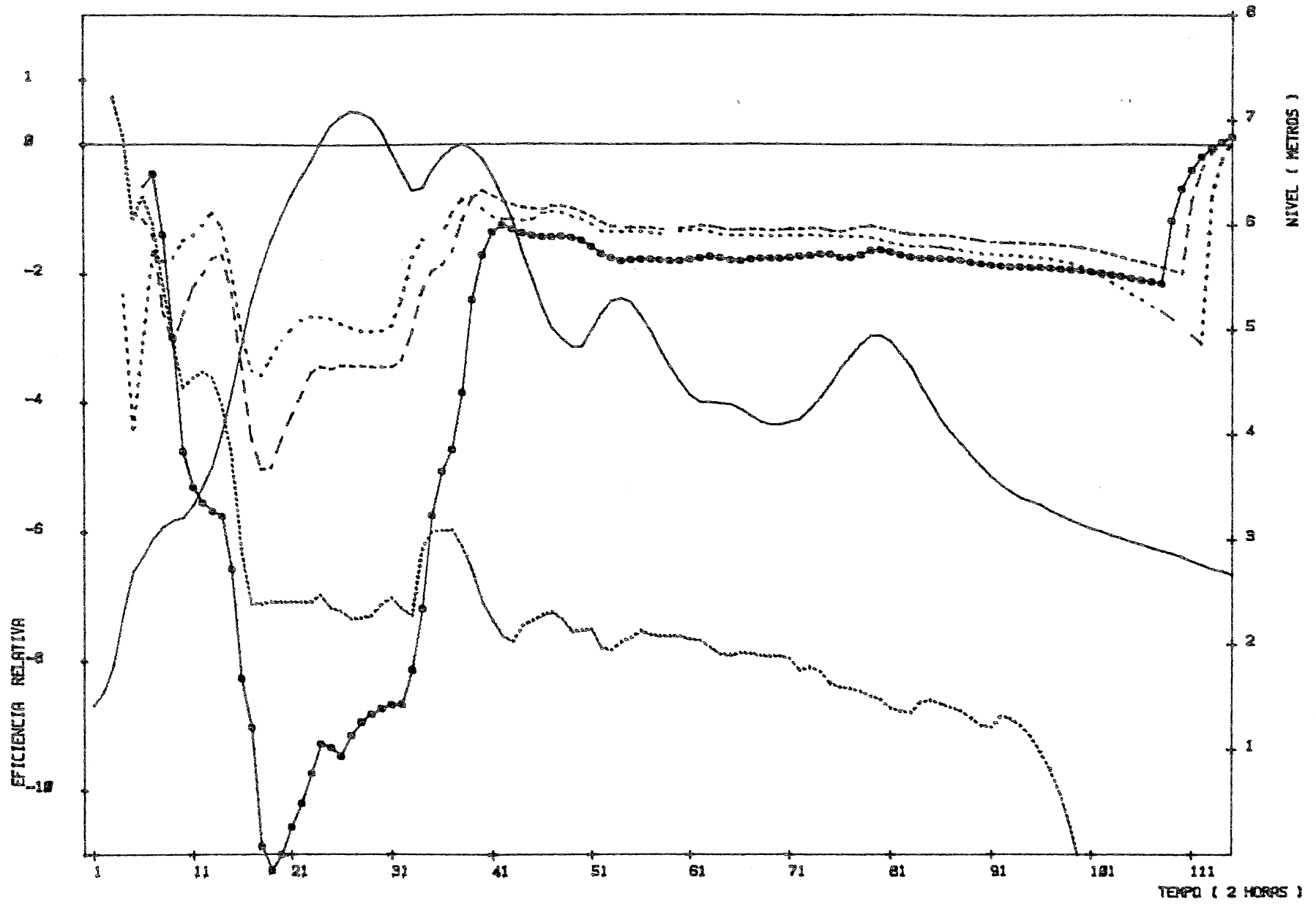


FIGURA: 5.66

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

EVENTO: 09/83

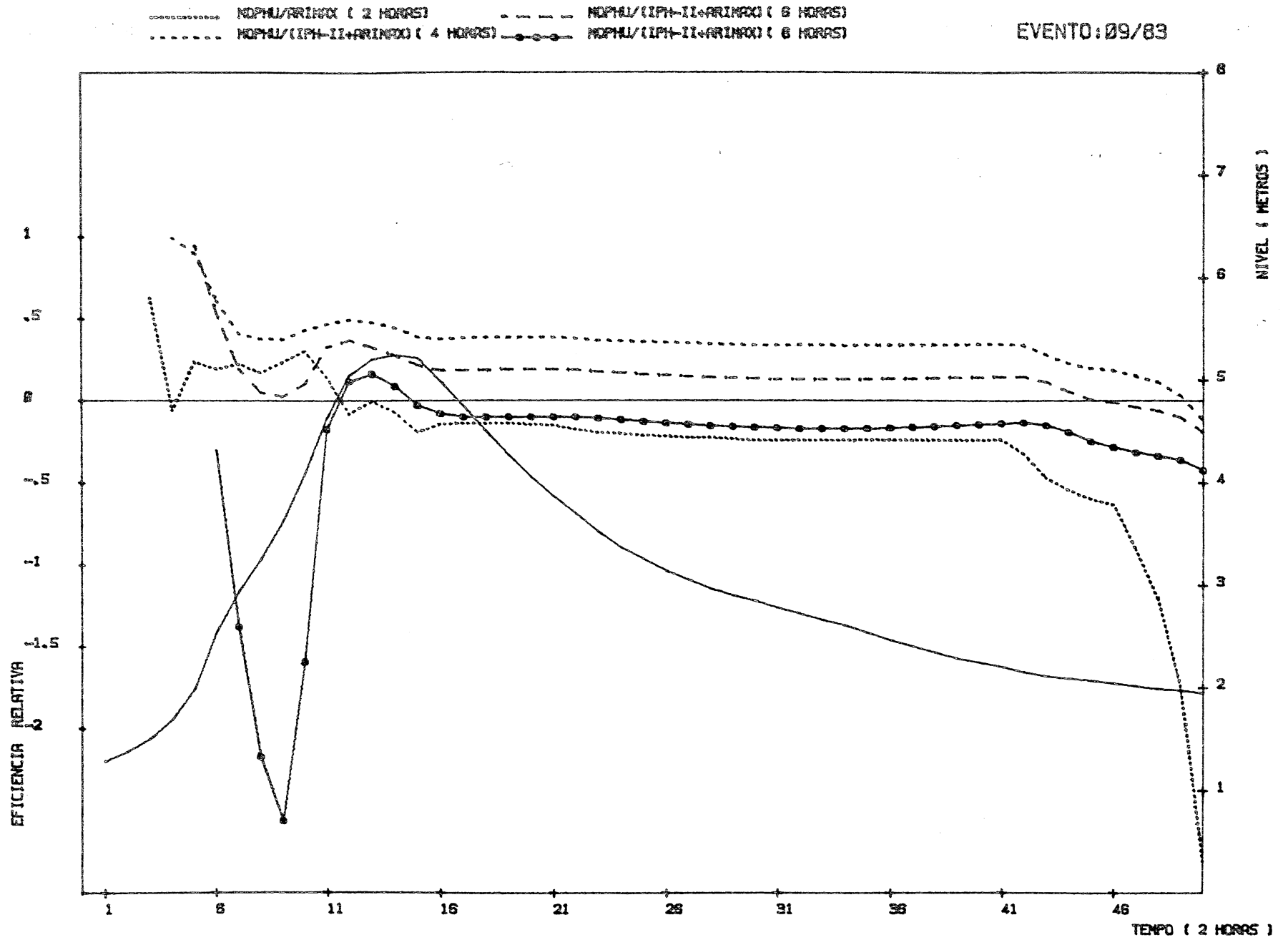


FIGURA: 5.67

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

..... NÓPHU/ARIMAX (2 HORAS) - - - NÓPHU/(IPH-II+ARIMAX) (8 HORAS)
 NÓPHU/(IPH-II+ARIMAX) (4 HORAS) -●- NÓPHU/(IPH-II+ARIMAX) (8 HORAS)

EVENTO: 08/84

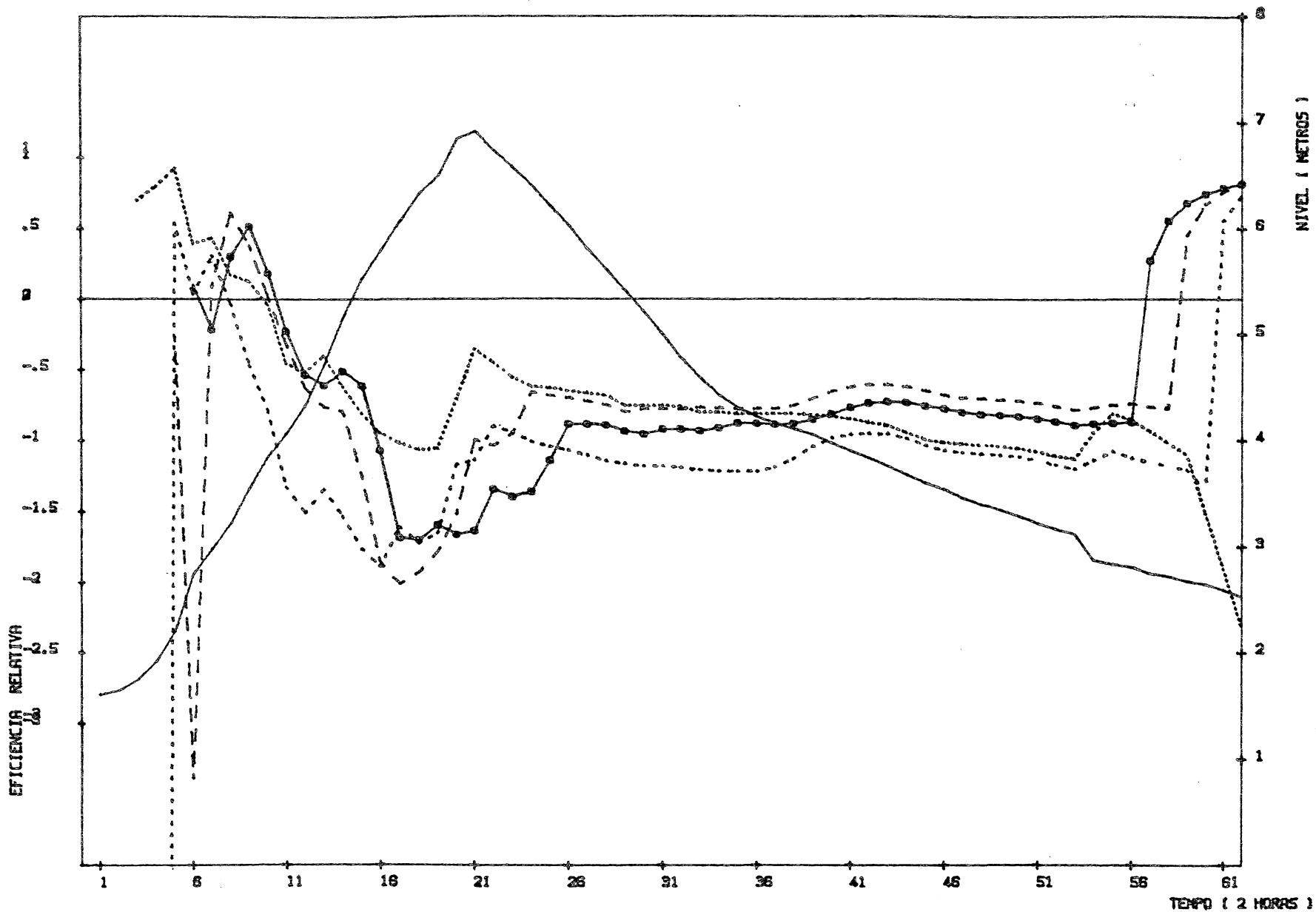


FIGURA: 5.68

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

- - - - - MOPHU/IPH-II (2 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (4 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (6 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (8 HORAS)

EVENTO: 05/83

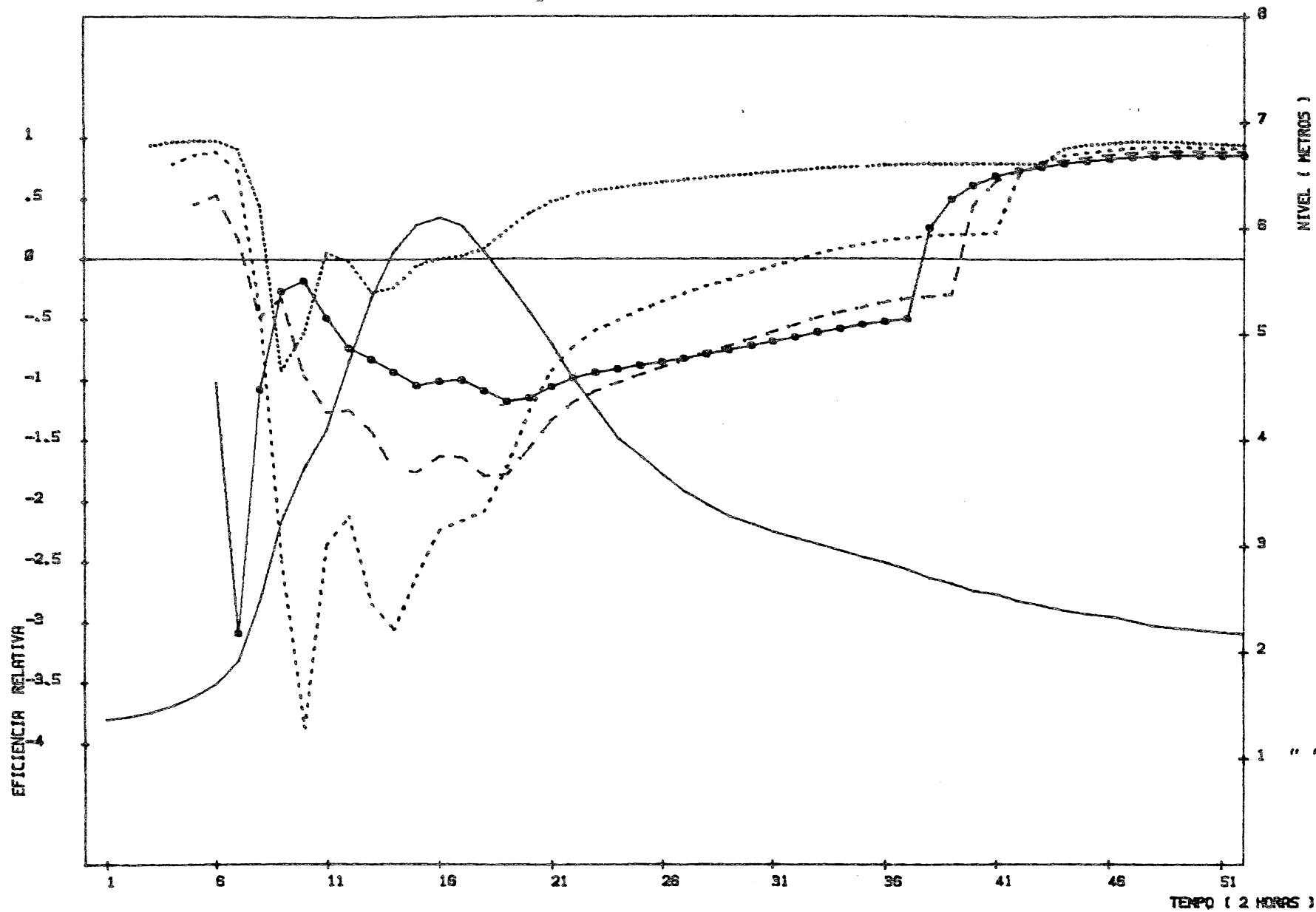


FIGURA: 5.69

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

- - - - - MOPHU/IPH-II (2 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (4 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (6 HORAS)
 - - - - - MOPHU/IPH-II (8 HORAS)

EVENTO: 07/83

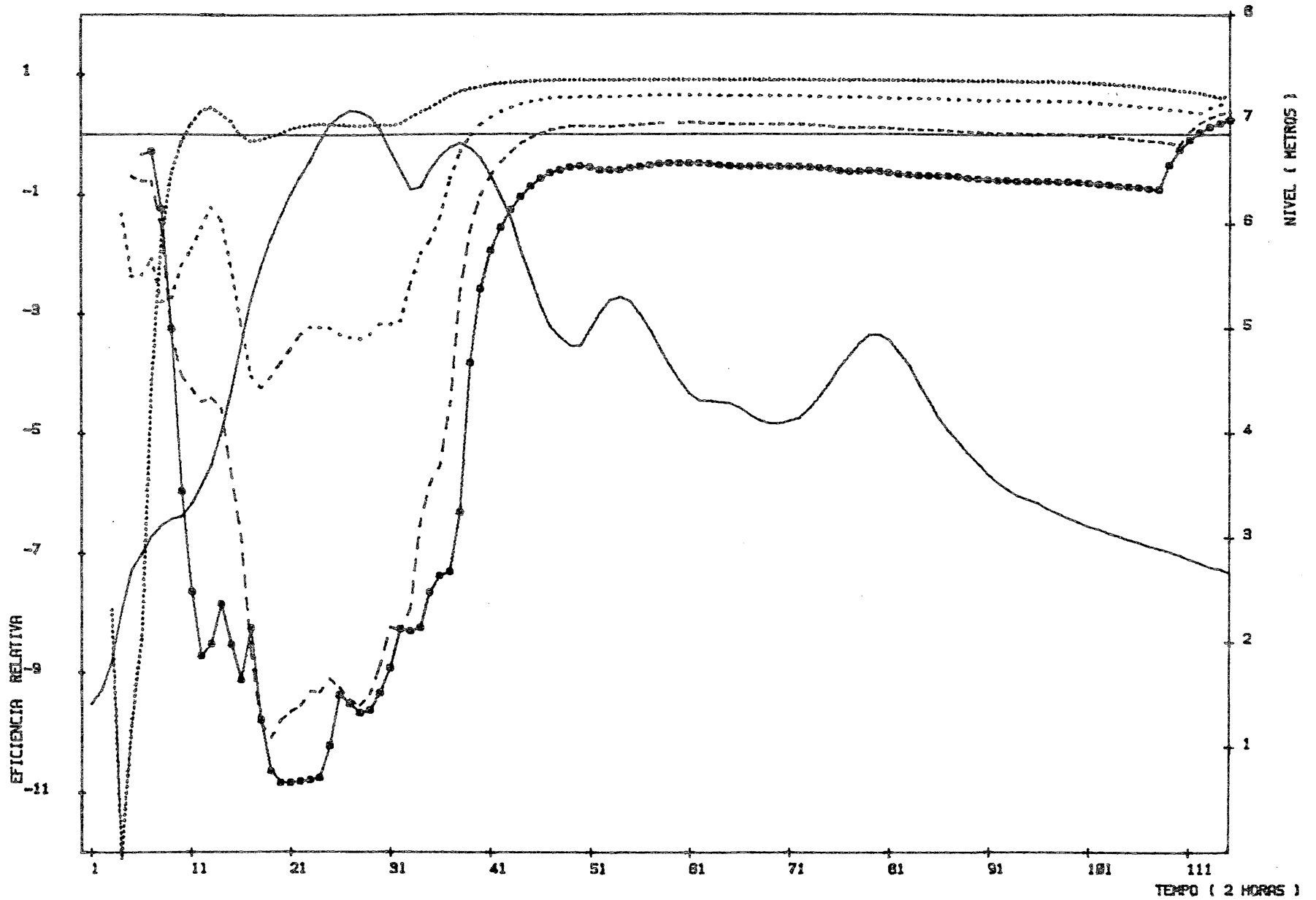


FIGURA: 5.70

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

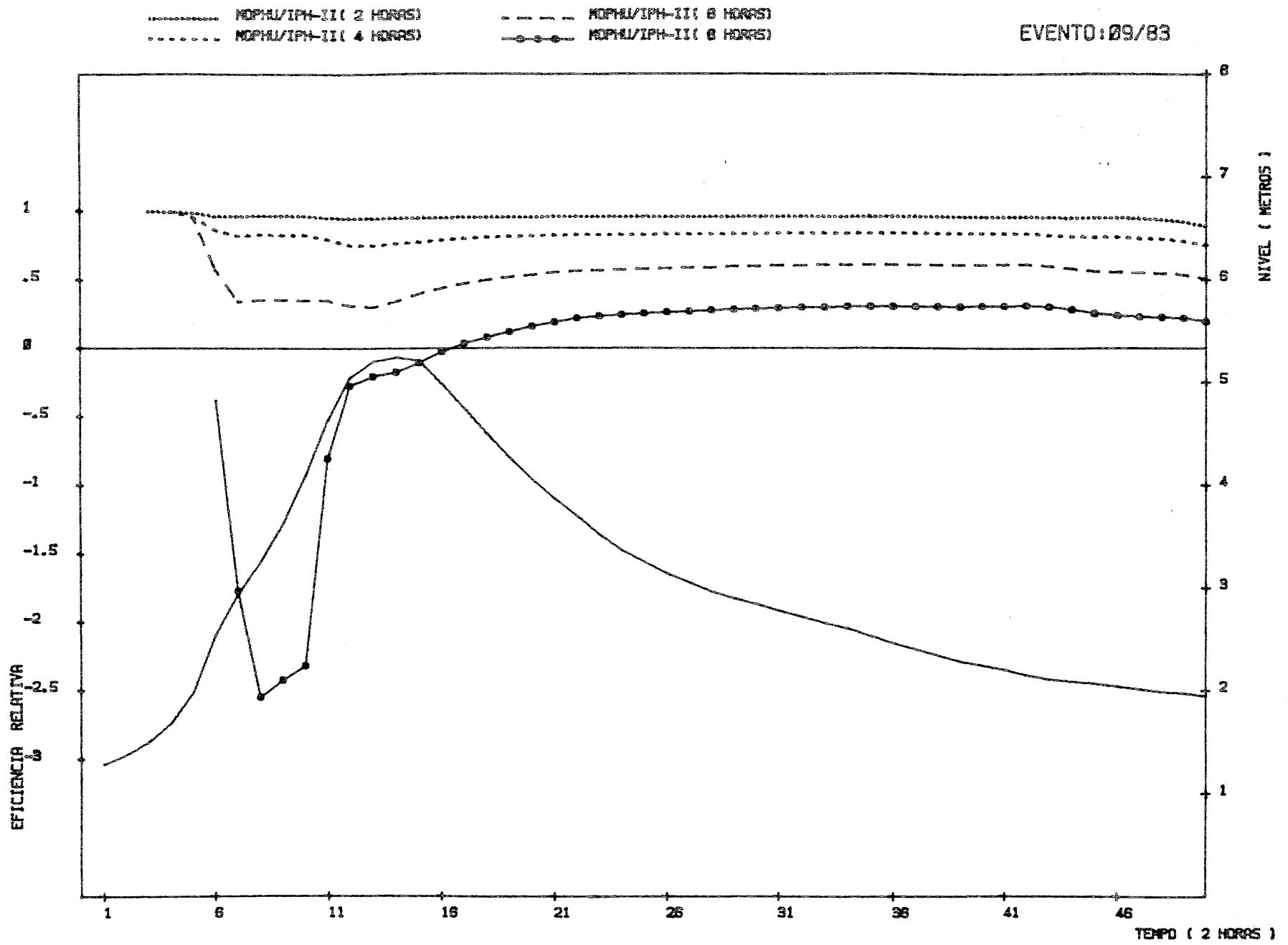


FIGURA: 5.71

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

..... MOPHU/IPH-II (2 HORAS)
 MOPHU/IPH-II (4 HORAS)
 - - - - MOPHU/IPH-II (6 HORAS)
 -●-●- MOPHU/IPH-II (8 HORAS)

EVENTO: 08/84

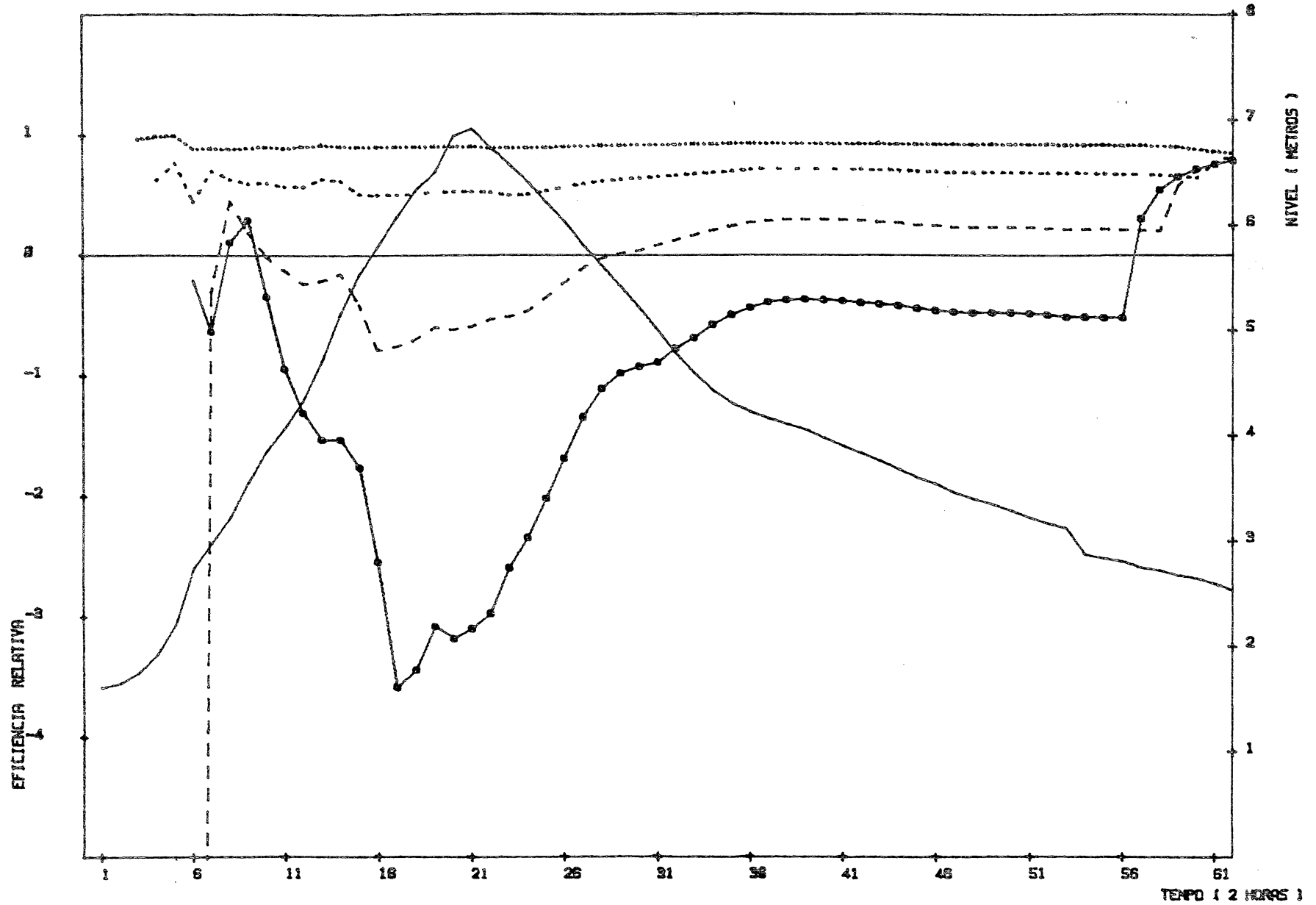


FIGURA: 5.72

EFICIENCIA RELATIVA DOS MODELOS PREDITIVOS

5.6 - Aplicação do MOPHU com Precipitação Puntual

As previsões apresentadas até aqui, neste estudo, através de modelos chuva-vazão, foram obtidas utilizando a chuva média na bacia, determinada por Cruz (1987). Esta chuva média dificilmente teria sido determinada em tempo atual, numa situação real de previsão, devido a dificuldade em obter todas as informações das precipitações utilizadas na determinação da média. Atualmente, os dados de precipitações e vazões que podem ser obtidos em tempo atual, pelo CEOPS/Blumenau, da bacia de Ibirama são somente os do posto telemétrico, que está instalado na cidade de Ibirama.

Uma das dificuldades que o previsor terá no momento de realizar as previsões em tempo atual, será o de determinar a chuva média na bacia, contando apenas com os dados do posto telemétrico de Ibirama, que fica na saída da bacia. Este foi o motivo que levou incluir neste estudo testes com o MOPHU, utilizando dados de precipitação puntual, ou seja, o de simular uma situação mais próxima da realidade de hoje e que poderá ser utilizada pelo previsor, no caso dele contar com dados de chuva apenas de um posto, no momento de realizar as previsões.

O ideal neste caso seria utilizar os dados de chuva do posto em Ibirama, local onde hoje se encontra a estação telemétrica. Como esta estação não dispunha de registros históricos, dos eventos que foram tomados aqui, utilizamos a chuva do posto mais próximo de Ibirama, que contava com registro de precipitação. Assim, foi selecionado o posto de Dr. Pedrinho para os eventos 05/83, 07/83 e 09/83 e o posto de Barra do Prata para o evento 08/84. Na vespera da apresentação deste trabalho ocorreu uma cheia na bacia. Esta cheia foi introduzida neste item com nome de evento 05/88. A chuva utilizada nas previsões do MOPHU, neste evento, foram as registradas na estação telemétrica de Ibirama.

Os resultados obtidos em forma de vazão e após transformados em níveis via curva-chave, estão apresentados no apêndice nas tabelas C.1 à C.5 e em forma gráfica, nas figuras 5.73 a 5.77.

Na tabela 5.6 é apresentado os valores do índice- ϕ , originados da aplicação do MOPHU com a chuva puntual. Quando os valores do índice foram negativos eles foram considerados iguais a zero. Também foi feito teste com o MOPHU considerando os valores negativos do índice- ϕ , mas os resultados das previsões não foram boas para esta consideração.

5.6.1 - Análise dos Resultados

Verificou-se em análise visual, nas figuras 5.73 à 5.77 que os resultados do MOPHU foram bons, também neste caso que foi utilizado a chuva somente de um posto. Dos postos selecionados, o de Dr. Pedrinho fica fora da bacia em estudo, o de Barra do Prata dentro dela e o de Ibirama na saída da mesma.

Através da análise visual, podemos afirmar que o modelo MOPHU poderá ser utilizado com sucesso, para previsão de cheia em tempo atual, também nos casos em que se tenham dados de chuva em somente um ponto na bacia.

EVENTO : 05/83

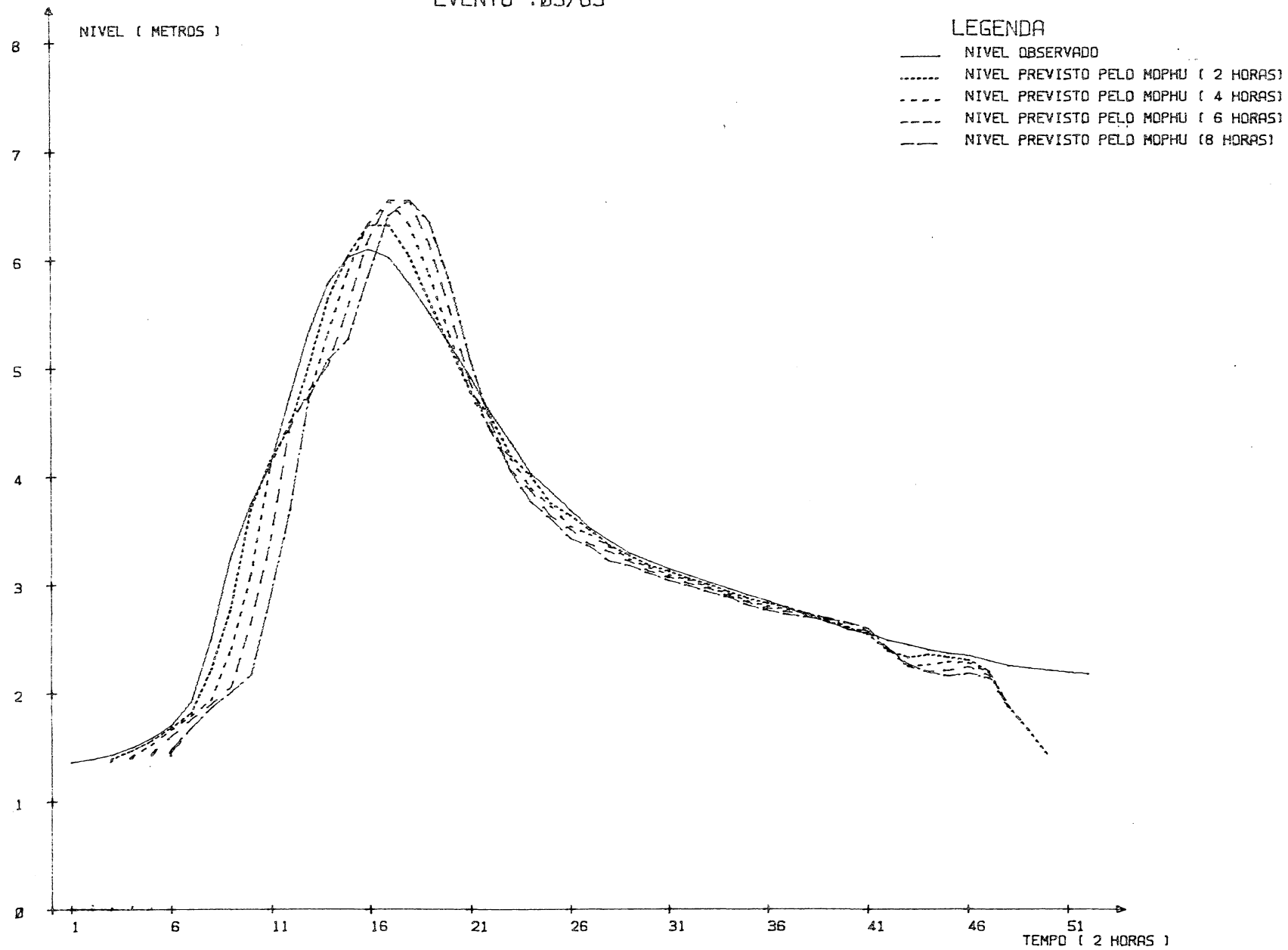


FIGURA : 5.73

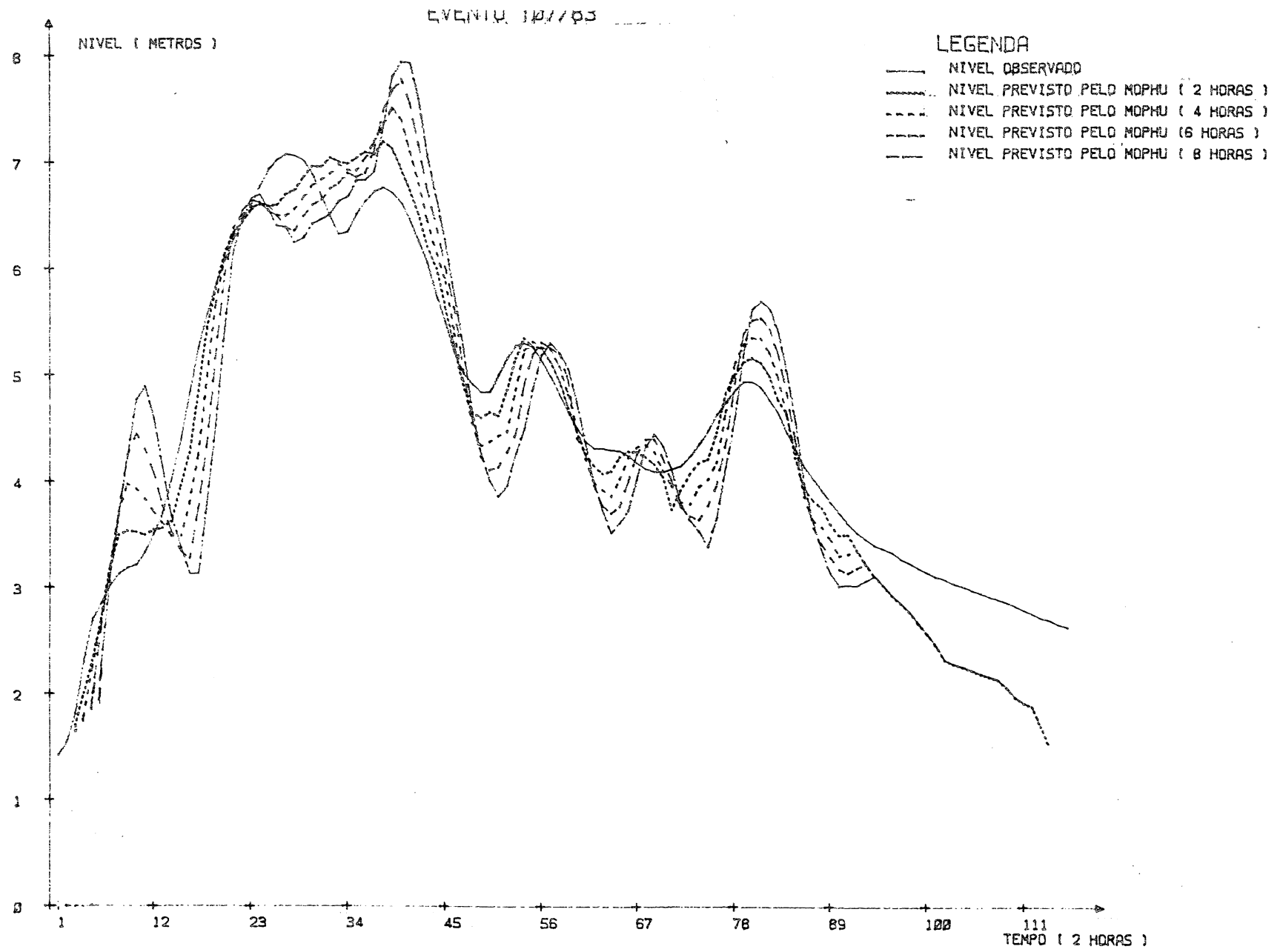


FIGURA : 5.74

EVENTO : 09/83

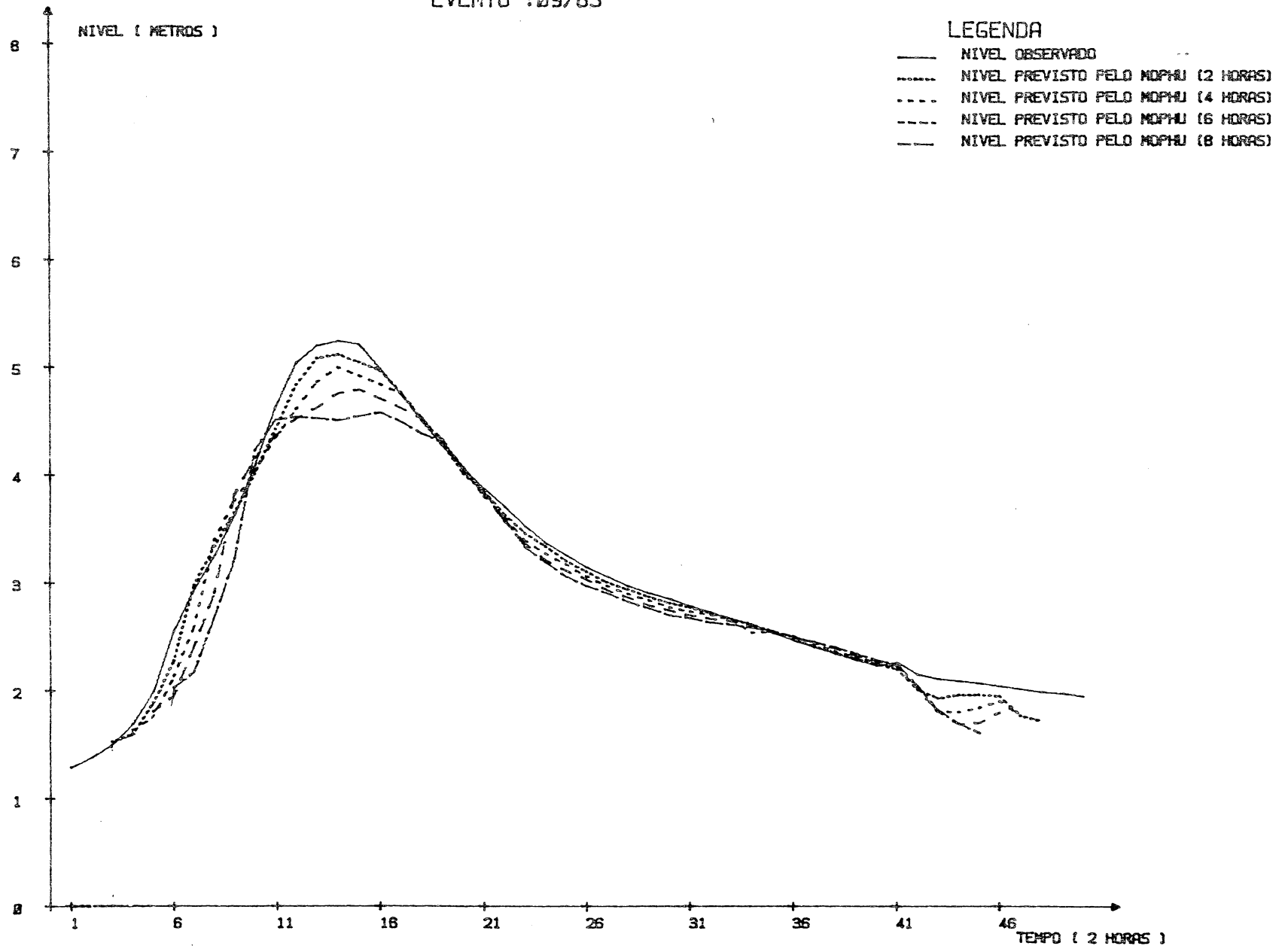


FIGURA : 5.75

EVENTO 108/84

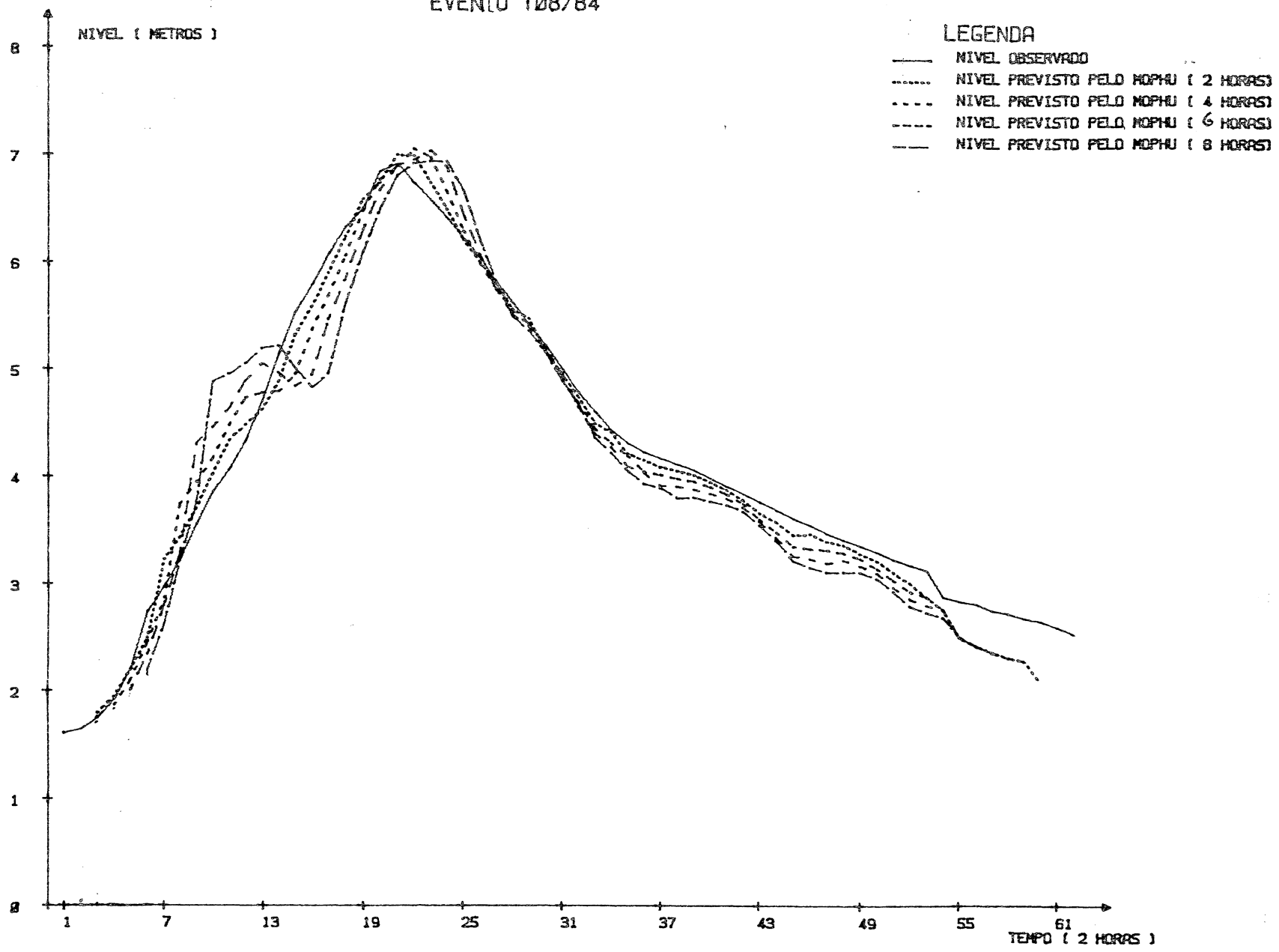


FIGURA : 5.76

EVENTO : 05/88

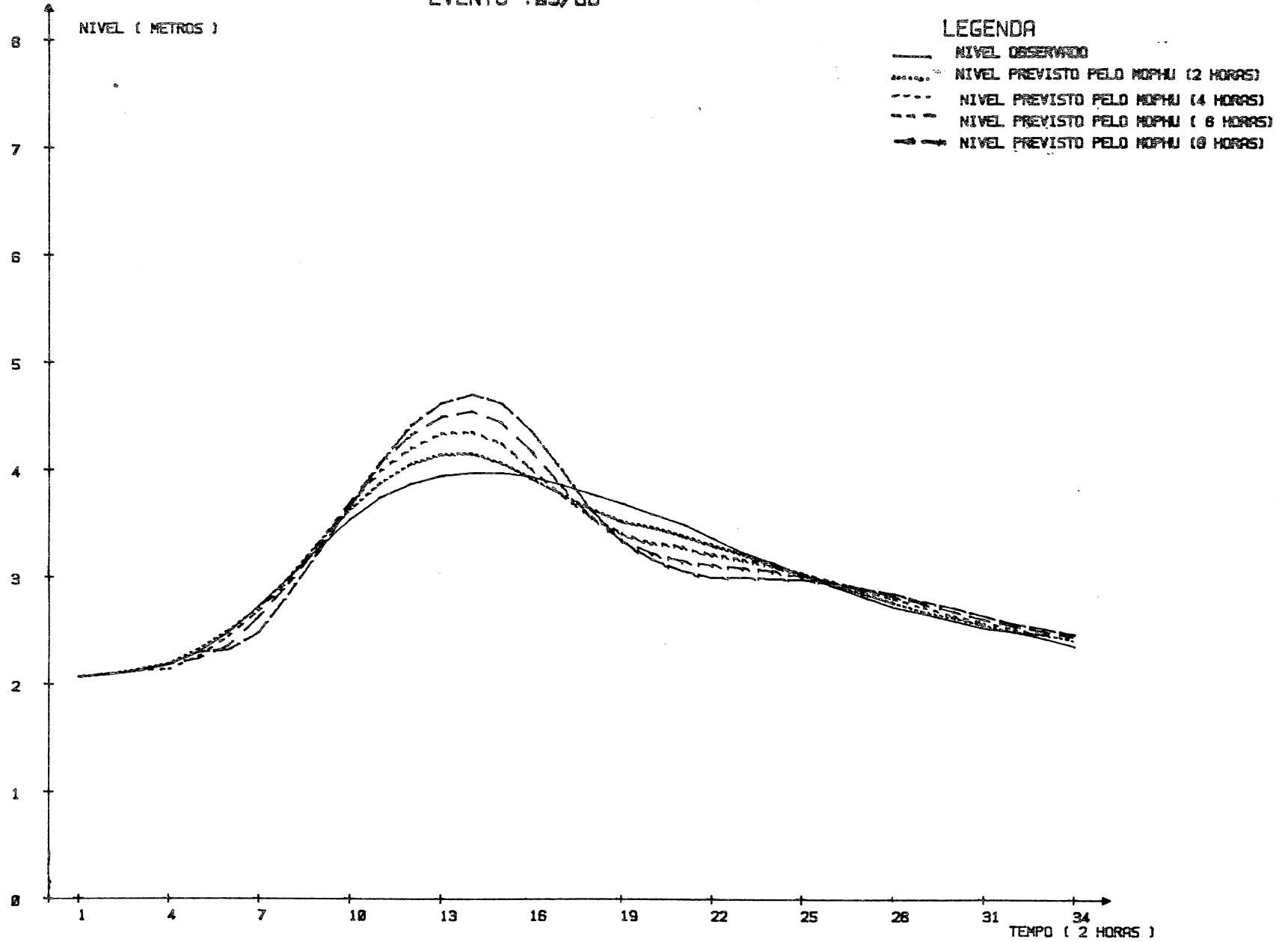


FIGURA : 5.77

Tab 5.6		VALORES DE ϕ				
		E V E N T O S				
N	05/83	07/83	09/83	08/84	05/88	
1	-	-	-	-	-	
2	11.57	-6.80	10.40	0.13	0.17	
3	10.64	-3.00	11.09	1.43	0.67	
4	10.20	-5.47	9.55	1.97	0.80	
5	10.03	-4.50	8.46	1.88	1.16	
6	9.86	-1.11	6.41	0.10	1.26	
7	9.27	1.33	6.65	1.43	1.18	
8	7.83	4.07	7.04	2.33	1.19	
9	5.76	6.45	7.15	2.79	1.34	
10	5.57	8.25	6.93	3.39	1.58	
11	5.73	9.02	6.39	4.13	1.67	
12	4.86	9.20	5.88	4.52	2.23	
13	3.97	8.66	5.60	4.34	2.62	
14	3.61	7.14	5.33	3.83	3.00	
15	3.64	5.36	5.08	3.47	3.23	
16	4.21	3.77	5.05	3.13	3.20	
17	5.03	2.84	5.10	2.83	2.97	
18	5.72	2.57	5.11	2.77	2.59	
19	6.02	2.51	5.16	2.81	2.10	
20	5.98	2.64	5.08	2.64	1.69	
21	5.55	2.76	5.02	2.77	1.40	
22	5.43	2.83	4.85	3.17	1.20	
23	4.93	2.90	4.66	3.43	1.16	
24	4.81	2.90	4.55	3.57	1.10	
25	4.26	2.74	4.40	3.54	1.22	
26	4.02	2.44	4.25	3.46	1.33	
27	3.92	2.20	4.04	3.44	1.53	
28	3.69	1.94	3.90	3.32	1.77	
29	3.56	1.78	3.72	3.42	1.93	
30	3.32	1.67	3.52	3.33	2.16	
31	3.21	1.55	3.43	3.21	2.36	
32	3.04	1.51	3.40	3.10	2.40	
33	2.91	1.42	3.39	2.85	2.70	
34	2.72	1.34	3.38	2.80	3.34	
35	2.53	1.40	3.48	2.53	-	
36	2.39	1.61	3.64	2.38	-	
37	2.44	1.69	3.71	2.24	-	
38	2.68	2.60	3.82	2.12	-	
39	2.76	3.59	3.90	2.03	-	
40	2.92	4.37	4.04	1.96	-	
41	2.88	5.04	4.11	1.89	-	
42	1.98	5.64	2.91	1.75	-	
43	0.94	6.00	1.36	1.51	-	
44	0.59	6.68	0.39	1.30	-	
45	0.26	7.04	-0.45	1.04	-	
46	-0.16	7.20	-0.77	0.89	-	
47	-1.29	6.86	-2.49	0.74	-	
48	-6.30	6.00	-3.18	0.63	-	
49	-12.36	5.26	-5.31	0.43	-	
50	-24.56	4.78	-9.73	0.20	-	
51	-49.00	3.89	-	-0.07	-	
52	-49.31	3.21	-	-0.39	-	
53	-	2.96	-	-0.62	-	

C A P Í T U L O - V I

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sucesso que pode ser obtido na minimização dos danos causados pelas inundações, através da previsão de níveis em tempo atual, está relacionada diretamente a um sistema de alerta eficaz e eficiente. Para que este objetivo seja atingido, o sistema deve ter modelos de previsão em tempo atual adaptados à realidade da bacia, principalmente no que diz respeito aos dados de entrada nos modelos.

A bacia de estudo conta atualmente somente com uma estação telemétrica, que tem condições de enviar dados de chuva e nível em tempo atual, ao Centro de Previsão da Bacia do Rio Itajaí, localizado em Blumenau. A estação localiza-se na cidade de Ibirama, no local onde desejamos realizar as previsões, ou seja, na saída da bacia. A maior dificuldade que o hidrólogo vai encontrar no momento da previsão é o de como determinar a chuva média da bacia, contando apenas com os dados de uma estação telemétrica. Este foi o motivo que nos levou a testar o MOPHU com chuva puntual, além do teste com a chuva média na bacia.

A conclusão que se chegou para cada modelo é a seguinte:

Modelo MOPHU

Como se trata de um modelo precipitação-vazão, seus resultados dependem diretamente da fidedignidade dos dados de precipitação recebidos em tempo atual, e da representatividade da chuva média estimada para a bacia.

Para cada entrada de precipitação e vazão, o modelo determina as perdas e a resposta da bacia, numa hidrógrafa com vários alcances. Porém, aqui são utilizados somente os quatro primeiros alcances a partir do tempo de previsão. Os valores obtidos após o quarto intervalo de tempo não apresentaram boa aderência aos valores observados.

O MOPHU foi testado através de duas formas distintas de considerar as precipitações. A primeira foi com a chuva média na bacia, e a outra, utilizando somente os dados de um posto pluviométrico, adotando-se neste caso o posto mais próximo da estação telemétrica. O desempenho do modelo foi bom para os dois casos, quando aplicado com a precipitação média e também quando aplicado com a precipitação puntual.

Modelo Conjugado (MOPHU + ARIX)

Neste modelo, as previsões foram determinadas em duas etapas. Primeiro foram realizadas as previsões das vazões, para vários alcances, através do MOPHU, com chuva ocorrida até o momento da previsão. Em seguida, com os erros do MOPHU e as vazões observadas até o momento da previsão, foram feitas as previsões dos erros do MOPHU, através de modelos do tipo ARIX. A soma do valor previsto pelo modelo MOPHU com o previsto pelo ARIX nos iguais alcances, foram as previsões do Modelo Conjugado.

De um modo geral, não foi obtido sucesso quando foram aplicados os modelos tipo ARIX nas previsões dos erros do MOPHU. Por isso, o Modelo Conjugado foi descartado, pois o mesmo não alcançou os objetivos almejados.

Modelo IPH-II

Este é um modelo do tipo precipitação-vazão. Logo, seus resultados dependem fundamentalmente dos dados das precipitações recebidas em tempo atual e da sua representatividade média na bacia.

Os resultados obtidos por Cruz (1987), apresentaram má qualidade nas previsões de curto alcance, como de 2 e 4 horas. Já para os 6 e 8 horas os resultados foram razoáveis.

Modelo tipo ARIMAX para Previsão de Vazão

Nas aplicações de modelos tipo ARIMAX para previsão de vazão, foi obtido bom desempenho somente para intervalos de curto alcance, 2 e 4 horas. Enquanto que, para alcances maiores, os resultados obtidos das previsões não apresentaram boa aderência aos valores observados (Cruz, 1987).

Modelo Conjugado (IPH-II + ARIMAX)

Neste caso, as previsões foram realizadas em duas etapas. Na primeira, foram feitas as previsões das vazões com o modelo IPH-II, utilizando as precipitações médias ocorridas até o instante da previsão, obtendo com isto a resposta da bacia em termos de vazões para os diferentes alcances desejados. Na segunda, foram feitas as previsões dos erros do IPH-II com modelos do tipo ARIMAX, utilizando os erros do IPH-II e as vazões observadas dos intervalos anteriores ao tempo da previsão. A soma dos valores previstos pelo IPH-II e ARIMAX, em seus devidos alcances, foram as previsões do Modelo Conjugado.

De uma forma geral, as previsões do modelo IPH-II conjugado com o ARIMAX, apresentaram resultados superiores aos dos previstos pelo modelo IPH-II, quando aplicado isoladamente.

Comparação entre Modelos

Inicialmente, lembramos que o Modelo Conjugado (MOPHU + ARIX) não entrou na comparação, devido aos seus resultados não terem sido superiores aos do modelo MOPHU.

Pela comparação entre os demais modelos aplicados na bacia de Ibirama, de um modo geral, obtiveram os seguintes desempenhos:

a) O modelo Conjugado (IPH-II + ARIMAX) foi superior aos demais modelos, com exceção do alcance de 1 intervalo de tempo. Neste alcance, os resultados dos modelos ARIMAX de previsão de vazão e o Conjugado (IPH-II+ARIMAX) foram semelhantes.

b) O modelo MOPHU foi superior ao IPH-II, quando aplicados isoladamente, com exceção do alcance de 4 intervalos de tempo. Neste alcance os resultados dos dois modelos foram semelhantes.

Comentário

De modo geral não foi obtido melhora nas previsões em tempo atual através da conjugação do MOPHU com o ARIMAX, em relação as previstas pelo MOPHU. Enquanto que, na conjugação do IPH-II com o ARIMAX, foi obtido melhora nas previsões, em relação as previsões realizadas através do modelo IPH-II.

Para explicar o fato partimos da forma de como as previsões dos níveis em tempo atual, obtidos através dos modelos MOPHU e do IPH-II e seus erros se comportaram.

No MOPHU, os níveis previstos ficaram em torno dos valores observados, permanecendo geralmente pequenos períodos sub e outros super estimando o nível observado. Consequentemente, os erros deste modelo apresentaram séries alternando-se com pequenos períodos negativos e positivos. Esta mudança de sinal em cada pequeno período, nas séries dos erros, dificultou que um modelo do tipo ARIMAX, fizesse uma boa estimativa do erro futuro. A dificuldade da estimativa do erro futuro foi verificado principalmente nos intervalos próximos aqueles em que houve a troca de sinal.

Enquanto que os valores previstos através do IPH-II, apresentaram séries com períodos mais longos sub ou super estimando os valores observados, do que as séries do MOPHU. Conseqüentemente as series dos erros do IPH-II, se mantiveram por mais tempo com sinal negativo ou positivo. Isto facilitou que um modelo tipo ARIMAX, fizesse uma boa estimativa do erro do IPH-II. Dai a justificativa do melhor desempenho do Modelo Conjugado (IPH-II+ARIMAX), em relação ao Modelo Conjugado (MOPHU+ARI).

Embora o uso conjugado de modelos conceitual e estocástico (IPH-II + ARIMAX) tenha apresentado interessante vantagem em relação ao modelo de previsão baseado no hidrograma unitário (MOPHU), os modelos conjugados podem conduzir uma operacionalidade fatigante, nos casos em que tenhamos de aplicá-los em várias bacias de cabeceira, quando elas fazem parte de um mesmo Centro de Previsão.

No caso específico do Centro de Previsão de Cheia da Bacia do Rio Itajaí, é necessário dispor de modelos rápidos, quanto às suas operacionalidades, devido a resposta da bacia que é relativamente rápida. Neste centro, atualmente é feito previsões para vários pontos da bacia, em intervalos curtos de tempo, devido à necessidade de acompanhar toda a onda da cheia. Isto é, para cada intervalo de tempo de duas horas, há necessidade de fazer previsões para diversos pontos. Neste caso, a aplicação de modelos conjugados podem tomar muito tempo do hidrólogo, no que diz respeito à preparação dos dados a serem utilizados por este tipo de modelo. Por isso, nesta bacia, é recomendado a utilização do MOPHU, já que este modelo, além de utilizar poucas informações em tempo atual, somente da chuva e vazão, tem sua operação executada de forma muito simples. Assim sendo, o previsor terá tempo hábil para realizar todas previsões necessárias e ainda fazer o monitoramento da onda da cheia, nos diversos pontos da bacia.

C A P I T U L O - V I I I

BIBLIOGRAFIA

- 01 - AMBRUS, S. & SZÖLLÖSI-NAGI, A. 1981. Operational real time river flow forecasting using stochastic prediction algorithms. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REAL TIME OPERATION OF HYDROSYSTEMS, University of Waterloo. Proceedings. Ontario. V.2.
- 02 - BOX, G. & JENKINS, G. 1970. Time series analysis forecasting and control. San Francisco, Holden-Day. 553 p.
- 03 - BRAGA Jr., B. 1981. Modelos de previsão de vazão em tempo real. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais. São Paulo, ABRH. V.4, p.72-88.
- 04 - BRAGA Jr., B. & BARROS, M. 1987. Previsão hidrológica de curto prazo: modelo compacto ou distribuído. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 7., Salvador, 1987. Anais. São Paulo, ABRH. V.1, p.523-30.
- 05 - CHANDER, S. & SHANKER, H. 1984. Unith hydrograph based forecast model. Hydrological Sciences Journal, Oxford, 29(3):279-99.
- 06 - CORRADINI, C. & MELONE, F. 1986. An adaptative model for on-line flood predictions using a piecewise uniformity framework.

- 07 - CORRADINI, C.; MELONE, F.; UBERTINI, L. 1986. A semi-distributed adaptative model for real time flood forecasting.
- 08 - CRUZ, J. 1987. Estudo de previsão de cheias em tempo real com modelos empírico e semi-conceitual. Rio de Janeiro, COOPE. 139 f. Diss. Mestr. Engenharia Civil.
- 09 - CRUZ, J.; LANNA, A.; SILVEIRA, G.; SILVEIRA, A. 1987. Previsão de cheias em tempo real pelo uso conjugado de modelos semi-conceitual e empírico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 7., Salvador, 1987. Anais. São Paulo, ABRH. V.1, p.499-510.
- 10 - DELLEUR, J. & OBLED, C. 1985. Flash flood forecasting in the Cevennes Region in France: a case study. In: WORLD CONGRESS ON WATER RESOURCES, 5., Brussels, 1985. Water resources for rural areas and their communities.
- 11 - GANENDRA, T. 1980. A self-tuning predictor applied to river forecasting In: Real-time Forecasting Control of Water Resources Systems. Oxford, Pergamon Press. p.139-49.
- 12 - KITANIDIS, P. & BRAS, R. 1980a. Real-time forecasting with a conceptual hydrologic model: 1. Analysis of uncertainty. Water Resources Research, Washington, 16(6):1025-33, Dec.
- 13 - KITANIDIS, P. & BRAS, R. 1980b. Real-time forecasting with a conceptual hydrologic model: 2. Applications and results. Water Resources Research, Washington, 16(6):1034-44, Dec.
- 14 - LAMBERT, A. 1969. A comprehensive rainfall run-off model for an upland catchment area. Journal of the Institution of Waters Engineers, London, 23(4):231-8, June.

- 15 - LANNA, A. 1986a. Riscos e catástrofes no domínio dos recursos hídricos: experiência na previsão em tempo atual de cheias com filtro de Kalman. /Trabalho apresentado no 2^o Simpósio Luso-Brasileiro sobre Hidráulica e Recursos Hídricos, Lisboa, 1986/
- 16 - LANNA, A. 1986b. Técnica recursiva dos mínimos quadrados: aplicação a previsões hidrológicas. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 43 p.
- 17 - LANNA, A. & INDURSKY, A. 1983b. Predição de vazões médias mensais com modelos empíricos. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, 1(2):59-91.
- 18 - LANNA, A. & VALENÇA, M. 1985. Previsão em tempo atual de cheias com técnica recursiva dos mínimos quadrados. Aplicação à cidade de Blumenau, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 6., São Paulo, 1985. Anais. Sao Paulo, ABRH. V.3, p.328-44.
- 19 - MINE, M. & BRAGA Jr., B. 1983. Modelos estocásticos lineares para previsão de cheias em tempo-real. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. Anais. Florianópolis, ABRH. V.2, p.3-12.
- 20 - MONRO, J. & ANDERSON, E. 1974. National weather service river forecasting system. Journal of the Hydraulics Division, New York, 100(5):621-30, May.
- 21 - MOORE, R. 1980. Real-time forecasting of flood events using transfer function noise model: part 2. Wallingford, Institute of Hydrology.
- 22 - NASH, S. & SUTCLIFFE, J. 1970. River flow forecasting through conceptual models: part I - a discussion of principles. Journal of Hydrology, Amsterdam, 10:282-90.

- 23 - O'CONNELL, P. 1977. Real-time hydrological forecasting and control. In: INTERNATIONAL WORKSHOP, 1., Wallingford, 1977. Proceedings, Wallingford, Institute
- 24 - O'CONNELL, P. ; BRUNSDON, D. ; REED, D. ; WHITEHEAD, P. 1986. Cases studies in real time hidrological forecasting from the U.K. In: KRAIJENHOFF, D. & MOLL, J. 1986. River flow modelling and forecasting. Dordrech, D. Reidel. Chap. B.
- 25 - O'CONNELL, P. & CLARKE, R. 1981. Adaptive hydrological forecasting: a review. Hydrological Saiences Bulletin, Oxford, 26(2):179-205, June.
- 26 - SALAS, J. & SMITH, R. 1978. Correlation functions of time series. In: COMPUTER WORKSHOP IN STATISTICAL HYDROLOGY, Colorado State University, 1978. Lecture notes. Fort Collins, C.S.U.
- 27 - SCHULTZ, R. 1986. Relationship between theory and practice of real-time flow forecasting. In: KRAIJENHOFF, D. & MOLL, J. 1986. River flow modelling and forecasting. Dorduch, D. Reidel. Chap. 2,7.
- 28 - SZÖLLÖSI-NAGY, A. 1982. The discretization of the continuous linear cascade by means of state space analysis. Journal of Hydrology, Amsterdam, 58(112):223-36.
- 29 - SZÖLLÖSI-NAGY, A. et alii, 1984. On the use of recursive algorithms in real-time river flow forecasting; hungarian experiences. In: IFAC WORLD CONGRESS, 9., Budapest, 1984. V.4
- 30 - TUCCI, C. 1979. Análise de sensibilidade dos parâmetros do algoritmo de infiltração de Horton-Berthelot.

- 31 - TUCCI, C. 1986. Modelos matemáticos em hidrologia e hidráulica. Rio de Janeiro, ABRH. 3 V.
- 32 - TUCCI, C. & CLARKE, R. 1980. Adaptative forecasting with a conceptual rainfall-runoff model. In: OXFORD SYMPOSIUM, 1980. Hydrological forecasting. Oxford, IAHS. p.445-54.
- 33 - TUCCI, C.; SANCHES, O.,J.; SIMÕES LOPES, M. 1982. Modelo matemático precipitação-vazão IPH-II. Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 84 p.
- 34 - VARGAS, X.; BROWN, E.; SANDOVAL, G. 1986. Um modelo de funcion de transferencia para el pronostico de caudales en tiempo real. In: XII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRAULICA. São Paulo, 1986. Anais. São Paulo, Vol.2 p:168-79.
- 35 - YOUNG, P. 1974. Recursive approaches to time series analysis. Bulletin. The Institute of Mathematics and its Applications, Essex, 10(415):209-24, May/June.

A P Ê N D I C E - A

Previsões obtidas pelo MOPHU
com chuvas médias na bacia.

EVENTO:05/83		PEC. MEDIA		MODELO. NOPHU				TABELA. A.1			
INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO= (NIV. PREV. - NIV. OBS.)				
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	
1	1.37	13.2	---	---	---	---	---	---	---	---	
2	1.4	11.6	---	---	---	---	---	---	---	---	
3	1.44	4.4	1.41	---	---	---	-0.03	---	---	---	
4	1.5	3.2	1.48	1.43	---	---	-0.02	-0.07	---	---	
5	1.59	2.1	1.57	1.53	1.45	---	-0.02	-0.06	-0.14	---	
6	1.71	7.5	1.69	1.67	1.61	1.49	-0.02	-0.04	-0.1	-0.22	
7	1.92	23	1.82	1.79	1.76	1.68	-0.1	-0.13	-0.16	-0.24	
8	2.51	13.5	2.23	1.94	1.91	1.87	-0.28	-0.57	-0.6	-0.64	
9	3.26	13.5	2.8	2.42	2.06	2.02	-0.46	-0.84	-1.2	-1.24	
10	3.74	1.5	3.7	3.1	2.67	2.18	-0.04	-0.64	-1.07	-1.56	
11	4.11	0	4.16	4.1	3.42	2.92	.05	-0.01	-0.69	-1.19	
12	4.75	1	4.48	4.53	4.47	3.71	-0.27	-0.22	-0.28	-1.04	
13	5.36	0	5.05	4.76	4.82	4.76	-0.31	-0.6	-0.54	-0.6	
14	5.8	0	5.66	5.34	5.04	5.1	-0.14	-0.46	-0.76	-0.7	
15	6.05	0	6.06	5.92	5.6	5.29	.01	-0.13	-0.45	-0.76	
16	6.11	0	6.34	6.36	6.22	5.89	.23	.25	.11	-0.22	
17	6.03	0	6.33	6.57	6.58	6.45	.3	.54	.55	.42	
18	5.79	0	6.04	6.34	6.57	6.59	.25	.55	.78	.8	
19	5.51	0	5.62	5.87	6.16	6.38	.11	.36	.65	.87	
20	5.22	0	5.21	5.31	5.54	5.81	-0.01	.09	.32	.59	
21	4.92	0	4.79	4.77	4.87	5.08	-0.13	-0.15	-0.05	.16	
22	4.58	0	4.55	4.43	4.42	4.5	-0.03	-0.15	-0.16	-0.08	
23	4.31	0	4.19	4.16	4.05	4.04	-0.12	-0.15	-0.26	-0.27	
24	4.03	0	4	3.89	3.86	3.76	-0.03	-0.14	-0.17	-0.27	
25	3.86	0	3.75	3.73	3.63	3.6	-0.11	-0.13	-0.23	-0.26	
26	3.68	0	3.63	3.53	3.51	3.42	-0.05	-0.15	-0.17	-0.26	
27	3.53	0	3.51	3.46	3.37	3.35	-0.02	-0.07	-0.16	-0.18	
28	3.41	0	3.36	3.35	3.31	3.22	-0.05	-0.06	-0.1	-0.19	
29	3.29	0	3.27	3.23	3.22	3.18	-0.02	-0.06	-0.07	-0.11	
30	3.21	0	3.19	3.16	3.12	3.11	-0.03	-0.05	-0.09	-0.1	
31	3.14	0	3.13	3.09	3.07	3.04	-0.01	-0.05	-0.07	-0.1	
32	3.08	0	3.06	3.04	3.01	2.99	-0.02	-0.04	-0.07	-0.09	
33	3.02	0	3	2.98	2.96	2.93	-0.02	-0.04	-0.06	-0.09	
34	2.96	0	2.94	2.92	2.89	2.88	-0.02	-0.04	-0.07	-0.08	
35	2.9	0	2.88	2.85	2.83	2.81	-0.02	-0.05	-0.07	-0.09	
36	2.85	0	2.84	2.82	2.79	2.77	-0.01	-0.03	-0.06	-0.08	
37	2.78	0	2.79	2.78	2.76	2.73	.01	0	-0.02	-0.05	
38	2.7	0	2.73	2.73	2.72	2.7	.03	.03	.02	0	
39	2.65	0	2.66	2.68	2.68	2.67	.01	.03	.03	.02	
40	2.59	0	2.6	2.61	2.63	2.64	.01	.02	.04	.05	
41	2.55	0	2.55	2.57	2.58	2.6	0	.02	.03	.05	
42	2.48	0	2.41	2.41	2.43	2.43	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	
43	2.44	0	2.32	2.26	2.26	2.27	-0.12	-0.18	-0.18	-0.17	
44	2.4	0	2.36	2.26	2.21	2.21	-0.04	-0.14	-0.19	-0.19	
45	2.36	0	2.32	2.28	2.2	2.16	-0.04	-0.08	-0.16	-0.2	
46	2.34	0	2.31	2.27	2.24	2.17	-0.03	-0.07	-0.1	-0.17	
47	2.3	0	2.22	2.19	2.16	2.14	-0.08	-0.11	-0.14	-0.16	
48	2.25	0	1.89	1.88	1.86	1.83	-0.36	-0.37	-0.39	-0.42	
49	2.23	0	1.67	1.67	1.66	1.64	-0.56	-0.56	-0.57	-0.59	
50	2.21	0	1.42	1.42	1.42	1.42	-0.79	-0.79	-0.79	-0.79	
51	2.19	0	1.39	1.39	1.39	1.39	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
52	2.17	0	1.39	1.39	1.39	1.39	-0.78	-0.78	-0.78	-0.78	

INT. (NIV.OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.42	.4	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.55	17.9	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.82	16	1.73	---	---	---	-.09	---	---	---
4	2.32	4.7	2.04	1.82	---	---	-.28	-.5	---	---
5	2.7	1.1	2.35	2.3	2.03	---	-.35	-.4	-.67	---
6	2.85	.4	2.77	2.76	2.69	2.31	-.08	-.09	-.16	-.54
7	3.03	1	3.29	3.28	3.27	3.18	.26	.25	.24	.15
8	3.13	5.7	3.5	3.83	3.82	3.8	.37	.7	.69	.67
9	3.19	2.3	3.53	3.97	4.38	4.37	.34	.78	1.19	1.18
10	3.21	10.4	3.52	3.92	4.44	4.92	.31	.71	1.23	1.71
11	3.34	12.1	3.5	3.83	4.29	4.88	.16	.49	.95	1.54
12	3.51	4.9	3.55	3.71	4.07	4.57	.04	.2	.56	1.06
13	3.7	4	3.56	3.6	3.76	4.13	-.14	-.1	.06	.43
14	4.01	19.6	3.62	3.47	3.51	3.66	-.39	-.54	-.5	-.35
15	4.4	10.2	3.96	3.46	3.31	3.36	-.44	-.94	-1.09	-1.04
16	4.84	2.8	4.26	3.78	3.25	3.09	-.58	-1.06	-1.59	-1.75
17	5.26	5.7	4.85	4.23	3.72	3.08	-.41	-1.03	-1.54	-2.18
18	5.57	4.5	5.45	5	4.33	3.77	-.12	-.57	-1.24	-1.8
19	5.85	7	5.82	5.67	5.2	4.49	-.03	-.18	-.65	-1.36
20	6.08	8.9	6.15	6.09	5.93	5.43	.07	.01	-.15	-.65
21	6.29	3.2	6.35	6.39	6.32	6.15	.06	.1	.03	-.14
22	6.46	5.5	6.45	6.51	6.55	6.46	-.01	.05	.09	0
23	6.61	15.8	6.6	6.58	6.65	6.66	-.01	-.03	.04	.05
24	6.79	2.3	6.73	6.66	6.63	6.7	-.06	-.13	-.16	-.09
25	6.95	0	6.75	6.69	6.6	6.56	-.2	-.26	-.35	-.39
26	7.04	0	6.87	6.66	6.6	6.45	-.17	-.38	-.44	-.59
27	7.09	0	6.93	6.76	6.54	6.48	-.16	-.33	-.55	-.61
28	7.08	2.1	6.95	6.79	6.61	6.39	-.13	-.29	-.47	-.69
29	7.03	13.8	7.01	6.88	6.72	6.54	-.02	-.15	-.31	-.49
30	6.9	12	7.01	6.93	6.8	6.65	.11	.03	-.1	-.25
31	6.7	15	6.83	6.88	6.78	6.66	.13	.18	.08	-.04
32	6.51	0	6.71	6.76	6.8	6.65	.2	.25	.29	.14
33	6.34	2.8	6.46	6.67	6.69	6.67	.14	.33	.35	.33
34	6.36	16	6.3	6.43	6.61	6.57	-.06	.07	.25	.21
35	6.52	20.5	6.41	6.28	6.41	6.57	-.11	-.24	-.11	.05
36	6.65	.2	6.58	6.44	6.3	6.42	-.07	-.21	-.35	-.23
37	6.74	.2	6.78	6.77	6.54	6.34	.04	.03	-.2	-.4
38	6.78	.4	7.05	7.09	7.09	6.78	.27	.31	.31	0
39	6.73	1.1	7.1	7.37	7.41	7.41	.37	.64	.68	.68
40	6.63	2.2	7	7.38	7.65	7.68	.37	.75	1.02	1.05
41	6.47	6	6.8	7.17	7.54	7.8	.33	.7	1.07	1.33
42	6.27	0	6.55	6.87	7.23	7.59	.28	.6	.96	1.32
43	6.06	.1	6.22	6.49	6.79	7.14	.16	.43	.73	1.08
44	5.74	3	6.01	6.16	6.42	6.71	.27	.42	.68	.97
45	5.49	9.8	5.63	5.89	6.03	6.27	.14	.4	.54	.78
46	5.22	5.1	5.28	5.4	5.64	5.77	.06	.18	.42	.55
47	5.02	1.9	4.9	4.96	5.06	5.29	-.12	-.06	.04	.27
48	4.92	8.9	4.65	4.55	4.6	4.68	-.27	-.37	-.32	-.24
49	4.84	10.4	4.6	4.33	4.22	4.27	-.24	-.51	-.62	-.57
50	4.84	0	4.63	4.36	4.09	3.99	-.21	-.48	-.75	-.85
51	4.99	0	4.6	4.39	4.11	3.84	-.39	-.6	-.88	-1.15
52	5.16	0	4.85	4.44	4.23	3.92	-.31	-.72	-.93	-1.24
53	5.28	0	5.16	4.85	4.42	4.2	-.12	-.43	-.86	-1.08
54	5.31	0	5.35	5.23	4.9	4.46	.04	-.08	-.41	-.85
55	5.26	0	5.26	5.3	5.18	4.84	0	.04	-.08	-.42
56	5.13	.2	5.25	5.25	5.29	5.16	.12	.12	.16	.03

Cont. Tabela A.2

57	4.99	.6	5.13	5.24	5.24	5.29	.14	.25	.25	.3
58	4.82	4.2	4.95	5.09	5.2	5.2	.13	.27	.38	.38
59	4.65	3.4	4.69	4.82	4.95	5.06	.04	.17	.3	.41
60	4.51	5	4.48	4.51	4.63	4.75	-.03	0	.12	.24
61	4.38	8.5	4.25	4.22	4.26	4.37	-.13	-.16	-.12	-.01
62	4.31	.4	4.14	4	3.97	4	-.17	-.31	-.34	-.31
63	4.31	0	4.08	3.92	3.77	3.74	-.23	-.39	-.54	-.57
64	4.3	0	4.1	3.86	3.7	3.52	-.2	-.44	-.6	-.78
65	4.29	0	4.22	4.01	3.75	3.59	-.07	-.28	-.54	-.7
66	4.24	0	4.28	4.21	3.99	3.71	.04	-.03	-.25	-.53
67	4.18	0	4.27	4.31	4.23	3.98	.09	.13	.05	-.2
68	4.12	3.2	4.23	4.33	4.37	4.29	.11	.21	.25	.17
69	4.1	4.9	4.18	4.29	4.38	4.43	.08	.19	.28	.33
70	4.1	2.8	4.05	4.12	4.22	4.32	-.05	.02	.12	.22
71	4.12	1.5	3.99	3.95	4	4.11	-.13	-.17	-.12	-.01
72	4.15	12.1	3.89	3.79	3.75	3.79	-.26	-.36	-.4	-.36
73	4.24	11	4.08	3.78	3.66	3.62	-.16	-.46	-.58	-.62
74	4.35	3.9	4.18	3.96	3.63	3.52	-.17	-.39	-.72	-.83
75	4.48	1.5	4.21	4.02	3.76	3.36	-.27	-.46	-.72	-1.12
76	4.63	0	4.46	4.17	3.96	3.64	-.17	-.46	-.67	-.99
77	4.75	0	4.84	4.65	4.34	4.12	.09	-.1	-.41	-.63
78	4.87	0	5.02	5.11	4.91	4.58	.15	.24	.04	-.29
79	4.95	0	5.13	5.29	5.4	5.19	.18	.34	.45	.24
80	4.95	0	5.18	5.37	5.54	5.64	.23	.42	.59	.69
81	4.89	0	5.13	5.36	5.56	5.72	.24	.47	.67	.83
82	4.77	0	5	5.23	5.45	5.65	.23	.46	.68	.88
83	4.65	0	4.78	5	5.23	5.44	.13	.35	.58	.79
84	4.46	0	4.52	4.64	4.85	5.06	.06	.18	.39	.6
85	4.31	0	4.22	4.27	4.38	4.58	-.09	-.04	.07	.27
86	4.14	0	3.93	3.85	3.9	4	-.21	-.29	-.24	-.14
87	4.03	0	3.82	3.63	3.56	3.6	-.21	-.4	-.47	-.43
88	3.91	0	3.76	3.58	3.4	3.34	-.15	-.33	-.51	-.57
89	3.8	0	3.59	3.45	3.28	3.13	-.21	-.35	-.52	-.67
90	3.7	0	3.49	3.3	3.17	3.02	-.21	-.4	-.53	-.68
91	3.61	0	3.51	3.32	3.14	3.02	-.1	-.29	-.47	-.59
92	3.53	0	3.45	3.37	3.19	3.02	-.08	-.16	-.34	-.51
93	3.47	0	3.32	3.32	3.24	3.07	-.15	-.15	-.23	-.4
94	3.41	0	3.21	3.21	3.21	3.13	-.2	-.2	-.2	-.28
95	3.37	0	3.11	3.11	3.11	3.11	-.26	-.26	-.26	-.26
96	3.34	0	3.03	3.03	3.03	3.03	-.31	-.31	-.31	-.31
97	3.28	0	2.94	2.94	2.94	2.94	-.34	-.34	-.34	-.34
98	3.24	0	2.86	2.86	2.86	2.86	-.38	-.38	-.38	-.38
99	3.19	0	2.74	2.74	2.74	2.74	-.45	-.45	-.45	-.45
100	3.15	0	2.64	2.64	2.64	2.64	-.51	-.51	-.51	-.51
101	3.11	0	2.53	2.53	2.53	2.53	-.58	-.58	-.58	-.58
102	3.08	0	2.38	2.38	2.38	2.38	-.7	-.7	-.7	-.7
103	3.05	0	2.35	2.35	2.35	2.35	-.7	-.7	-.7	-.7
104	3.02	0	2.31	2.31	2.31	2.31	-.71	-.71	-.71	-.71
105	2.98	0	2.28	2.28	2.28	2.28	-.7	-.7	-.7	-.7
106	2.95	0	2.24	2.24	2.24	2.24	-.71	-.71	-.71	-.71
107	2.92	0	2.23	2.23	2.23	2.23	-.69	-.69	-.69	-.69
108	2.9	0	2.19	2.19	2.19	2.19	-.71	-.71	-.71	-.71
109	2.87	0	2.11	2.11	2.11	2.11	-.76	-.76	-.76	-.76
110	2.84	0	2.01	2.01	2.01	2.01	-.83	-.83	-.83	-.83
111	2.8	0	1.95	1.95	1.95	1.95	-.85	-.85	-.85	-.85
112	2.76	0	1.91	1.91	1.91	1.91	-.85	-.85	-.85	-.85
113	2.72	0	1.72	1.72	1.72	1.72	-.1	-.1	-.1	-.1
114	2.7	0	1.52	1.52	1.52	1.52	-1.18	-1.18	-1.18	-1.18
115	2.67	0	1.45	1.45	1.45	1.45	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22

EVENTO:09/83		PREC. MEDIA	MODELO. NDFHU				TABELA. A.3			
INT. (NIV.OBS.)(PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS(METRO)				ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2RS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.29	15.4	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.38	17	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.5	10	1.53	---	---	---	.03	---	---	---
4	1.69	7.9	1.6	1.64	---	---	-.09	-.05	---	---
5	1.99	2.3	1.89	1.75	1.81	---	-.1	-.24	-.18	---
6	2.55	10.6	2.28	2.14	1.96	2.03	-.27	-.41	-.59	-.52
7	2.94	2	2.98	2.59	2.41	2.18	.04	-.35	-.53	-.76
8	3.26	5.4	3.35	3.4	2.91	2.69	.09	.14	-.35	-.57
9	3.62	9	3.65	3.76	3.82	3.23	.03	.14	.2	-.39
10	4.09	6.6	4.02	4.04	4.16	4.24	-.07	-.05	.07	.15
11	4.63	1.3	4.43	4.35	4.37	4.52	-.2	-.28	-.26	-.11
12	5.05	.5	4.84	4.62	4.53	4.54	-.21	-.43	-.52	-.51
13	5.21	0	5.09	4.87	4.63	4.53	-.12	-.34	-.58	-.68
14	5.25	0	5.12	5	4.77	4.51	-.13	-.25	-.48	-.74
15	5.18	0	5.05	4.92	4.79	4.55	-.13	-.26	-.39	-.63
16	4.99	0	4.97	4.84	4.71	4.58	-.02	-.15	-.28	-.41
17	4.75	0	4.77	4.76	4.62	4.49	.02	.01	-.13	-.26
18	4.51	0	4.51	4.54	4.52	4.39	0	.03	.01	-.12
19	4.27	0	4.3	4.3	4.33	4.31	.03	.03	.06	.04
20	4.06	0	4.01	4.04	4.05	4.07	-.05	-.02	-.01	.01
21	3.87	0	3.84	3.8	3.83	3.83	-.03	-.07	-.04	-.04
22	3.7	0	3.63	3.6	3.57	3.59	-.07	-.1	-.13	-.11
23	3.53	0	3.45	3.39	3.37	3.33	-.08	-.14	-.16	-.2
24	3.37	0	3.33	3.27	3.21	3.19	-.04	-.1	-.16	-.18
25	3.26	0	3.2	3.17	3.11	3.06	-.06	-.09	-.15	-.2
26	3.14	0	3.11	3.06	3.03	2.97	-.03	-.08	-.11	-.17
27	3.06	0	3.01	2.97	2.93	2.9	-.05	-.09	-.13	-.16
28	2.97	0	2.94	2.89	2.86	2.82	-.03	-.08	-.11	-.15
29	2.91	0	2.87	2.84	2.79	2.77	-.04	-.07	-.12	-.14
30	2.85	0	2.81	2.77	2.74	2.7	-.04	-.08	-.11	-.15
31	2.79	0	2.77	2.73	2.7	2.67	-.02	-.06	-.09	-.12
32	2.72	0	2.72	2.7	2.66	2.63	0	-.02	-.06	-.09
33	2.67	0	2.66	2.66	2.64	2.61	-.01	-.01	-.03	-.06
34	2.61	0	2.61	2.6	2.6	2.59	0	-.01	-.01	-.02
35	2.54	0	2.55	2.55	2.55	2.55	.01	.01	.01	.01
36	2.46	0	2.49	2.5	2.5	2.5	.03	.04	.04	.04
37	2.4	0	2.41	2.44	2.45	2.45	.01	.04	.05	.05
38	2.34	0	2.36	2.37	2.39	2.4	.02	.03	.05	.06
39	2.29	0	2.3	2.31	2.32	2.35	.01	.02	.03	.06
40	2.23	0	2.25	2.26	2.28	2.29	.02	.03	.05	.06
41	2.19	0	2.2	2.22	2.23	2.24	.01	.03	.04	.05
42	2.15	0	2.01	2.02	2.04	2.05	-.14	-.13	-.11	-.1
43	2.11	0	1.93	1.8	1.81	1.83	-.18	-.31	-.3	-.28
44	2.09	0	1.96	1.8	1.69	1.7	-.13	-.29	-.4	-.39
45	2.07	0	1.96	1.85	1.71	1.61	-.11	-.22	-.36	-.46
46	2.04	0	1.96	1.91	1.81	1.69	-.08	-.13	-.23	-.35
47	2.02	0	1.77	1.77	1.73	1.64	-.25	-.25	-.29	-.38
48	1.99	0	1.73	1.73	1.73	1.69	-.26	-.26	-.26	-.3
49	1.98	0	1.63	1.63	1.63	1.63	-.35	-.35	-.35	-.35
50	1.95	0	1.46	1.46	1.46	1.46	-.49	-.49	-.49	-.49

EVENTO:08/84 PREC. MEDIA MODELO. MOPHU TABELA. A.4

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO= (NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.61	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.65	7.9	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.75	11	1.78	---	---	---	.03	---	---	---
4	1.92	12.6	1.95	1.85	---	---	.03	-.07	---	---
5	2.21	3.8	2.2	2.09	1.99	---	-.01	-.12	-.22	---
6	2.74	4.7	2.5	2.45	2.33	2.16	-.24	-.29	-.41	-.58
7	2.99	1.4	3.13	2.87	2.8	2.62	.14	-.12	-.19	-.37
8	3.23	4.5	3.45	3.63	3.29	3.21	.22	.4	.06	-.02
9	3.57	5.7	3.71	3.95	4.17	3.76	.14	.38	.6	.19
10	3.86	10.7	4.03	4.17	4.46	4.71	.17	.31	.6	.85
11	4.07	11	4.34	4.48	4.64	4.95	.27	.41	.57	.88
12	4.33	6	4.49	4.74	4.89	5.05	.16	.41	.56	.72
13	4.71	5.9	4.63	4.79	5.07	5.19	-.08	.08	.36	.48
14	5.16	17	4.91	4.81	4.98	5.25	-.25	-.35	-.18	.09
15	5.54	3.5	5.34	4.98	4.87	5.04	-.2	-.56	-.67	-.5
16	5.8	1.5	5.61	5.39	4.99	4.87	-.19	-.41	-.81	-.93
17	6.08	1.1	5.91	5.71	5.49	5.01	-.17	-.37	-.59	-1.07
18	6.34	0	6.24	6.06	5.87	5.63	-.1	-.28	-.47	-.71
19	6.5	20.8	6.57	6.47	6.3	6.1	.07	-.03	-.2	-.4
20	6.85	1.2	6.78	6.75	6.65	6.47	-.07	-.1	-.2	-.38
21	6.92	4.3	7	6.93	6.87	6.77	.08	.01	-.05	-.15
22	6.74	2.4	7.01	7.08	7.01	6.87	.27	.34	.27	.13
23	6.58	2.5	6.79	7.05	7.12	7.05	.21	.47	.54	.47
24	6.41	1.6	6.58	6.78	7.03	7.09	.17	.37	.62	.68
25	6.22	1.1	6.3	6.46	6.65	6.9	.08	.24	.43	.68
26	6.04	.1	6.12	6.2	6.34	6.53	.08	.16	.3	.49
27	5.81	0	5.93	6.01	6.08	6.22	.12	.2	.27	.41
28	5.62	8	5.7	5.83	5.9	5.97	.08	.21	.28	.35
29	5.42	0	5.6	5.66	5.78	5.84	.18	.24	.36	.42
30	5.22	3.9	5.21	5.39	5.44	5.55	-.01	.17	.22	.33
31	5	0	4.95	4.95	5.12	5.15	-.05	-.05	.12	.15
32	4.78	2.6	4.74	4.69	4.68	4.85	-.04	-.09	-.1	.07
33	4.59	1	4.47	4.42	4.38	4.37	-.12	-.17	-.21	-.22
34	4.43	0	4.45	4.32	4.28	4.23	.02	-.11	-.15	-.2
35	4.31	0	4.24	4.26	4.14	4.1	-.07	-.05	-.17	-.21
36	4.22	0	4.19	4.12	4.13	4.01	-.03	-.1	-.09	-.21
37	4.16	0	4.14	4.11	4.04	4.05	-.02	-.05	-.12	-.11
38	4.11	0	4.09	4.07	4.03	3.96	-.02	-.04	-.08	-.15
39	4.06	0	4	3.98	3.97	3.93	-.06	-.08	-.09	-.13
40	3.98	0	3.9	3.85	3.83	3.81	-.08	-.13	-.15	-.17
41	3.9	0	3.83	3.76	3.71	3.69	-.07	-.14	-.19	-.21
42	3.84	0	3.72	3.66	3.59	3.54	-.12	-.18	-.25	-.3
43	3.76	0	3.68	3.57	3.51	3.45	-.08	-.19	-.25	-.31
44	3.68	0	3.54	3.46	3.37	3.32	-.14	-.22	-.31	-.36
45	3.61	0	3.47	3.34	3.26	3.17	-.14	-.27	-.35	-.44
46	3.55	0	3.45	3.33	3.21	3.15	-.1	-.22	-.34	-.4
47	3.47	0	3.39	3.31	3.19	3.09	-.09	-.16	-.28	-.38
48	3.41	0	3.36	3.3	3.22	3.11	-.05	-.11	-.19	-.3
49	3.35	0	3.29	3.25	3.19	3.12	-.06	-.1	-.16	-.23
50	3.29	0	3.22	3.16	3.12	3.07	-.07	-.13	-.17	-.22
51	3.22	0	3.12	3.05	3	2.96	-.1	-.17	-.22	-.26
52	3.17	0	3.05	2.96	2.89	2.84	-.12	-.21	-.28	-.33
53	3.12	0	3.04	2.94	2.85	2.78	-.08	-.18	-.27	-.34
54	2.88	0	2.97	2.95	2.85	2.76	.09	.07	-.03	-.12
55	2.84	0	2.62	2.72	2.69	2.59	-.22	-.12	-.15	-.25
56	2.81	0	2.63	2.54	2.63	2.6	-.18	-.27	-.18	-.21
57	2.75	0	2.56	2.56	2.48	2.56	-.19	-.19	-.27	-.19
58	2.72	0	2.51	2.51	2.51	2.44	-.21	-.21	-.21	-.28
59	2.68	0	2.48	2.48	2.48	2.48	-.2	-.2	-.2	-.2
60	2.65	0	2.19	2.19	2.19	2.19	-.46	-.46	-.46	-.46
61	2.6	0	2.15	2.15	2.15	2.15	-.45	-.45	-.45	-.45
62	2.53	0	2.07	2.07	2.07	2.07	-.46	-.46	-.46	-.46

APÊNDICE - B

Previsões obtidas pelo MOPHU+ARIX
com chuvas médias na bacia.

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)		NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRD= (NIV. PREV. - NIV. OBS.)				
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.37	13.2	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.4	11.6	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.44	4.4	1.41	---	---	---	-.03	---	---	---
4	1.5	3.2	1.48	1.43	---	---	-.02	-.07	---	---
5	1.59	2.1	1.6	1.53	1.45	---	.01	-.06	-.14	---
6	1.71	7.5	1.7	1.67	1.61	1.49	-.01	-.04	-.1	-.22
7	1.92	23	1.84	1.79	1.76	1.68	-.08	-.13	-.16	-.24
8	2.51	13.5	2.32	1.97	1.91	1.87	-.19	-.54	-.6	-.64
9	3.26	13.5	3.03	2.53	2.06	2.02	-.23	-.73	-1.2	-1.24
10	3.74	1.5	4.09	3.59	2.67	2.18	.35	-.15	-1.07	-1.56
11	4.11	0	4.18	4.75	3.77	2.92	.07	.64	-.34	-1.19
12	4.75	1	4.42	4.96	5.15	3.71	-.33	.21	.4	-1.04
13	5.36	0	5.29	4.59	5.51	4.76	-.07	-.77	.15	-.6
14	5.8	0	5.94	5.55	5.52	5.92	.14	-.25	-.28	.12
15	6.05	0	6.18	6.43	5.82	5.98	.13	.38	-.23	-.07
16	6.11	0	6.31	6.72	6.59	6.39	.2	.61	.48	.28
17	6.03	0	6.06	6.62	7.11	6.84	.03	.59	1.08	.81
18	5.79	0	5.72	6.01	6.96	6.98	-.07	.22	1.17	1.19
19	5.51	0	5.37	5.2	6.13	6.72	-.14	-.31	.62	1.21
20	5.22	0	5.14	4.68	5.03	5.86	-.08	-.54	-.19	.64
21	4.92	0	4.84	4.47	3.9	4.49	-.08	-.45	-1.02	-.43
22	4.58	0	4.73	4.46	3.57	3.33	.15	-.12	-1.01	-1.25
23	4.31	0	4.23	4.45	3.7	2.66	-.08	.14	-.61	-1.65
24	4.03	0	4.16	4.13	3.96	2.83	.13	.1	-.07	-1.2
25	3.86	0	3.78	3.97	3.94	3.45	-.08	.11	.08	-.41
26	3.68	0	3.77	3.74	3.93	3.68	.09	.06	.25	0
27	3.53	0	3.56	3.67	3.73	3.86	.03	.14	.2	.33
28	3.41	0	3.39	3.54	3.67	3.8	-.02	.13	.26	.39
29	3.29	0	3.33	3.32	3.54	3.77	.04	.03	.25	.48
30	3.21	0	3.2	3.25	3.36	3.63	-.01	.04	.15	.42
31	3.14	0	3.17	3.18	3.26	3.51	.03	.04	.12	.37
32	3.08	0	3.07	3.12	3.16	3.33	-.01	.04	.08	.25
33	3.02	0	3.03	3.04	3.11	3.23	.01	.02	.09	.21
34	2.96	0	2.96	2.97	3.02	3.13	0	.01	.06	.17
35	2.9	0	2.91	2.91	2.95	3.02	.01	.01	.05	.12
36	2.85	0	2.87	2.89	2.89	2.97	.02	.03	.04	.12
37	2.78	0	2.8	2.65	2.85	2.89	.02	.07	.07	.11
38	2.7	0	2.72	2.77	2.82	2.85	.02	.07	.12	.15
39	2.65	0	2.64	2.68	2.77	2.81	-.01	.03	.12	.16
40	2.59	0	2.6	2.59	2.69	2.77	.01	0	.1	.18
41	2.55	0	2.54	2.55	2.58	2.7	-.01	0	.03	.15
42	2.48	0	2.41	2.4	2.42	2.51	-.07	-.08	-.06	.03
43	2.44	0	2.41	2.25	2.24	2.3	-.03	-.19	-.2	-.14
44	2.4	0	2.49	2.37	2.2	2.22	.09	-.03	-.2	-.18
45	2.36	0	2.35	2.51	2.28	2.17	-.01	.15	-.08	-.19
46	2.34	0	2.35	2.4	2.42	2.23	.01	.06	.08	-.11
47	2.3	0	2.26	2.26	2.38	2.32	-.04	-.04	.08	.02
48	2.25	0	1.99	1.97	2.06	2.07	-.26	-.28	-.19	-.18
49	2.23	0	2.11	1.82	1.82	1.95	-.12	-.41	-.41	-.28
50	2.21	0	2.08	1.95	1.63	1.71	-.13	-.26	-.58	-.5
51	2.19	0	2.22	2.08	1.85	1.67	.03	-.11	-.34	-.52
52	1.37	0	2.18	2.22	2.02	1.82	.81	.85	.65	.45

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.42	.4	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.55	17.9	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.82	16	1.73	---	---	---	-.09	---	---	---
4	2.32	4.7	2.04	1.82	---	---	-.28	-.5	---	---
5	2.7	1.1	2.6	2.3	2.03	---	-.1	-.4	-.67	---
6	2.85	.4	3.09	2.76	2.69	2.31	.24	-.09	-.16	-.54
7	3.03	1	3.35	3.28	3.27	3.18	.32	.25	.24	.15
8	3.13	5.7	3.2	3.79	3.82	3.8	.07	.66	.69	.67
9	3.19	2.3	3.15	3.65	4.38	4.37	-.04	.46	1.19	1.18
10	3.21	10.4	3.18	3.05	4.44	4.92	-.03	-.16	1.23	1.71
11	3.34	12.1	3.19	2.96	3.71	4.88	-.15	-.38	.37	1.54
12	3.51	4.9	3.41	2.99	2.86	4.57	-.1	-.52	-.65	1.06
13	3.7	4	3.54	3.15	2.28	4.13	-.16	-.55	-1.42	.43
14	4.01	19.6	3.79	3.37	2.28	1.31	-.22	-.64	-1.73	-2.7
15	4.4	10.2	4.37	3.67	2.53	.57	-.03	-.73	-1.87	-3.83
16	4.84	2.8	4.69	4.45	3.04	.67	-.15	-.39	-1.8	-4.17
17	5.26	5.7	5.41	5.2	4.12	2.14	.15	-.06	-1.14	-3.12
18	5.57	4.5	5.79	5.93	5.25	3.69	.22	.36	-.32	-1.88
19	5.85	7	5.86	6.51	6.47	5.05	.01	.66	.62	-.8
20	6.08	8.9	6.14	6.37	7.09	6.47	.06	.29	1.01	.39
21	6.29	3.2	6.24	6.33	7.21	7.48	-.05	.04	.92	1.19
22	6.46	5.5	6.38	6.36	6.94	7.64	-.08	-.1	.48	1.18
23	6.61	15.8	6.62	6.39	6.61	7.55	.01	-.22	0	.94
24	6.79	2.3	6.72	6.59	6.48	7.09	-.07	-.2	-.31	.3
25	6.95	0	6.82	6.73	6.42	6.56	-.13	-.22	-.53	-.39
26	7.04	0	7.1	6.83	6.47	6.28	.06	-.21	-.57	-.76
27	7.09	0	7.09	7.07	6.78	6.27	0	-.02	-.31	-.82
28	7.08	2.1	7.1	7.2	7.01	6.34	.02	.12	-.07	-.74
29	7.03	13.8	7.13	7.17	7.16	6.81	.1	.14	.13	-.22
30	6.9	12	7	7.18	7.34	7.12	.1	.28	.44	.22
31	6.7	15	6.68	6.95	7.19	7.14	-.02	.25	.49	.44
32	6.51	0	6.58	6.63	7.02	7.21	.07	.12	.51	.7
33	6.34	2.8	6.27	6.4	6.7	7.11	-.07	.06	.36	.77
34	6.36	16	6.18	6.16	6.45	6.8	-.18	-.2	.09	.44
35	6.52	20.5	6.52	5.93	6.04	6.62	0	-.59	-.48	.1
36	6.65	.2	6.7	6.55	5.95	6.32	.05	-.1	-.7	-.33
37	6.74	.2	6.83	7.18	6.39	6.08	.09	.44	-.35	-.66
38	6.78	.4	6.98	7.24	7.38	6.72	.2	.46	.6	-.06
39	6.73	1.1	6.74	7.19	7.81	7.48	.01	.46	1.08	.75
40	6.63	2.2	6.59	6.9	7.72	7.98	-.04	.27	1.09	1.35
41	6.47	6	6.42	6.27	7.02	8.13	-.05	-.2	.55	1.66
42	6.27	0	6.24	6.02	6.38	7.5	-.03	-.25	.11	1.23
43	6.06	.1	5.96	5.79	5.51	6.39	-.1	-.27	-.55	.33
44	5.74	3	5.92	5.63	5.19	5.51	.18	-.11	-.55	-.23
45	5.49	9.8	5.32	5.62	5.02	4.67	-.17	.13	-.47	-.82
46	5.22	5.1	5.19	5	4.98	4.12	-.03	-.22	-.24	-1.1
47	5.02	1.9	4.89	4.6	4.37	3.95	-.13	-.42	-.65	-1.07
48	4.92	8.9	4.85	4.58	4.1	3.5	-.07	-.34	-.82	-1.42
49	4.84	10.4	4.92	4.63	3.92	3.36	.08	-.21	-.92	-1.48
50	4.84	0	4.87	4.99	4.35	3.43	.03	.15	-.49	-1.41
51	4.99	0	4.79	5	4.74	3.78	-.2	.01	-.25	-1.21
52	5.16	0	5.28	4.91	5.03	4.38	.12	-.25	-.13	-.78
53	5.28	0	5.42	5.49	5.22	4.97	.14	.21	-.04	-.31
54	5.31	0	5.39	5.9	5.78	5.39	.08	.59	.47	.08
55	5.26	0	5.17	5.52	6.02	5.91	-.09	.26	.76	.65
56	5.13	.2	5.26	5.08	5.97	6.27	.13	-.05	.84	1.14

Cont. Tabela B.2

! 57 !	4.99 !	.6 !	4.99 !	5.11 !	5.37 !	6.21 !	0 !	.12 !	.38 !	1.22 !
! 58 !	4.82 !	4.2 !	4.81 !	4.94 !	5.07 !	5.86 !	-.01 !	.12 !	.25 !	1.04 !
! 59 !	4.65 !	3.4 !	4.57 !	4.49 !	4.65 !	5.33 !	-.08 !	-.16 !	0 !	.68 !
! 60 !	4.51 !	5 !	4.48 !	4.24 !	4.31 !	4.61 !	-.03 !	-.27 !	-.2 !	.1 !
! 61 !	4.38 !	8.5 !	4.32 !	4.17 !	3.79 !	3.98 !	-.06 !	-.21 !	-.59 !	-.4 !
! 62 !	4.31 !	.4 !	4.31 !	4.16 !	3.76 !	3.56 !	0 !	-.15 !	-.55 !	-.75 !
! 63 !	4.31 !	0 !	4.26 !	4.23 !	3.83 !	3.35 !	-.05 !	-.08 !	-.48 !	-.96 !
! 64 !	4.3 !	0 !	4.36 !	4.31 !	4.05 !	3.38 !	.06 !	.01 !	-.25 !	-.92 !
! 65 !	4.29 !	0 !	4.41 !	4.47 !	4.29 !	3.78 !	.12 !	.18 !	0 !	-.51 !
! 66 !	4.24 !	0 !	4.3 !	4.66 !	4.66 !	4.19 !	.06 !	.42 !	.42 !	-.05 !
! 67 !	4.18 !	0 !	4.2 !	4.48 !	4.84 !	4.66 !	.02 !	.3 !	.66 !	.48 !
! 68 !	4.12 !	3.2 !	4.13 !	4.21 !	4.82 !	5.08 !	.01 !	.09 !	.7 !	.96 !
! 69 !	4.1 !	4.9 !	4.06 !	4.06 !	4.5 !	5.08 !	-.04 !	-.04 !	.4 !	.98 !
! 70 !	4.1 !	2.8 !	3.99 !	3.87 !	4.01 !	4.8 !	-.11 !	-.23 !	-.09 !	.7 !
! 71 !	4.12 !	1.5 !	4.08 !	3.78 !	3.65 !	4.28 !	-.04 !	-.34 !	-.47 !	.16 !
! 72 !	4.15 !	12.1 !	4.05 !	3.9 !	3.43 !	3.59 !	-.1 !	-.25 !	-.72 !	-.56 !
! 73 !	4.24 !	11 !	4.37 !	4.09 !	3.64 !	3.26 !	.13 !	-.15 !	-.6 !	-.98 !
! 74 !	4.35 !	3.9 !	4.3 !	4.41 !	3.91 !	3.32 !	-.05 !	.06 !	-.44 !	-1.03 !
! 75 !	4.48 !	1.5 !	4.38 !	4.52 !	4.31 !	3.45 !	-.1 !	.04 !	-.17 !	-1.03 !
! 76 !	4.63 !	0 !	4.74 !	4.49 !	4.59 !	4.06 !	.11 !	-.14 !	-.04 !	-.57 !
! 77 !	4.75 !	0 !	4.96 !	5.09 !	5.04 !	4.71 !	.21 !	.34 !	.29 !	-.04 !
! 78 !	4.87 !	0 !	4.83 !	5.5 !	5.49 !	5.28 !	-.04 !	.63 !	.62 !	.41 !
! 79 !	4.95 !	0 !	4.95 !	5.13 !	5.89 !	6.04 !	0 !	.18 !	.94 !	1.09 !
! 80 !	4.95 !	0 !	4.97 !	4.88 !	5.72 !	6.34 !	.02 !	-.07 !	.77 !	1.39 !
! 81 !	4.89 !	0 !	4.89 !	4.91 !	5.23 !	6.14 !	0 !	.02 !	.34 !	1.25 !
! 82 !	4.77 !	0 !	4.76 !	4.72 !	4.72 !	5.79 !	-.01 !	-.05 !	-.05 !	1.02 !
! 83 !	4.65 !	0 !	4.56 !	4.47 !	4.45 !	5.07 !	-.09 !	-.18 !	-.2 !	.42 !
! 84 !	4.46 !	0 !	4.43 !	4.15 !	4 !	4.16 !	-.03 !	-.31 !	-.46 !	-.3 !
! 85 !	4.31 !	0 !	4.21 !	4.02 !	3.55 !	3.44 !	-.1 !	-.29 !	-.76 !	-.87 !
! 86 !	4.14 !	0 !	4.09 !	3.84 !	3.3 !	2.69 !	-.05 !	-.3 !	-.84 !	-1.45 !
! 87 !	4.03 !	0 !	4.09 !	3.9 !	3.31 !	2.46 !	.06 !	-.13 !	-.72 !	-1.57 !
! 88 !	3.91 !	0 !	3.98 !	4.1 !	3.62 !	2.54 !	.07 !	.19 !	-.29 !	-1.37 !
! 89 !	3.8 !	0 !	3.74 !	3.98 !	3.87 !	2.96 !	-.06 !	.18 !	.07 !	-.84 !
! 90 !	3.7 !	0 !	3.74 !	3.65 !	3.89 !	3.37 !	.04 !	-.05 !	.19 !	-.33 !
! 91 !	3.61 !	0 !	3.73 !	3.71 !	3.79 !	3.71 !	.12 !	.1 !	.18 !	.1 !
! 92 !	3.53 !	0 !	3.52 !	3.82 !	3.78 !	3.79 !	-.01 !	.29 !	.25 !	.26 !
! 93 !	3.47 !	0 !	3.4 !	3.56 !	3.82 !	3.91 !	-.07 !	.09 !	.35 !	.44 !
! 94 !	3.41 !	0 !	3.38 !	3.32 !	3.68 !	3.89 !	-.03 !	-.09 !	.27 !	.48 !
! 95 !	3.37 !	0 !	3.34 !	3.27 !	3.43 !	3.76 !	-.03 !	-.1 !	.06 !	.39 !
! 96 !	3.34 !	0 !	3.32 !	3.29 !	3.24 !	3.61 !	-.02 !	-.05 !	-.1 !	.27 !
! 97 !	3.28 !	0 !	3.27 !	3.27 !	3.17 !	3.41 !	-.01 !	-.01 !	-.11 !	.13 !
! 98 !	3.24 !	0 !	3.22 !	3.22 !	3.2 !	3.22 !	-.02 !	-.02 !	-.04 !	-.02 !
! 99 !	3.19 !	0 !	3.15 !	3.13 !	3.13 !	3.09 !	-.04 !	-.06 !	-.06 !	-.1 !
! 100 !	3.15 !	0 !	3.12 !	3.08 !	3.04 !	3.04 !	-.03 !	-.07 !	-.11 !	-.11 !
! 101 !	3.11 !	0 !	3.07 !	3.05 !	2.98 !	2.96 !	-.04 !	-.06 !	-.13 !	-.15 !
! 102 !	3.08 !	0 !	3.02 !	2.98 !	2.94 !	2.85 !	-.06 !	-.1 !	-.14 !	-.23 !
! 103 !	3.05 !	0 !	3.09 !	3.01 !	2.95 !	2.88 !	.04 !	-.04 !	-.1 !	-.17 !
! 104 !	3.02 !	0 !	3.02 !	3.1 !	3 !	2.93 !	0 !	.08 !	-.02 !	-.09 !
! 105 !	2.98 !	0 !	2.99 !	3 !	3.08 !	2.95 !	.01 !	.02 !	.1 !	-.03 !
! 106 !	2.95 !	0 !	2.96 !	2.97 !	2.98 !	3.03 !	.01 !	.02 !	.03 !	.08 !
! 107 !	2.92 !	0 !	2.94 !	2.95 !	2.95 !	2.98 !	.02 !	.03 !	.03 !	.06 !
! 108 !	2.9 !	0 !	2.9 !	2.92 !	2.93 !	2.95 !	0 !	.02 !	.03 !	.05 !
! 109 !	2.87 !	0 !	2.84 !	2.84 !	2.86 !	2.88 !	-.03 !	-.03 !	-.01 !	.01 !
! 110 !	2.84 !	0 !	2.81 !	2.76 !	2.77 !	2.8 !	-.03 !	-.08 !	-.07 !	-.04 !
! 111 !	2.8 !	0 !	2.81 !	2.77 !	2.72 !	2.73 !	.01 !	-.03 !	-.08 !	-.07 !
! 112 !	2.76 !	0 !	2.77 !	2.81 !	2.75 !	2.71 !	.01 !	.05 !	-.01 !	-.05 !
! 113 !	2.72 !	0 !	2.62 !	2.64 !	2.67 !	2.6 !	-.1 !	-.08 !	-.05 !	-.12 !
! 114 !	2.7 !	0 !	2.64 !	2.5 !	2.51 !	2.52 !	-.06 !	-.2 !	-.19 !	-.18 !
! 115 !	2.67 !	0 !	2.7 !	2.63 !	2.45 !	2.47 !	.03 !	-.04 !	-.22 !	-.2 !
! 116 !	2.64 !	0 !	2.66 !	2.73 !	2.62 !	2.45 !	.02 !	.09 !	-.02 !	-.19 !

EVENTO:09/83

PREC. MEDIA

MODELO=NOPHU+ARIX

TABELA. B.3

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO= (NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.29	15.4	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.38	17	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.5	10	1.53	---	---	---	.03	---	---	---
4	1.69	7.9	1.6	1.64	---	---	-.09	-.05	---	---
5	1.99	2.3	1.97	1.75	1.81	---	-.02	-.24	-.18	---
6	2.55	10.6	2.37	2.14	1.96	2.03	-.18	-.41	-.59	-.52
7	2.94	2	3.21	2.59	2.41	2.18	.27	-.35	-.53	-.76
8	3.26	5.4	3.3	3.72	2.91	2.69	.04	.46	-.35	-.57
9	3.62	9	3.56	3.99	3.82	3.23	-.06	.37	.2	-.39
10	4.09	6.6	3.99	3.77	4.16	4.24	-.1	-.32	.07	.15
11	4.63	1.3	4.5	4.2	4.59	4.52	-.13	-.43	-.04	-.11
12	5.05	.5	5.04	4.67	4.38	4.54	-.01	-.38	-.67	-.51
13	5.21	0	5.29	5.15	4.5	4.53	.08	-.06	-.71	-.68
14	5.25	0	5.24	5.41	4.92	4.36	-.01	.16	-.33	-.89
15	5.18	0	5.18	5.2	5.18	4.42	0	.02	0	-.76
16	4.99	0	5.1	5.06	5.21	4.76	.11	.07	.22	-.23
17	4.75	0	4.78	5.01	5.09	4.86	.03	.26	.34	.11
18	4.51	0	4.49	4.67	4.92	4.8	-.02	.16	.41	.29
19	4.27	0	4.29	4.27	4.64	4.74	.02	0	.37	.47
20	4.06	0	3.98	4.02	4.23	4.49	-.08	-.04	.17	.43
21	3.87	0	3.9	3.78	3.87	4.16	.03	-.09	0	.29
22	3.7	0	3.66	3.67	3.55	3.85	-.04	-.03	-.15	.15
23	3.53	0	3.53	3.5	3.41	3.52	0	-.03	-.12	-.01
24	3.37	0	3.41	3.4	3.3	3.37	.04	.03	-.07	0
25	3.26	0	3.24	3.34	3.29	3.29	-.02	.08	.03	.03
26	3.14	0	3.16	3.17	3.23	3.27	.02	.03	.09	.13
27	3.06	0	3.04	3.08	3.13	3.25	-.02	.02	.07	.19
28	2.97	0	2.99	2.99	3.05	3.17	.02	.02	.08	.2
29	2.91	0	2.9	2.93	2.95	3.1	-.01	.02	.04	.19
30	2.85	0	2.85	2.86	2.9	3.03	0	.01	.05	.18
31	2.79	0	2.81	2.81	2.83	2.95	.02	.02	.04	.16
32	2.72	0	2.73	2.79	2.8	2.88	.01	.07	.08	.16
33	2.67	0	2.67	2.71	2.77	2.84	0	.04	.1	.17
34	2.61	0	2.61	2.62	2.71	2.8	0	.01	.1	.19
35	2.54	0	2.56	2.56	2.63	2.74	.02	.02	.09	.2
36	2.46	0	2.47	2.51	2.54	2.65	.01	.05	.08	.19
37	2.4	0	2.39	2.42	2.47	2.56	-.01	.02	.07	.16
38	2.34	0	2.34	2.33	2.39	2.49	0	-.01	.05	.15
39	2.29	0	2.28	2.29	2.3	2.4	-.01	0	.01	.11
40	2.23	0	2.24	2.24	2.24	2.3	.01	.01	.01	.07
41	2.19	0	2.18	2.2	2.19	2.24	-.01	.01	0	.05
42	2.15	0	2	1.99	2.01	2.04	-.15	-.16	-.14	-.11
43	2.11	0	2.08	1.78	1.77	1.82	-.03	-.33	-.34	-.29
44	2.09	0	2.15	1.99	1.65	1.68	.06	-.1	-.44	-.41
45	2.07	0	2.09	2.2	1.82	1.6	.02	.13	-.25	-.47
46	2.04	0	2.07	2.19	2.09	1.79	.03	.15	.05	-.25
47	2.02	0	1.87	2	2.12	1.93	-.15	-.02	.1	-.09
48	1.99	0	1.99	1.84	2.1	2.08	0	-.15	.11	.09
49	1.98	0	1.9	1.92	1.9	2.09	-.08	-.06	-.08	.11
50	1.29	0	1.71	1.62	1.64	1.79	.42	.33	.35	.5

EVENTO:08/84			PREC. MEDIA				MODELO=MDPHU*AR1X				TABELA. B.4			
INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO= (NIV. PREV. - NIV. DES.)							
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)				
1	1.61	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---				
2	1.65	7.9	---	---	---	---	---	---	---	---				
3	1.75	11	1.78	---	---	---	.03	---	---	---				
4	1.92	12.6	1.95	1.85	---	---	.03	-.07	---	---				
5	2.21	3.8	2.17	2.09	1.99	---	-.04	-.12	-.22	---				
6	2.74	4.7	2.51	2.45	2.33	2.16	-.23	-.29	-.41	-.58				
7	2.99	1.4	3.35	2.87	2.8	2.62	.36	-.12	-.19	-.37				
8	3.23	4.5	3.31	3.87	3.29	3.21	.08	.64	.06	-.02				
9	3.57	5.7	3.49	3.97	4.17	3.76	-.08	.4	.6	.19				
10	3.86	10.7	3.89	3.66	4.46	4.71	.03	-.2	.6	.85				
11	4.07	11	4.17	4.11	4.56	4.95	.1	.04	.49	.88				
12	4.33	6	4.22	4.45	4.41	5.05	-.11	.12	.08	.72				
13	4.71	5.9	4.48	4.35	4.51	5.19	-.23	-.36	-.2	.48				
14	5.16	17	4.9	4.37	4.39	4.6	-.26	-.79	-.77	-.56				
15	5.54	3.5	5.59	4.95	4.27	4.07	.05	-.59	-1.27	-1.47				
16	5.8	1.5	5.8	5.77	4.57	3.88	0	-.03	-1.23	-1.92				
17	6.08	1.1	6.08	6.25	5.56	4.26	0	.17	-.52	-1.82				
18	6.34	0	6.4	6.37	6.37	5.29	.06	.03	.03	-1.05				
19	6.5	20.8	6.67	6.78	6.95	6.2	.17	.28	.45	-.3				
20	6.85	1.2	6.69	6.96	7.14	6.95	-.16	.11	.29	.1				
21	6.92	4.3	7.07	6.67	7.28	7.42	.15	-.05	.36	.5				
22	6.74	2.4	6.93	7.18	7.18	7.4	.19	.44	.44	.66				
23	6.58	2.5	6.5	6.97	7.28	7.36	-.08	.39	.7	.78				
24	6.41	1.6	6.37	6.31	7.05	7.3	-.04	-.1	.64	.89				
25	6.22	1.1	6.14	5.93	6.27	6.96	-.08	-.29	.05	.74				
26	6.04	.1	6.04	5.87	5.71	6.36	0	-.17	-.33	.32				
27	5.81	0	5.86	5.82	5.42	5.55	.05	.01	-.39	-.26				
28	5.62	9	5.58	5.72	5.5	5.19	-.04	.1	-.12	-.43				
29	5.42	0	5.52	5.47	5.51	5.21	.1	.05	.09	-.21				
30	5.22	3.9	5.03	5.21	5.19	5.08	-.19	-.01	-.03	-.14				
31	5	0	4.97	4.7	4.86	4.78	-.03	-.3	-.14	-.22				
32	4.78	2.6	4.79	4.56	4.32	4.58	.01	-.22	-.46	-.2				
33	4.59	1	4.53	4.59	4.19	4.02	-.06	0	-.4	-.57				
34	4.43	0	4.58	4.47	4.21	4	.15	.04	-.22	-.43				
35	4.31	0	4.23	4.5	4.33	4.04	-.08	.19	.02	-.27				
36	4.22	0	4.26	4.23	4.43	4.08	.04	.01	.21	-.14				
37	4.16	0	4.19	4.17	4.25	4.38	.03	.01	.09	.22				
38	4.11	0	4.1	4.21	4.26	4.34	-.01	.1	.15	.23				
39	4.06	0	4.03	4.03	4.09	4.31	-.03	-.03	.03	.25				
40	3.98	0	3.96	3.89	3.99	4.17	-.02	-.09	.01	.19				
41	3.9	0	3.92	3.86	3.81	3.95	.02	-.04	-.09	.05				
42	3.84	0	3.8	3.82	3.71	3.79	-.04	-.02	-.13	-.05				
43	3.76	0	3.8	3.73	3.69	3.66	.04	-.03	-.07	-.1				
44	3.68	0	3.63	3.67	3.59	3.54	-.05	-.01	-.09	-.14				
45	3.61	0	3.61	3.55	3.56	3.44	0	-.06	-.05	-.17				
46	3.55	0	3.59	3.57	3.5	3.49	.04	.02	-.05	-.06				
47	3.47	0	3.49	3.6	3.55	3.48	.02	.13	.08	.01				
48	3.41	0	3.44	3.51	3.58	3.54	-.03	.1	.17	.13				
49	3.35	0	3.33	3.4	3.54	3.59	-.02	.05	.19	.24				
50	3.29	0	3.29	3.27	3.41	3.53	0	-.02	.12	.24				
51	3.22	0	3.2	3.16	3.2	3.41	-.02	-.06	-.02	.19				
52	3.17	0	3.16	3.11	3.08	3.23	-.01	-.06	-.09	.06				
53	3.12	0	3.16	3.13	3.04	3.1	.04	.01	-.08	-.02				
54	2.88	0	3.05	3.18	3.1	3.07	.17	.3	.22	.19				
55	2.84	0	2.53	2.91	3.01	2.92	-.31	.07	.17	.08				
56	2.81	0	2.83	2.39	2.94	2.98	.02	-.43	.13	.17				
57	2.75	0	2.75	2.78	2.5	2.96	0	.03	-.25	.21				
58	2.72	0	2.71	2.82	2.69	2.67	-.01	.1	-.03	-.05				
59	2.68	0	2.69	2.66	2.73	2.74	.01	-.02	-.05	.06				
60	2.65	0	2.41	2.43	2.5	2.47	-.24	-.22	-.15	-.18				
61	2.6	0	2.61	2.37	2.39	2.56	.01	-.23	-.21	-.04				
62	1.61	0	2.16	2.26	1.9	2	.55	.65	.29	.39				

A P Ê N D I C E - C

Previsões obtidas pelo MOPHU
com chuva puntual.

EVENTO:05/83			PREC. DR. PEDRINHO				MODELO. NOPHU				TABELA. C.1			
INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)								ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.37	12.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.4	11.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.44	4.3	1.41	---	---	---	---	---	---	---	-0.03	---	---	---
4	1.5	3.1	1.48	1.43	---	---	---	---	---	---	-0.02	-0.07	---	---
5	1.59	2	1.57	1.53	1.45	---	---	---	---	---	-0.02	-0.06	-0.14	---
6	1.71	7.3	1.69	1.67	1.61	1.49	---	---	---	---	-0.02	-0.04	-0.1	-0.22
7	1.92	22.4	1.82	1.79	1.76	1.68	---	---	---	---	-0.1	-0.13	-0.16	-0.24
8	2.51	13.1	2.23	1.94	1.91	1.87	---	---	---	---	-0.28	-0.57	-0.6	-0.64
9	3.26	13.1	2.8	2.42	2.06	2.02	---	---	---	---	-0.46	-0.84	-1.2	-1.24
10	3.74	1.4	3.7	3.1	2.66	2.18	---	---	---	---	-0.04	-0.64	-1.08	-1.56
11	4.11	0	4.15	4.1	3.42	2.91	---	---	---	---	.04	-0.01	-0.69	-1.2
12	4.75	1	4.48	4.53	4.47	3.7	---	---	---	---	-0.27	-0.22	-0.28	-1.05
13	5.36	0	5.05	4.76	4.81	4.75	---	---	---	---	-0.31	-0.6	-0.55	-0.61
14	5.8	0	5.66	5.34	5.03	5.09	---	---	---	---	-0.14	-0.46	-0.77	-0.71
15	6.05	0	6.06	5.91	5.58	5.27	---	---	---	---	.01	-0.14	-0.47	-0.78
16	6.11	0	6.34	6.35	6.2	5.87	---	---	---	---	.23	.24	.09	-0.24
17	6.03	0	6.33	6.56	6.57	6.42	---	---	---	---	.3	.53	.54	.39
18	5.79	0	6.04	6.34	6.56	6.57	---	---	---	---	.25	.55	.77	.78
19	5.51	0	5.62	5.87	6.15	6.36	---	---	---	---	.11	.36	.64	.85
20	5.22	0	5.21	5.31	5.53	5.8	---	---	---	---	-0.01	.09	.31	.58
21	4.92	0	4.79	4.77	4.87	5.08	---	---	---	---	-0.13	-0.15	-0.05	.16
22	4.58	0	4.55	4.43	4.42	4.5	---	---	---	---	-0.03	-0.15	-0.16	-0.08
23	4.31	0	4.19	4.16	4.05	4.04	---	---	---	---	-0.12	-0.15	-0.26	-0.27
24	4.03	0	4	3.89	3.86	3.77	---	---	---	---	-0.03	-0.14	-0.17	-0.26
25	3.86	0	3.75	3.73	3.63	3.6	---	---	---	---	-0.11	-0.13	-0.23	-0.26
26	3.68	0	3.64	3.53	3.51	3.42	---	---	---	---	-0.04	-0.15	-0.17	-0.26
27	3.53	0	3.51	3.46	3.37	3.35	---	---	---	---	-0.02	-0.07	-0.16	-0.18
28	3.41	0	3.37	3.35	3.31	3.22	---	---	---	---	-0.04	-0.06	-0.1	-0.19
29	3.29	0	3.27	3.23	3.22	3.18	---	---	---	---	-0.02	-0.06	-0.07	-0.11
30	3.21	0	3.18	3.16	3.12	3.11	---	---	---	---	-0.03	-0.05	-0.09	-0.1
31	3.14	0	3.13	3.09	3.07	3.04	---	---	---	---	-0.01	-0.05	-0.07	-0.1
32	3.08	0	3.06	3.04	3.01	2.99	---	---	---	---	-0.02	-0.04	-0.07	-0.09
33	3.02	0	3	2.98	2.96	2.93	---	---	---	---	-0.02	-0.04	-0.06	-0.09
34	2.96	0	2.94	2.92	2.89	2.88	---	---	---	---	-0.02	-0.04	-0.07	-0.08
35	2.9	0	2.88	2.85	2.84	2.81	---	---	---	---	-0.02	-0.05	-0.06	-0.09
36	2.85	0	2.83	2.81	2.78	2.77	---	---	---	---	-0.02	-0.04	-0.07	-0.08
37	2.78	0	2.79	2.77	2.75	2.72	---	---	---	---	.01	-0.01	-0.03	-0.06
38	2.7	0	2.73	2.74	2.72	2.7	---	---	---	---	.03	.04	.02	0
39	2.65	0	2.66	2.68	2.69	2.67	---	---	---	---	.01	.03	.04	.02
40	2.59	0	2.6	2.61	2.64	2.65	---	---	---	---	.01	.02	.05	.06
41	2.55	0	2.55	2.56	2.57	2.6	---	---	---	---	0	.01	.02	.05
42	2.48	0	2.39	2.39	2.4	2.41	---	---	---	---	-0.09	-0.09	-0.08	-0.07
43	2.44	0	2.33	2.25	2.25	2.26	---	---	---	---	-0.11	-0.19	-0.19	-0.18
44	2.4	0	2.36	2.26	2.19	2.19	---	---	---	---	-0.04	-0.14	-0.21	-0.21
45	2.36	0	2.33	2.29	2.21	2.16	---	---	---	---	-0.03	-0.07	-0.15	-0.2
46	2.34	0	2.31	2.28	2.25	2.18	---	---	---	---	-0.03	-0.06	-0.09	-0.16
47	2.3	0	2.21	2.19	2.16	2.14	---	---	---	---	-0.09	-0.11	-0.14	-0.16
48	2.25	0	1.88	1.88	1.86	1.84	---	---	---	---	-0.37	-0.37	-0.39	-0.41
49	2.23	0	1.66	1.66	1.66	1.65	---	---	---	---	-0.57	-0.57	-0.57	-0.58
50	2.21	0	1.42	1.42	1.42	1.42	---	---	---	---	-0.79	-0.79	-0.79	-0.79
51	2.19	0	1.39	1.39	1.39	1.39	---	---	---	---	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
52	2.17	0	1.39	1.39	1.39	1.39	---	---	---	---	-0.78	-0.78	-0.78	-0.78

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	1.42	.4	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.55	16.8	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.82	15	1.71	---	---	---	-.11	---	---	---
4	2.32	4.4	2.01	1.8	---	---	-.31	-.52	---	---
5	2.7	1	2.31	2.26	2	---	-.39	-.44	-.7	---
6	2.85	.4	2.7	2.69	2.63	2.26	-.15	-.16	-.22	-.59
7	3.03	.9	3.2	3.2	3.18	3.09	.17	.17	.15	.06
8	3.13	5.4	3.5	3.72	3.71	3.7	.37	.59	.58	.57
9	3.19	2.2	3.54	3.98	4.25	4.24	.35	.79	1.06	1.05
10	3.21	9.8	3.52	3.93	4.45	4.77	.31	.72	1.24	1.56
11	3.34	11.4	3.5	3.83	4.3	4.89	.16	.49	.96	1.55
12	3.51	4.6	3.55	3.71	4.08	4.6	.04	.2	.57	1.09
13	3.7	3.8	3.56	3.61	3.77	4.13	-.14	-.09	.07	.43
14	4.01	18.4	3.62	3.48	3.53	3.67	-.39	-.53	-.48	-.34
15	4.4	9.6	3.96	3.48	3.34	3.38	-.44	-.92	-1.06	-1.02
16	4.84	2.6	4.28	3.9	3.28	3.13	-.56	-1.04	-1.56	-1.71
17	5.26	5.4	4.86	4.26	3.75	3.13	-.4	-.1	-1.51	-2.13
18	5.57	4.2	5.45	5.01	4.37	3.8	-.12	-.56	-1.2	-1.77
19	5.85	6.6	5.82	5.69	5.21	4.53	-.03	-.16	-.64	-1.32
20	6.08	8.4	6.15	6.09	5.95	5.44	.07	.01	-.13	-.64
21	6.29	3	6.35	6.39	6.33	6.17	.06	.1	.04	-.12
22	6.41	5.2	6.45	6.52	6.56	6.47	.04	.11	.15	.06
23	6.52	14.8	6.56	6.59	6.66	6.67	.04	.07	.14	.15
24	6.64	2.2	6.64	6.61	6.64	6.71	0	-.03	0	.07
25	6.7	0	6.6	6.6	6.56	6.57	-.1	-.1	-.14	-.13
26	6.82	0	6.62	6.51	6.52	6.42	-.2	-.31	-.3	-.4
27	6.89	0	6.71	6.51	6.4	6.41	-.18	-.38	-.49	-.48
28	6.95	2	6.76	6.58	6.37	6.26	-.19	-.37	-.58	-.69
29	7	13	6.88	6.69	6.51	6.3	-.12	-.31	-.49	-.7
30	7.05	11.2	6.98	6.81	6.61	6.44	-.07	-.24	-.44	-.61
31	7.07	14.1	6.98	6.86	6.66	6.48	-.09	-.21	-.41	-.59
32	7.09	0	7.06	6.91	6.77	6.53	-.03	-.18	-.32	-.56
33	7.08	2.6	7.02	7	6.82	6.65	-.06	-.08	-.26	-.43
34	7.05	15	7	6.94	6.92	6.69	-.05	-.11	-.13	-.36
35	7.02	19.2	7.06	6.94	6.88	6.85	.04	-.08	-.14	-.17
36	6.99	.2	7.11	7.06	6.92	6.85	.12	.07	-.07	-.14
37	6.92	.2	7.09	7.21	7.13	6.93	.17	.29	.21	.01
38	6.83	.4	7.21	7.38	7.5	7.35	.38	.55	.67	.52
39	6.69	1	7.14	7.52	7.69	7.81	.45	.83	1	1.12
40	6.59	2.1	6.95	7.41	7.79	7.95	.36	.82	1.2	1.36
41	6.45	5.6	6.75	7.11	7.56	7.94	.3	.66	1.11	1.49
42	6.27	0	6.52	6.81	7.16	7.6	.25	.54	.89	1.33
43	6.06	.1	6.21	6.45	6.73	7.07	.15	.39	.67	1.01
44	5.74	2.8	6.01	6.14	6.39	6.64	.27	.4	.65	.9
45	5.49	9.2	5.62	5.87	6	6.24	.13	.38	.51	.75
46	5.22	4.8	5.27	5.39	5.62	5.75	.05	.17	.4	.53
47	5.02	1.8	4.91	4.96	5.05	5.27	-.11	-.06	.03	.25
48	4.92	8.4	4.66	4.55	4.6	4.67	-.26	-.37	-.32	-.25
49	4.84	9.8	4.6	4.33	4.23	4.28	-.24	-.51	-.61	-.56
50	4.84	0	4.65	4.38	4.11	4.01	-.19	-.46	-.73	-.83
51	4.99	0	4.62	4.43	4.14	3.86	-.37	-.56	-.85	-1.13
52	5.16	0	4.86	4.47	4.28	3.96	-.3	-.69	-.88	-1.2
53	5.28	0	5.17	4.87	4.46	4.26	-.11	-.41	-.82	-1.02
54	5.31	0	5.35	5.24	4.92	4.49	.04	-.07	-.39	-.82
55	5.26	0	5.27	5.31	5.2	4.87	.01	.05	-.06	-.39
56	5.13	.2	5.26	5.26	5.31	5.19	.13	.13	.18	.06

Cont. Tabela C.2

! 57 !	4.99 !	.6 !	5.13 !	5.25 !	5.26 !	5.31 !	.14 !	.26 !	.27 !	.32 !
! 58 !	4.82 !	4 !	4.95 !	5.08 !	5.2 !	5.21 !	.13 !	.26 !	.38 !	.39 !
! 59 !	4.85 !	3.1 !	4.7 !	4.82 !	4.95 !	5.06 !	.05 !	.17 !	.3 !	.41 !
! 60 !	4.51 !	4.7 !	4.47 !	4.51 !	4.41 !	4.74 !	-.04 !	0 !	-.1 !	.23 !
! 61 !	4.38 !	8 !	4.25 !	4.22 !	4.25 !	4.35 !	-.13 !	-.16 !	-.13 !	-.03 !
! 62 !	4.31 !	.4 !	4.15 !	4 !	3.96 !	4 !	-.16 !	-.31 !	-.35 !	-.31 !
! 63 !	4.31 !	0 !	4.08 !	3.92 !	3.77 !	3.73 !	-.23 !	-.39 !	-.54 !	-.58 !
! 64 !	4.3 !	0 !	4.1 !	3.86 !	3.7 !	3.52 !	-.2 !	-.44 !	-.6 !	-.78 !
! 65 !	4.29 !	0 !	4.23 !	4.03 !	3.77 !	3.61 !	-.06 !	-.26 !	-.52 !	-.68 !
! 66 !	4.24 !	0 !	4.29 !	4.23 !	4.01 !	3.73 !	.05 !	-.01 !	-.23 !	-.51 !
! 67 !	4.18 !	0 !	4.28 !	4.33 !	4.26 !	4.03 !	.1 !	.15 !	.08 !	-.15 !
! 68 !	4.12 !	3 !	4.24 !	4.35 !	4.4 !	4.34 !	.12 !	.23 !	.28 !	.22 !
! 69 !	4.1 !	4.6 !	4.17 !	4.28 !	4.4 !	4.45 !	.07 !	.18 !	.3 !	.35 !
! 70 !	4.1 !	2.6 !	4.05 !	4.11 !	4.22 !	4.34 !	-.05 !	.01 !	.12 !	.24 !
! 71 !	4.12 !	1.4 !	4.01 !	3.96 !	4.01 !	4.12 !	-.11 !	-.16 !	-.11 !	0 !
! 72 !	4.15 !	11.4 !	3.92 !	3.81 !	3.76 !	3.8 !	-.23 !	-.34 !	-.39 !	-.35 !
! 73 !	4.24 !	10.3 !	4.08 !	3.79 !	3.68 !	3.64 !	-.16 !	-.45 !	-.56 !	-.6 !
! 74 !	4.35 !	3.7 !	4.18 !	3.96 !	3.64 !	3.54 !	-.17 !	-.39 !	-.71 !	-.81 !
! 75 !	4.48 !	1.4 !	4.22 !	4.03 !	3.78 !	3.39 !	-.26 !	-.45 !	-.7 !	-1.09 !
! 76 !	4.63 !	0 !	4.47 !	4.18 !	3.97 !	3.66 !	-.16 !	-.45 !	-.66 !	-.97 !
! 77 !	4.75 !	0 !	4.84 !	4.67 !	4.36 !	4.13 !	.09 !	-.08 !	-.39 !	-.62 !
! 78 !	4.87 !	0 !	5.02 !	5.12 !	4.93 !	4.6 !	.15 !	.25 !	.06 !	-.27 !
! 79 !	4.95 !	0 !	5.13 !	5.29 !	5.39 !	5.2 !	.18 !	.34 !	.44 !	.25 !
! 80 !	4.95 !	0 !	5.17 !	5.36 !	5.52 !	5.63 !	.22 !	.41 !	.57 !	.68 !
! 81 !	4.89 !	0 !	5.13 !	5.35 !	5.54 !	5.7 !	.24 !	.46 !	.65 !	.81 !
! 82 !	4.77 !	0 !	4.99 !	5.22 !	5.44 !	5.63 !	.22 !	.45 !	.67 !	.86 !
! 83 !	4.65 !	0 !	4.77 !	4.98 !	5.2 !	5.42 !	.12 !	.33 !	.55 !	.77 !
! 84 !	4.46 !	0 !	4.64 !	4.63 !	4.83 !	5.04 !	.18 !	.17 !	.37 !	.58 !
! 85 !	4.31 !	0 !	4.23 !	4.27 !	4.38 !	4.57 !	-.08 !	-.04 !	.07 !	.26 !
! 86 !	4.1 !	0 !	3.94 !	3.86 !	3.9 !	4 !	-.16 !	-.24 !	-.2 !	-.1 !
! 87 !	4.03 !	0 !	3.82 !	3.64 !	3.57 !	3.61 !	-.21 !	-.39 !	-.46 !	-.42 !
! 88 !	3.91 !	0 !	3.76 !	3.58 !	3.41 !	3.35 !	-.15 !	-.33 !	-.5 !	-.56 !
! 89 !	3.8 !	0 !	3.59 !	3.45 !	3.29 !	3.13 !	-.21 !	-.35 !	-.51 !	-.67 !
! 90 !	3.7 !	0 !	3.5 !	3.31 !	3.18 !	3.02 !	-.2 !	-.39 !	-.52 !	-.68 !
! 91 !	3.61 !	0 !	3.51 !	3.32 !	3.14 !	3.03 !	-.1 !	-.29 !	-.47 !	-.58 !
! 92 !	3.53 !	0 !	3.36 !	3.36 !	3.19 !	3.02 !	-.17 !	-.17 !	-.34 !	-.51 !
! 93 !	3.47 !	0 !	3.23 !	3.23 !	3.23 !	3.07 !	-.24 !	-.24 !	-.24 !	-.4 !
! 94 !	3.41 !	0 !	3.12 !	3.12 !	3.12 !	3.12 !	-.29 !	-.29 !	-.29 !	-.29 !
! 95 !	3.37 !	0 !	3.03 !	3.03 !	3.03 !	3.03 !	-.34 !	-.34 !	-.34 !	-.34 !
! 96 !	3.34 !	0 !	2.94 !	2.94 !	2.94 !	2.94 !	-.4 !	-.4 !	-.4 !	-.4 !
! 97 !	3.28 !	0 !	2.86 !	2.86 !	2.86 !	2.86 !	-.42 !	-.42 !	-.42 !	-.42 !
! 98 !	3.24 !	0 !	2.79 !	2.79 !	2.79 !	2.79 !	-.45 !	-.45 !	-.45 !	-.45 !
! 99 !	3.19 !	0 !	2.68 !	2.68 !	2.68 !	2.68 !	-.51 !	-.51 !	-.51 !	-.51 !
! 100 !	3.15 !	0 !	2.58 !	2.58 !	2.58 !	2.58 !	-.57 !	-.57 !	-.57 !	-.57 !
! 101 !	3.11 !	0 !	2.47 !	2.47 !	2.47 !	2.47 !	-.64 !	-.64 !	-.64 !	-.64 !
! 102 !	3.08 !	0 !	2.33 !	2.33 !	2.33 !	2.33 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !
! 103 !	3.05 !	0 !	2.29 !	2.29 !	2.29 !	2.29 !	-.76 !	-.76 !	-.76 !	-.76 !
! 104 !	3.02 !	0 !	2.27 !	2.27 !	2.27 !	2.27 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !
! 105 !	2.98 !	0 !	2.23 !	2.23 !	2.23 !	2.23 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !
! 106 !	2.95 !	0 !	2.2 !	2.2 !	2.2 !	2.2 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !
! 107 !	2.92 !	0 !	2.17 !	2.17 !	2.17 !	2.17 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !	-.75 !
! 108 !	2.9 !	0 !	2.14 !	2.14 !	2.14 !	2.14 !	-.76 !	-.76 !	-.76 !	-.76 !
! 109 !	2.87 !	0 !	2.07 !	2.07 !	2.07 !	2.07 !	-.8 !	-.8 !	-.8 !	-.8 !
! 110 !	2.84 !	0 !	1.98 !	1.98 !	1.98 !	1.98 !	-.86 !	-.86 !	-.86 !	-.86 !
! 111 !	2.8 !	0 !	1.92 !	1.92 !	1.92 !	1.92 !	-.88 !	-.88 !	-.88 !	-.88 !
! 112 !	2.76 !	0 !	1.89 !	1.89 !	1.89 !	1.89 !	-.87 !	-.87 !	-.87 !	-.87 !
! 113 !	2.72 !	0 !	1.7 !	1.7 !	1.7 !	1.7 !	-1.02 !	-1.02 !	-1.02 !	-1.02 !
! 114 !	2.7 !	0 !	1.52 !	1.52 !	1.52 !	1.52 !	-1.18 !	-1.18 !	-1.18 !	-1.18 !
! 115 !	2.67 !	0 !	1.45 !	1.45 !	1.45 !	1.45 !	-1.22 !	-1.22 !	-1.22 !	-1.22 !

EVENTO:09/83

PREC. DR. PEDRINHO

MODELO.WOPHU

TABELA. C.3

INT. (NIV.OBS.) (PRECP.)		NIVEIS PREVISTOS (METRO)						ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	
1	1.29	15.4	---	---	---	---	---	---	---	---	
2	1.38	17	---	---	---	---	---	---	---	---	
3	1.5	10	1.53	---	---	---	.03	---	---	---	
4	1.69	7.9	1.6	1.64	---	---	-.09	-.05	---	---	
5	1.99	2.3	1.89	1.75	1.81	---	-.1	-.24	-.18	---	
6	2.55	10.6	2.28	2.14	1.96	2.03	-.27	-.41	-.59	-.52	
7	2.94	2	2.98	2.59	2.41	2.18	.04	-.35	-.53	-.76	
8	3.26	5.4	3.35	3.4	2.91	2.69	.09	.14	-.35	-.57	
9	3.62	9	3.65	3.76	3.82	3.23	.03	.14	.2	-.39	
10	4.09	6.6	4.02	4.04	4.16	4.24	-.07	-.05	.07	.15	
11	4.63	1.3	4.43	4.35	4.37	4.52	-.2	-.28	-.26	-.11	
12	5.05	.5	4.84	4.62	4.53	4.54	-.21	-.43	-.52	-.51	
13	5.21	0	5.09	4.87	4.63	4.53	-.12	-.34	-.58	-.68	
14	5.25	0	5.12	5	4.77	4.51	-.13	-.25	-.48	-.74	
15	5.18	0	5.05	4.92	4.79	4.55	-.13	-.26	-.39	-.63	
16	4.99	0	4.97	4.84	4.71	4.58	-.02	-.15	-.28	-.41	
17	4.75	0	4.77	4.76	4.62	4.49	.02	.01	-.13	-.26	
18	4.51	0	4.51	4.54	4.52	4.39	0	.03	.01	-.12	
19	4.27	0	4.3	4.3	4.33	4.31	.03	.03	.06	.04	
20	4.06	0	4.01	4.04	4.05	4.07	-.05	-.02	-.01	.01	
21	3.87	0	3.84	3.8	3.83	3.83	-.03	-.07	-.04	-.04	
22	3.7	0	3.63	3.6	3.57	3.59	-.07	-.1	-.13	-.11	
23	3.53	0	3.45	3.39	3.37	3.33	-.08	-.14	-.16	-.2	
24	3.37	0	3.33	3.27	3.21	3.19	-.04	-.1	-.16	-.18	
25	3.26	0	3.2	3.17	3.11	3.06	-.06	-.09	-.15	-.2	
26	3.14	0	3.11	3.06	3.03	2.97	-.03	-.08	-.11	-.17	
27	3.06	0	3.01	2.97	2.93	2.9	-.05	-.09	-.13	-.16	
28	2.97	0	2.94	2.89	2.86	2.82	-.03	-.08	-.11	-.15	
29	2.91	0	2.87	2.84	2.79	2.77	-.04	-.07	-.12	-.14	
30	2.85	0	2.81	2.77	2.74	2.7	-.04	-.08	-.11	-.15	
31	2.79	0	2.77	2.73	2.7	2.67	-.02	-.06	-.09	-.12	
32	2.72	0	2.72	2.7	2.66	2.63	0	-.02	-.06	-.09	
33	2.67	0	2.66	2.66	2.64	2.61	-.01	-.01	-.03	-.06	
34	2.61	0	2.61	2.6	2.6	2.59	0	-.01	-.01	-.02	
35	2.54	0	2.55	2.55	2.55	2.55	.01	.01	.01	.01	
36	2.46	0	2.49	2.5	2.5	2.5	.03	.04	.04	.04	
37	2.4	0	2.41	2.44	2.45	2.45	.01	.04	.05	.05	
38	2.34	0	2.36	2.37	2.39	2.4	.02	.03	.05	.06	
39	2.29	0	2.3	2.31	2.32	2.35	.01	.02	.03	.06	
40	2.23	0	2.25	2.26	2.28	2.29	.02	.03	.05	.06	
41	2.19	0	2.2	2.22	2.23	2.24	.01	.03	.04	.05	
42	2.15	0	2.01	2.02	2.04	2.05	-.14	-.13	-.11	-.1	
43	2.11	0	1.93	1.8	1.81	1.83	-.18	-.31	-.3	-.28	
44	2.09	0	1.96	1.8	1.69	1.7	-.13	-.29	-.4	-.39	
45	2.07	0	1.96	1.85	1.71	1.61	-.11	-.22	-.36	-.46	
46	2.04	0	1.96	1.91	1.81	1.69	-.08	-.13	-.23	-.35	
47	2.02	0	1.77	1.77	1.73	1.64	-.25	-.25	-.29	-.38	
48	1.99	0	1.73	1.73	1.73	1.69	-.26	-.26	-.26	-.3	
49	1.98	0	1.63	1.63	1.63	1.63	-.35	-.35	-.35	-.35	
50	1.95	0	1.46	1.46	1.46	1.46	-.49	-.49	-.49	-.49	

EVENTO:08/84

PREC. BARRA DO PRATA

MODELO. NOPHU

TABELA. C.4

INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)				NIVEIS PREVISTOS (METRO)				ERRO= (NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	
1	1.61	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	
2	1.65	8.6	---	---	---	---	---	---	---	---	
3	1.75	12	1.8	---	---	---	---	---	---	---	
4	1.92	13.8	1.95	1.87	---	---	.05	-.05	---	---	
5	2.21	4.2	2.2	2.1	2.01	---	-.01	-.11	-.2	---	
6	2.74	5.1	2.49	2.46	2.34	2.19	-.25	-.28	-.4	-.55	
7	2.99	1.5	3.23	2.87	2.82	2.64	.24	-.12	-.17	-.35	
8	3.23	4.9	3.45	3.75	3.3	3.24	.22	.52	.07	.01	
9	3.57	6.2	3.71	3.95	4.32	3.76	.14	.39	.75	.19	
10	3.86	11.7	4.03	4.17	4.46	4.89	.17	.31	.6	1.03	
11	4.07	12.1	4.34	4.48	4.64	4.96	.27	.41	.57	.89	
12	4.33	6.6	4.48	4.74	4.9	5.05	.15	.41	.57	.72	
13	4.71	6.4	4.63	4.78	5.06	5.2	-.08	.07	.35	.49	
14	5.16	18.6	4.9	4.8	4.96	5.23	-.26	-.36	-.2	.07	
15	5.54	3.8	5.33	4.96	4.84	5.01	-.21	-.58	-.7	-.53	
16	5.8	1.6	5.6	5.39	4.96	4.83	-.2	-.42	-.84	-.97	
17	6.08	1.2	5.9	5.7	5.47	4.96	-.18	-.38	-.61	-1.12	
18	6.34	.2	6.24	6.06	5.85	5.62	-.1	-.28	-.49	-.72	
19	6.5	13	6.59	6.49	6.31	6.1	.09	-.01	-.19	-.4	
20	6.85	1.3	6.74	6.77	6.88	6.5	-.11	-.08	-.17	-.35	
21	6.92	4.7	7	6.89	6.91	6.81	.08	-.03	-.01	-.11	
22	6.74	2.4	6.98	7.05	6.95	6.91	.24	.31	.21	.17	
23	6.58	2.5	6.73	6.97	7.04	6.94	.15	.39	.46	.36	
24	6.41	1.6	6.49	6.65	6.88	6.93	.08	.24	.47	.52	
25	6.22	1.1	6.21	6.28	6.43	6.65	-.01	.06	.21	.43	
26	6.04	.1	5.99	5.98	6.05	6.2	-.05	-.05	.01	.16	
27	5.81	0	5.8	5.75	5.74	5.81	-.01	-.06	-.07	0	
28	5.62	.2	5.56	5.54	5.5	5.49	-.06	-.08	-.12	-.13	
29	5.42	3.9	5.47	5.41	5.4	5.36	.05	-.01	-.02	-.06	
30	5.22	.1	5.17	5.22	5.16	5.15	-.05	0	-.06	-.07	
31	5	2.6	4.95	4.9	4.95	4.89	-.05	-.1	-.05	-.11	
32	4.78	1.4	4.74	4.68	4.64	4.68	-.04	-.1	-.14	-.1	
33	4.59	1.4	4.49	4.45	4.4	4.36	-.1	-.14	-.19	-.23	
34	4.43	.1	4.41	4.31	4.27	4.22	-.02	-.12	-.16	-.21	
35	4.31	0	4.21	4.19	4.09	4.05	-.1	-.17	-.22	-.26	
36	4.22	0	4.15	4.05	4.03	3.93	-.07	-.17	-.19	-.29	
37	4.16	0	4.09	4.01	3.91	3.89	-.07	-.15	-.25	-.27	
38	4.11	0	4.05	3.97	3.9	3.79	-.06	-.14	-.21	-.32	
39	4.06	0	4.01	3.95	3.88	3.8	-.05	-.11	-.18	-.26	
40	3.98	0	3.94	3.9	3.84	3.76	-.04	-.08	-.14	-.22	
41	3.9	0	3.87	3.83	3.79	3.73	-.03	-.07	-.11	-.17	
42	3.84	0	3.78	3.75	3.71	3.67	-.06	-.09	-.13	-.17	
43	3.76	0	3.66	3.6	3.57	3.54	-.1	-.16	-.19	-.22	
44	3.68	0	3.57	3.47	3.42	3.39	-.11	-.21	-.26	-.29	
45	3.61	0	3.45	3.35	3.26	3.21	-.16	-.26	-.35	-.4	
46	3.55	0	3.46	3.32	3.23	3.15	-.09	-.23	-.32	-.4	
47	3.47	0	3.39	3.31	3.19	3.1	-.08	-.16	-.28	-.37	
48	3.41	0	3.36	3.29	3.22	3.1	-.05	-.12	-.19	-.31	
49	3.35	0	3.27	3.23	3.17	3.1	-.08	-.12	-.18	-.25	
50	3.29	0	3.21	3.14	3.1	3.04	-.08	-.15	-.19	-.25	
51	3.22	0	3.11	3.03	2.96	2.92	-.11	-.19	-.26	-.3	
52	3.17	0	3	2.92	2.85	2.78	-.17	-.25	-.32	-.39	
53	3.12	0	2.88	2.88	2.8	2.73	-.24	-.24	-.32	-.39	
54	2.88	0	2.76	2.76	2.76	2.69	-.12	-.12	-.12	-.19	
55	2.84	0	2.5	2.5	2.5	2.5	-.34	-.34	-.34	-.34	
56	2.81	0	2.42	2.42	2.42	2.42	-.39	-.39	-.39	-.39	
57	2.75	0	2.36	2.36	2.36	2.36	-.39	-.39	-.39	-.39	
58	2.72	0	2.31	2.31	2.31	2.31	-.41	-.41	-.41	-.41	
59	2.68	0	2.28	2.28	2.28	2.28	-.4	-.4	-.4	-.4	
60	2.65	0	2.08	2.08	2.08	2.08	-.57	-.57	-.57	-.57	
61	2.6	0	2.04	2.04	2.04	2.04	-.56	-.56	-.56	-.56	
62	2.53	0	1.96	1.96	1.96	1.96	-.57	-.57	-.57	-.57	

EVENTO:05/88			PREC. IBIRAMA				MODELO NOPHU				TABELA. C.5			
INT. (NIV. OBS.) (PRECP.)			NIVEIS PREVISTOS (METRO)								ERRO=(NIV. PREV. - NIV. OBS.)			
(2HS)	(METRO)	(MM)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)	(ALC.1)	(ALC.2)	(ALC.3)	(ALC.4)
1	2.07	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	2.1	2.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	2.13	4	2.14	---	---	---	.01	---	---	---	---	---	---	---
4	2.19	7.8	2.2	2.19	---	---	.01	-.01	---	---	---	---	---	---
5	2.3	10	2.33	2.26	2.24	---	.03	-.04	-.06	---	---	---	---	---
6	2.49	5.7	2.51	2.45	2.36	2.33	.02	-.04	-.13	-.16	---	---	---	---
7	2.73	1	2.71	2.69	2.63	2.48	-.02	-.04	-.1	-.25	---	---	---	---
8	3	1.7	3	2.98	2.95	2.84	0	-.02	-.05	-.16	---	---	---	---
9	3.28	.2	3.33	3.33	3.31	3.25	.05	.05	.03	-.03	---	---	---	---
10	3.54	.1	3.64	3.7	3.7	3.66	.1	.16	.16	.12	---	---	---	---
11	3.75	.4	3.89	4	4.07	4.06	.14	.25	.32	.31	---	---	---	---
12	3.88	0	4.07	4.21	4.33	4.41	.19	.33	.45	.53	---	---	---	---
13	3.95	0	4.15	4.35	4.5	4.63	.2	.4	.55	.68	---	---	---	---
14	3.98	0	4.16	4.36	4.55	4.7	.18	.38	.57	.72	---	---	---	---
15	3.99	0	4.07	4.25	4.44	4.62	.09	.27	.46	.64	---	---	---	---
16	3.94	0	3.93	4.02	4.19	4.37	-.01	.08	.25	.43	---	---	---	---
17	3.87	0	3.79	3.79	3.86	4.01	-.08	-.09	-.01	.14	---	---	---	---
18	3.78	0	3.64	3.57	3.56	3.63	-.14	-.21	-.22	-.15	---	---	---	---
19	3.7	0	3.53	3.41	3.35	3.34	-.17	-.29	-.35	-.36	---	---	---	---
20	3.6	0	3.48	3.33	3.23	3.17	-.12	-.27	-.37	-.43	---	---	---	---
21	3.5	0	3.4	3.29	3.16	3.06	-.1	-.21	-.34	-.44	---	---	---	---
22	3.37	0	3.31	3.22	3.12	3.01	-.06	-.15	-.25	-.36	---	---	---	---
23	3.24	0	3.23	3.17	3.09	3	-.01	-.07	-.15	-.24	---	---	---	---
24	3.14	0	3.13	3.11	3.07	2.99	-.01	-.03	-.07	-.15	---	---	---	---
25	3.02	0	3.05	3.04	3.02	2.98	.03	.02	0	-.04	---	---	---	---
26	2.92	0	2.94	2.97	2.96	2.95	.02	.05	.04	.03	---	---	---	---
27	2.82	0	2.86	2.89	2.9	2.89	.04	.06	.09	.07	---	---	---	---
28	2.73	0	2.77	2.81	2.83	2.85	.04	.08	.1	.12	---	---	---	---
29	2.67	0	2.69	2.73	2.76	2.78	.02	.06	.09	.11	---	---	---	---
30	2.6	0	2.63	2.65	2.69	2.72	.03	.05	.09	.12	---	---	---	---
31	2.54	0	2.57	2.59	2.61	2.65	.03	.05	.07	.11	---	---	---	---
32	2.5	0	2.51	2.53	2.56	2.58	.01	.03	.06	.08	---	---	---	---
33	2.44	0	2.47	2.49	2.5	2.53	.03	.04	.06	.09	---	---	---	---
34	2.37	0	2.42	2.45	2.46	2.48	.05	.08	.09	.11	---	---	---	---