

PREVISÃO HIDROLÓGICA DE VAZÕES PARA AS CIDADES DE RESPLENDOR, COLATINA E LINHARES UTILIZANDO O MÉTODO DAS DIFERENÇAS

Alice Silva de Castilho¹ & Elizabeth Guelman Davis²

Resumo - O método das diferenças é um modelo hidrológico empírico utilizado para a previsão de vazões e níveis em tempo real, com base na propagação do escoamento. Este artigo apresenta uma análise comparativa entre metodologias para a previsão de vazões e níveis, e a aplicação do método das diferenças para a previsão de vazões e níveis em Resplendor(MG), Colatina(ES) e Linhares(ES) em tempo real durante a operação do Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce no período chuvoso de 2002/2003.

Abstract - The difference method is an empirical hydrological model utilised in flood and level forecasting in real time, based in flow propagation. This paper presents a comparative analysis between methodologies of flood and level forecasting, and the application of difference method to flood and level forecasting in Resplendor(MG), Colatina(ES) e Linhares(ES) in real time in operation of Flood Warning System in Doce River Basin during of 2002/2003 rainy season.

Palavras-chave – Previsão hidrológica, método das diferenças, sistema de alerta.

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Doce está situada na região sudeste brasileira e possui uma área de drenagem de 83.400 km², 86% dentro do Estado de Minas Gerais e 14% dentro do Estado do Espírito Santo.

Em fevereiro de 1979 houve uma grande cheia que motivou a instalação pelo DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica) de uma rede telemétrica com transmissão de dados via telefone. Na década de 90 foram instaladas na bacia algumas estações com transmissão via

¹ CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Av. Brasil, 1731 – Funcionários – Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil – CEP: 30.140.002 – Tel: 31- 3261-0378 – Fax: 31-3261-4484 – alice@cprmbh.gov.br

² CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Av. Brasil, 1731 – Funcionários – Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil – CEP: 30.140.002 – Tel: 31- 3261-0337 – Fax: 31-3261-4484 – elizabeth@cprmbh.gov.br

satélite. Apesar da rede ter sido instalada, um sistema de alerta não foi criado. Assim, em 1997 ocorreu outra grande cheia na bacia, a partir daí a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil) estabeleceu um sistema de alerta na região, financiado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Nos anos seguintes a operação deste sistema se deu através de uma parceria entre a CPRM, ANEEL e SIMGE/IGAM (Sistema de Meteorologia do Estado de Minas Gerais/Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e mais recentemente, nos períodos chuvosos de 2001/2002 e 2002/2003 entre a CPRM, SIMGE/IGAM e ANA (Agência Nacional de Águas).

Ao longo desses anos foram testadas metodologias com o intuito de aprimorar a previsão de vazão nos pontos de interesse do sistema. Três destes pontos são as estações de Resplendor, Colatina e Linhares, pertencentes à ANA.

A estação de Resplendor está localizada na calha principal do Rio Doce e possui uma área de drenagem de 61.610 km². A previsão de vazões afluentes a esta estação pode ser feita com a utilização dos dados da estação Tumiritinga, também pertencente à ANA, localizada na calha principal do rio Doce, essa estação cobre uma área de drenagem de 55.425 km² e fica aproximadamente a 66 km a montante de Resplendor. Essa distância indica um tempo médio de viagem estimado de 12 horas entre as duas estações, durante uma cheia.

As estações de Resplendor e Tumiritinga possuem longas séries históricas de cotas observadas diariamente às 7 e 17 horas. Estas séries puderam ser usadas na definição dos modelos de previsão.

A estação de Colatina está também localizada na calha principal do rio Doce e possui uma área de drenagem de 76.812 km². A previsão de vazões afluentes a esta estação pode ser feita com a utilização dos dados da UHE Mascarenhas com área de drenagem de 74.300 km², pertencente à ESCELSA, localizada aproximadamente a 33 km a montante de Colatina, o que corresponde a um tempo de viagem estimado de 6 horas, durante a cheia.

No caso de Colatina a série histórica de vazões defluentes da UHE Mascarenhas não é tão longa, portanto foram utilizados somente os dados levantados durante a operação do sistema para a definição dos modelos de previsão.

A estação linimétrica de Linhares está localizada na calha principal do rio Doce e possui uma área de drenagem de 78.456 km². A previsão de níveis nesta estação pode ser feita com a utilização de dados da estação Colatina que fica cerca de 65 km a montante de Linhares, essa distância corresponde a um tempo médio de viagem estimado de 12 horas entre as duas estações, durante uma cheia.

As estações de Colatina e Linhares possuem longas séries de cotas observadas às 7 e 17 horas. Portanto estas séries puderam ser utilizadas na definição do modelo de previsão.

METODOLOGIA

Modelos de previsão

Na análise comparativa dos modelos de previsão de vazões foram testados três métodos: correlação entre vazões, modelo de propagação linear e método das diferenças. Todos esse modelos são adequados para as áreas de drenagem e tempos de concentração das bacias afluentes a Resplendor e Colatina. Para a previsão de níveis de Linhares foi testado somente o método das diferenças, pois não são realizadas atualmente medições de descarga nesta estação. Portanto não é possível definir uma curva-chave para a mesma e conseqüentemente gerar vazões que consistem nos dados de entrada dos métodos de correlação e modelo de propagação linear.

O primeiro método consiste na correlação entre as séries de vazões defasadas de acordo com o tempo de viagem entre os pontos de monitoramento.

O modelo linear de propagação utiliza a seguinte equação:

$$Q_{t+\tau} = aI_t + bQ_t + c \quad (1)$$

Onde:

$Q_{t+\tau}$ - vazão de saída no trecho no tempo $t + \tau$

Q_t - vazão de saída no trecho no tempo t

I_t - vazão de entrada no trecho no tempo t

Os parâmetros a , b , c podem ser estimados com base nos parâmetros K e X do modelo de Muskingun, que estão relacionados com as características do trecho. Esta estimativa pode ser gráfica ou com base no método dos mínimos quadrados. Ressalta-se que esta equação também expressa uma equação de regressão múltipla.

O método das diferenças é um modelo empírico e determinístico que realiza a previsão de níveis ou vazões em tempo real, com base na propagação do escoamento, utilizando uma equação linear múltipla de diferenças das variáveis envolvidas. O termo dependente é a diferença entre o nível ou vazão na antecedência desejada ($t + \tau$) e no tempo t , no local escolhido para a previsão, enquanto os termos independentes são as diferenças dos níveis ou vazões no intervalo ($t - \tau$) a t em seções a montante. A equação apresenta a seguinte forma:

$$\Delta Q_{t+\tau} = a_1 \Delta I_t^1 + a_2 \Delta I_t^2 + a_3 \Delta I_t^3 + \dots + b \Delta Q_t$$

Onde:

$\Delta Q_{t+\tau}$ - variação de vazão ou nível entre os tempos t e $t + \tau$ da saída

ΔQ_t - variação de vazão ou nível entre os tempos $t - \tau$ e t da saída

ΔI_t^i - variação de vazão ou nível entre os tempos $t - \tau$ e t da entrada de montante i

Na avaliação da equação ajustada para a previsão em tempo real é necessário analisar os seguintes aspectos:

1. Plotagem dos hidrogramas observado e calculado com atenção especial na ascensão dos hidrogramas;
2. Cálculo das seguintes estatísticas a serem analisadas em conjunto

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n [(Q_o(t+\tau) - Q_c(t+\tau))]^2}{\sum_t [Q_o(t+\tau) - Q_m]^2} \quad (3)$$

$$RD = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n [(Q_o(t+\tau) - Q_c(t+\tau))]^2}{\sum_t [Q_o(t+\tau) - Q_o(t)]^2} \quad (4)$$

Onde:

R^2 – coeficiente de Nash

RD – coeficiente RD

Q_o – vazão/nível observado

Q_c – vazão/nível calculado

t – tempo

Segundo Tucci (1998) a estatística R^2 compara a redução do desvio quadrático do erro do modelo com o desvio quadrático do modelo alternativo de prever sempre a média dos valores. Mas no caso de previsão de vazões/níveis em tempo real, não existe nenhuma lógica em prever sempre a média. Portanto a estatística RD , complementa R^2 , pois compara a redução do desvio quadrático do erro do modelo com o desvio quadrático do modelo de prever o valor atual.

Quanto mais próximo de 1 o valor de R^2 , melhor o ajuste do modelo, desde que RD não apresente valores negativos, pois neste caso o modelo prevê valores de vazão/nível no tempo $t+\tau$ muito diferentes do que a vazão/nível no tempo t ao longo do hidrograma de cheia.

3. Cálculo do erro padrão (EP) e comparação com a vazão do hidrograma;

$$EP = \sqrt{\frac{1}{n(n-2)} \left[n \sum y^2 - (\sum y)^2 - \frac{[n \sum xy - (\sum x)(\sum y)]^2}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \right]} \quad (5)$$

Onde:

y – variável dependente

x – variável independente

n – tamanho da amostra

O erro padrão é uma medida na quantidade de erro da previsão de y para um x individual. No caso do modelo y é o nível/vazão calculado e x o nível/vazão observado.

4. Cálculo do desvio percentual - DP

$$DP = \left| \frac{Q_o - Q_c}{Q_o} \right| 100 \quad (6)$$

O desvio percentual é uma medida da diferença entre o nível/vazão observado e o calculado em relação ao nível/vazão observado.

RESULTADOS

Resplendor

Foram escolhidos nove eventos com vazão máxima maior do que 2.000 m³/s (o que corresponde a uma cota de aproximadamente 400 cm) para calibração e validação dos modelos para a estação de Resplendor, os quais são apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 – Eventos usados na calibração e validação em Resplendor

Evento	Data	Vazão máxima (m ³ /s)	Tamanho	Erro Padrão (m ³ /s)	Erro Padrão / Vazão Máx (%)	Desvio (%)
1	15/12/95 a 11/01/96	3265	56	238	7,3	4
2	01/11/96 a 08/12/96	3355	76	65	1,9	4
3	08/12/96 a 20/02/97	6286	150	152	2,4	4
4	20/02/97 a 31/03/97	2530	80	75	3,0	4
5	26/11/97 a 05/01/98	2936	82	66	2,3	5
6	11/02/98 a 10/03/98	2303	56	75	3,3	4
7	10/03/00 a 01/04/00	1502	46	56	3,7	15
8	10/12/02 a 23/12/02	2192	55	131	6,0	6
9	04/01/03 a 31/01/03	4292	111	95	2,2	3

O evento 2 foi usado na calibração e os demais para validação. Os melhores resultados foram encontrados através do método das diferenças, com antecedência de 12 horas, como pode ser verificado nas Figuras 01 a 03. Os coeficientes da equação de regressão foram obtidos através do método dos mínimos quadrados. O coeficiente de Nash encontrado foi de 0,992 e o RD de 0,796.

Os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes (vazões de Tumiritinga e Resplendor) e a variável dependente (vazão em Resplendor após 12 horas) foram 0,994 e 0,980 respectivamente.

Os modelos propostos para a previsão de vazões em Resplendor se encontram apresentados na Tabela 02 onde Q_{RE} e Q_{TU} são as vazões em Resplendor e Tumiritinga respectivamente defasadas em t horas. Esses modelos são válidos para a faixa de vazões compreendidas entre 500 e 6.300 m³/s, o que corresponde às cotas 180 a 830 cm, e o desvio médio de 5% representa cerca de 10 cm em cotas. Nas Figuras 04 e 05 pode-se analisar o ajuste do modelo para a previsão de grandes cheias e bem como sua utilização em tempo real.

A faixa de vazões de maior interesse para a previsão hidrológica para a cidade de Resplendor situa-se entre 4.200 e 4.500 m³/s, limites que correspondem às cotas de alerta (650 cm) e de inundação (700 cm), respectivamente. A cota de inundação representa o nível do rio em que começa haver problemas na cidade, e a cota de alerta é o nível a partir do qual o monitoramento deve ser intensificado, pois o risco de ocorrer uma enchente é grande.

Tabela 02 – Modelos para previsão hidrológica em Resplendor

Nº	Equação	Observação
1	$Q_{RE+12} = 0,085 \times (Q_{RE} - Q_{RE-12}) + 0,745 \times (Q_{TU} - Q_{TU-12}) + Q_{RE}$	Modelo atual - Método das diferenças
2	$Q_{RE+12} = -0,175 \times Q_{RE} + 1,074 \times Q_{TU} + 148$	Modelo alternativo - Propagação Linear
3	$Q_{RE+12} = 0,914 \times Q_{TU} + 127$	Modelo alternativo - Correlação entre vazões

Colatina

Foram escolhidos oito eventos com vazão máxima maior do que 2.650 m³/s, o que corresponde a uma cota de 390 cm, para a calibração e validação dos modelos para a estação de Colatina, os quais estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 – Eventos usados na calibração e validação em Colatina

Evento	Data	Vazão máxima (m ³ /s)	Tamanho	Erro Padrão (m ³ /s)	Erro Padrão / Vazão Máx (%)	Desvio (%)
1	29/12/01 a 14/01/02	4120	366	127	3,1	4
2	17/12/97 a 01/01/98	3558	371	86	2,4	3
3	11/02/98 a 25/02/98	2722	340	116	4,3	6
4	15/01/02 a 28/01/02	3462	308	88	2,6	3
5	18/02/02 a 06/03/02	3136	384	61	1,9	2
6	16/12/02 a 19/12/02	2653	74	66	2,5	2
7	06/01/03 a 14/01/03	3419	172	67	2,0	2
8	14/01/03 a 28/01/03	6002	343	106	1,8	2

O evento 1 foi utilizado na calibração e os demais na validação. Na fase da calibração a diferença entre os resultados encontrados com a utilização dos três métodos não foi representativa,

como pode-se verificar através das Figuras 06 a 08. Entretanto na fase da validação os melhores resultados foram encontrados através do método das diferenças, com antecedência de 6 horas, como pode-se verificar na Figura 09. Os coeficientes da equação de regressão foram obtidos através do método dos mínimos quadrados. O coeficiente de Nash encontrado foi de 0,979 e o RD de 0,352. Os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes (vazões de Colatina e UHE Mascarenhas) e a variável dependente (vazão em Colatina após 6 horas) foram 0,984 e 0,989 respectivamente.

Os modelos propostos para a previsão de vazões em Colatina se encontram apresentados na Tabela 04 onde Q_{CL} e Q_{MS} são as vazões em Colatina e UHE Mascarenhas respectivamente defasadas em t horas. Esses modelos são válidos para a faixa de vazões compreendida entre 1.000 a 6.000 m³/s o que representa cotas entre 180 a 680 cm. O desvio médio de 5 % representa 10 cm em termos de cota, sendo que a cota de alerta definida para Colatina é de 470 cm e a de inundação 520 cm.

Tabela 04 – Modelos para previsão hidrológica em Colatina

Nº	Equação	Observação
1	$Q_{CL+6} = 0,039 \times (Q_{CL} - Q_{CL-6}) + 0,536 \times (Q_{MS} - Q_{MS-6}) + Q_{CL}$	Modelo atual - Método das diferenças
2	$Q_{CL+6} = 0,373 \times (Q_{CL}) + 0,648 \times (Q_{MS}) + 178$	Modelo alternativo - Propagação
3	$Q_{CL+6} = 1,02 \times (Q_{MS}) + 307$	Modelo alternativo - Correlação entre vazões

Linhares

Foram escolhidos dez eventos com cota máxima maior do que 310 cm para a calibração do método das diferenças para a previsão de níveis em Linhares. Esses eventos estão apresentados na Tabela 05.

Tabela 05 – Eventos usados na calibração e validação em Linhares

Evento	Data	Cota máxima (cm)		Tamanho	Erro Padrão (cm)	Erro Padrão / Cota Máx (%)	Desvio (%)
		Linhares	Colatina				
1	19/01/79 a 31/01/79	400	675	26	9,5	2,4	2
2	12/11/81 a 10/12/81	496	644	58	20,3	4,1	4
3	04/12/83 a 20/12/83	367	587	32	9,0	2,5	3
4	08/01/85 a 10/02/85	473	728	68	10,5	2,2	2
5	27/12/85 a 20/01/86	319	551	49	7,7	2,4	2
6	07/01/91 a 12/04/91	438	566	191	5,5	1,3	1
7	15/01/92 a 27/02/92	498	620	87	5,2	1,1	1
8	29/10/92 a 05/02/93	444	531	199	5,5	1,2	1
9	01/01/02 a 31/03/02	415	506	178	11,7	2,8	3
10	14/12/02 a 10/02/03	520	675	236	5,9	1,1	1

O evento 7 foi utilizado na calibração e os demais na validação. O coeficiente de Nash encontrado foi de 0,983 e o RD de 0,690. Os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes (Cota em Colatina, Cota em Linhares, diferença de Cota em Colatina e diferença de

Cota em Linhares) e as variáveis dependentes (Cota em Linhares após 12 horas e diferença de Cota em Linhares após 12 horas) foram 0,991, 0,989, 0,831 e 0,796 respectivamente.

O modelo proposto para a previsão de níveis em Linhares se encontra apresentado na Tabela 06 onde C_{CL} e C_{LI} são as cotas em Colatina e Linhares respectivamente defasadas em t horas. Os coeficientes da regressão foram definidos através do método dos mínimos quadrados. A equação é válida para a faixa de cotas compreendida entre 100 e 520 cm, possui um desvio da ordem de 2% o que representa em termos de cota 10 cm, sendo que a cota de alerta definida para Linhares é de 300 cm e de inundação de 351 cm. As figuras 10 e 11 apresentam o ajuste do modelo testado.

Tabela 06 – Modelos para previsão hidrológica em Linhares

Nº	Equação	Observação
1	$C_{LI+12} = 0,326 \times (C_{CL} - C_{CL-12}) + 0,364 \times (C_{LI} - C_{LI-12}) + C_{LI}$	Modelo atual - Método das diferenças

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método das diferenças apresentou resultados satisfatórios para a previsão de vazões e níveis das estações de Resplendor, Colatina e Linhares, as quais possuem área de drenagem da ordem de 60 a 80 mil km².

Para Resplendor e Colatina o método das diferenças apresentou resultados melhores do que os métodos de propagação linear e a correlação de vazões. Portanto sugere-se que, durante a operação do Sistema de Alerta, caso não haja o número de informações necessárias para a utilização do método das diferenças, seja utilizado o método da propagação e como terceira alternativa a correlação entre vazões para a previsão hidrológica nessas estações.

Para Linhares, o método das diferenças foi o único testado, pois nesta estação não são realizadas medições de descarga. Isto consiste em uma vantagem do método das diferenças, ou seja, o fato de poder ser utilizado na previsão de níveis, caso não haja disponibilidade da série de vazões.

Entretanto o método das diferenças requer um número maior de variáveis para a sua aplicação, comparando com o método da propagação, por exemplo, este número é duas vezes maior. Isto pode limitar a sua utilização durante a operação de sistema de alerta, quando houver problemas na obtenção dos dados.

Outra desvantagem do método das diferenças é a grande sensibilidade a variações bruscas dos dados de entrada, fazendo com que o hidrograma previsto reproduza estas flutuações, que não aparecem no hidrograma dos dados observados. Isto é bastante evidente no caso de Colatina, onde o modelo de previsão utiliza os dados de vazão defluente da UHE Mascarenhas, os quais possuem esta variação. Como pode ser visto nas Figuras 06 e 09. Portanto torna-se necessário avaliar a possibilidade de corrigir essa flutuação aproximando a previsão do hidrograma real.

Por fim outra desvantagem do método das diferenças em relação à operação de sistemas de alertas é a pouca sensibilidade à introdução de dados incorretos. Caso isto aconteça, é muito difícil identificar o erro, pois o modelo utiliza a diferenças de vazões ou níveis num determinado intervalo de tempo, fazendo com que as variáveis de entrada tornem-se muito pequenas e o erro passe despercebido. Isto seria mais facilmente identificado com a utilização dos outros modelos.

Para Resplendor os modelos foram testados para uma faixa de vazões bastante ampla: 500 a 6.300 m³/s. Isto ocorreu por que a série de vazões de Tumiritinga e Resplendor, são grandes e contemplam eventos mais críticos, como a cheia de janeiro de 1997. O mesmo ocorreu para Linhares onde o modelo foi testado para algumas das grandes cheias registradas na bacia do rio Doce, dos anos hidrológicos: 1978/1979, 1981/1982, 1984/1985 e 1991/1992. Já para Colatina a faixa de vazões para a qual os modelos foram testados foi menor, 1.000 a 6.000 m³/s, pois a série de vazões da UHE Mascarenhas não é tão extensa e o maior evento corresponde à cheia ocorrida em janeiro de 2003. Portanto ressalta-se a importância de um monitoramento e armazenamento de dados contínuo a jusante das usinas hidroelétricas.

Como os métodos testados não levam em conta os dados de precipitação, sugere-se que seja acompanhada a evolução da mesma na área a montante da estação, principalmente na área de contribuição entre os pontos de monitoramento pluviométrico, ou seja entre Tumiritinga e Resplendor, entre a UHE Mascarenhas e Colatina e entre Colatina e Linhares.

O trecho entre Tumiritinga e Resplendor possui cerca de 6.000 km², ou seja 10 % da área afluenta a Resplendor. Nesta região a precipitação pode ser monitorada atualmente através das estações pluviométricas localizadas em Tumiritinga e Caratinga. Cabe ressaltar que os dados de Tumiritinga são transmitidos via observador, ou seja uma vez por dia é enviado o total diário precipitado. A estação de Caratinga é telemétrica via satélite e os dados podem ser coletados em tempo real.

O trecho entre a UHE Mascarenhas e Colatina possui cerca de 2.500 km², ou seja 3 % da área afluenta a Colatina. Nesta região a precipitação pode ser monitorada atualmente em tempo real através das estações de Aimorés e Colatina.

O trecho entre Colatina e Linhares possui cerca de 2.000 km², ou seja 2,5% da área afluenta a Linhares. Nesta região a precipitação pode ser monitorada atualmente em tempo real através da estação de Colatina.

Cabe ressaltar que tais estações pluviométricas não estão dispostas geograficamente nas três áreas de forma a permitir a utilização de um modelo de transformação de chuva em vazão. Ou seja, caso faça-se a opção de utilizar um modelo chuva-vazão na área incremental, tornar-se-á necessária a utilização de novas estações pluviométricas instaladas nas bacias dos principais afluentes dos trechos em estudo: entre Tumiritinga e Resplendor, na bacia do rio Cuieté; entre a UHE

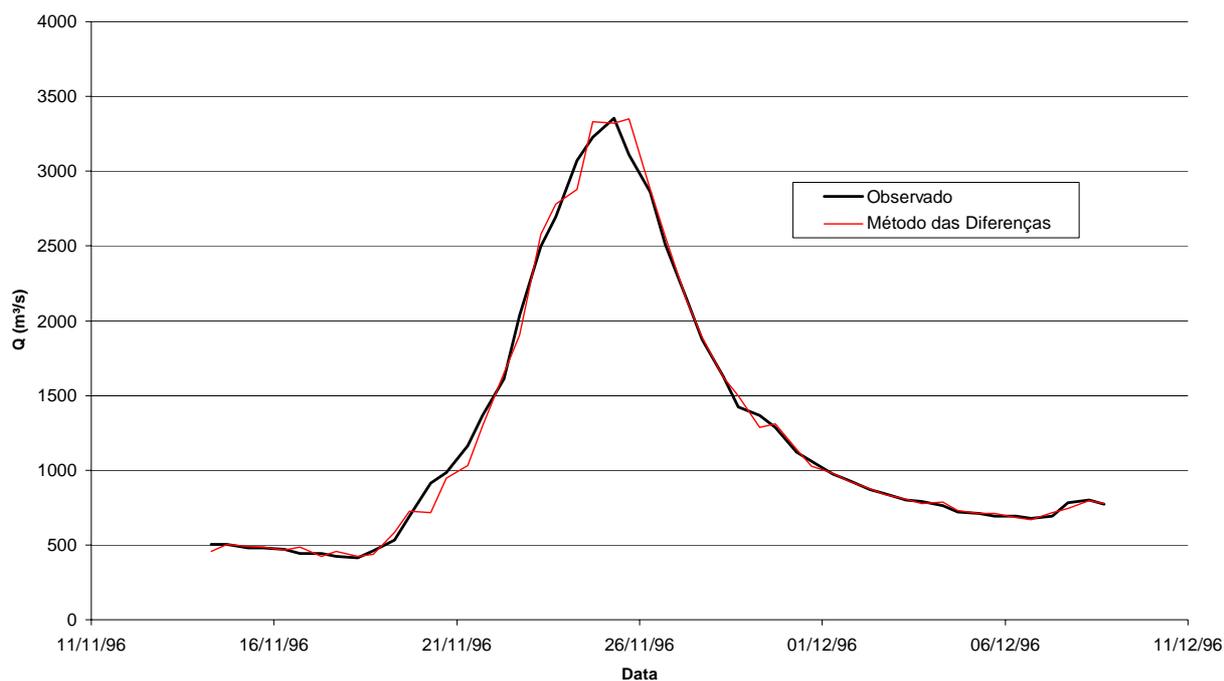
Mascarenhas e Colatina, na bacia do rio Santa Joana, entre Colatina e Linhares, nas bacias dos rios Pancas e São José.

Além disso sugere-se testar o método das diferenças utilizando os dados das estações fluviométricas localizadas próximas a foz dos rios citados anteriormente, para a previsão de vazões/níveis em Resplendor, Colatina e Linhares, ou seja, no rio Cuieté, Barra do Cuieté Jusante com área de drenagem de 3.284 km², no rio Santa Joana, Jusante do Córrego da Piaba, com área de 873 km², no rio Pancas, Ponte do Pancas, com área de 919 km² e no rio São José, Barra de São Gabriel, com área de 1.243 km². Avaliando assim a necessidade de coleta dos dados dos afluentes durante a operação do Sistema de Alerta.

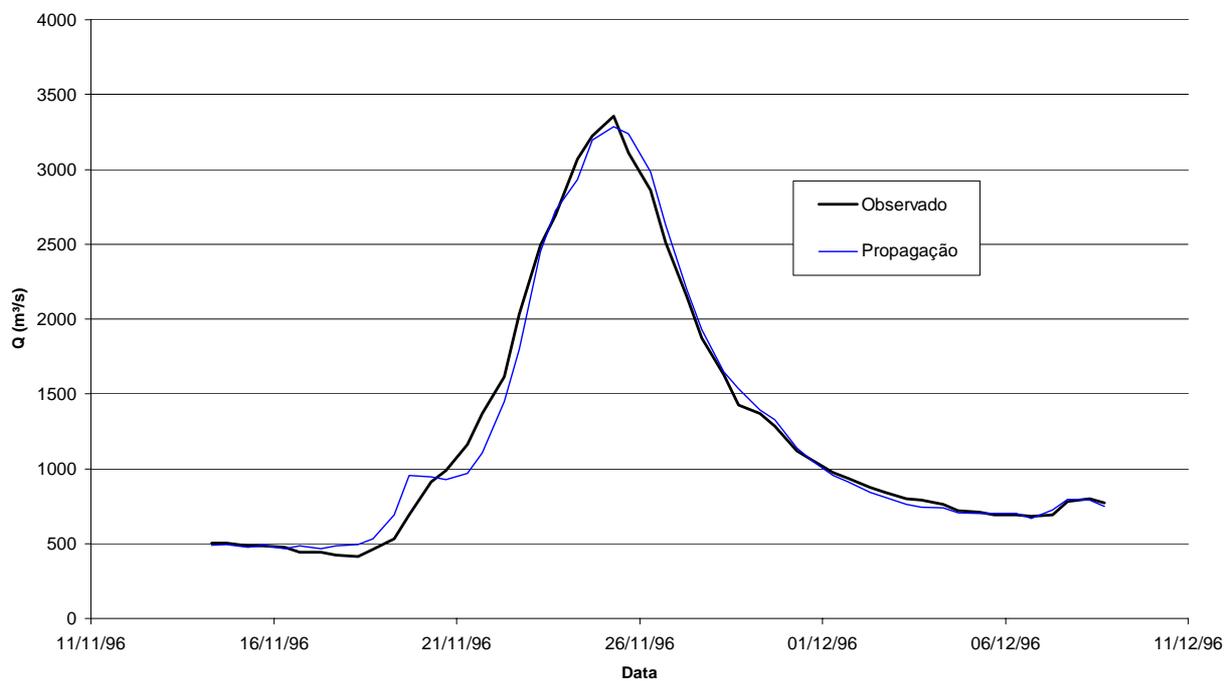
BIBLIOGRAFIA

- ADOCE.** Termo de referência - Sistema de Gerenciamento de Informações de Recursos Hídricos para Bacia do Rio Doce - GRH - Doce. Etapa 1: Alerta Hidrológico. Belo Horizonte, CPRM, 1997.
- CPRM.** Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 1998 a Março de 1999. Belo Horizonte, 1999.
- CPRM.** Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de Dezembro de 1999 a Março de 2000. Belo Horizonte, 2000.
- CPRM.** Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de Dezembro de 2001 a Março de 2002. Belo Horizonte, 2002.
- CPRM.** Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de Dezembro de 2002 a Março de 2003. Belo Horizonte, 2003.
- Tucci, Carlos E. M.** Modelos Hidrológicos. Editora da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 1998.

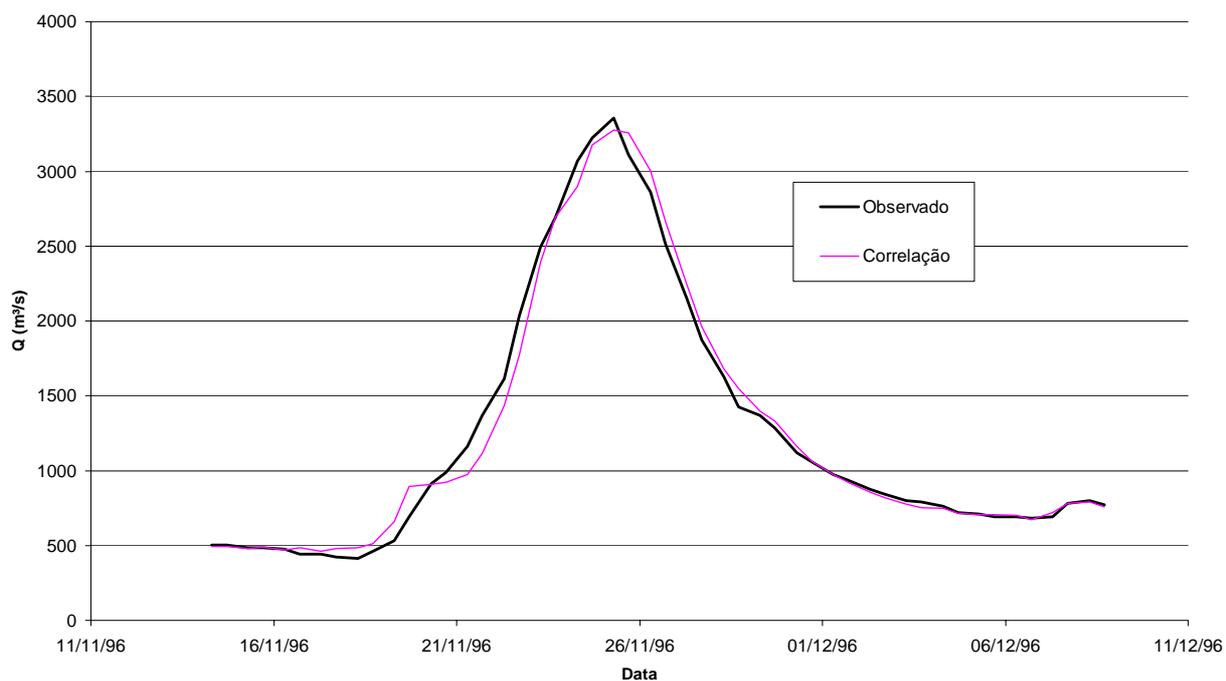
**Figura 01 - Previsão de Vazões do Rio Doce em Resplendor
Evento 2 - Calibração**



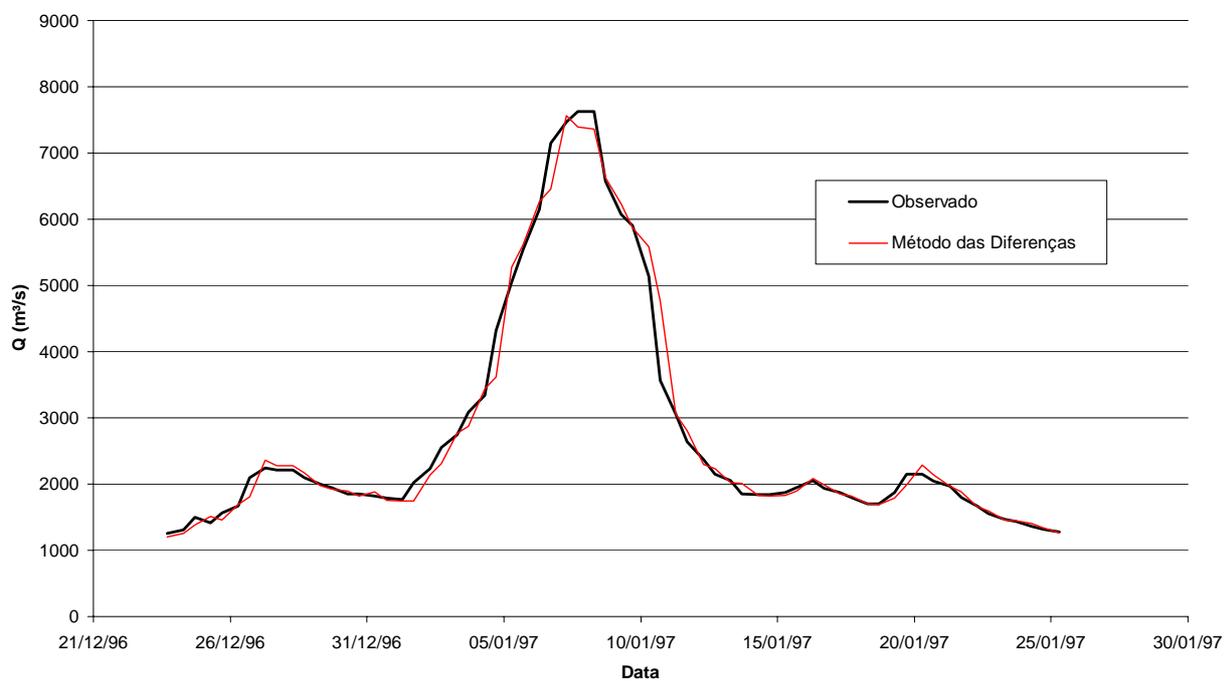
**Figura 02 - Previsão de Vazões do Rio Doce em Resplendor
Evento 2 - Calibração**



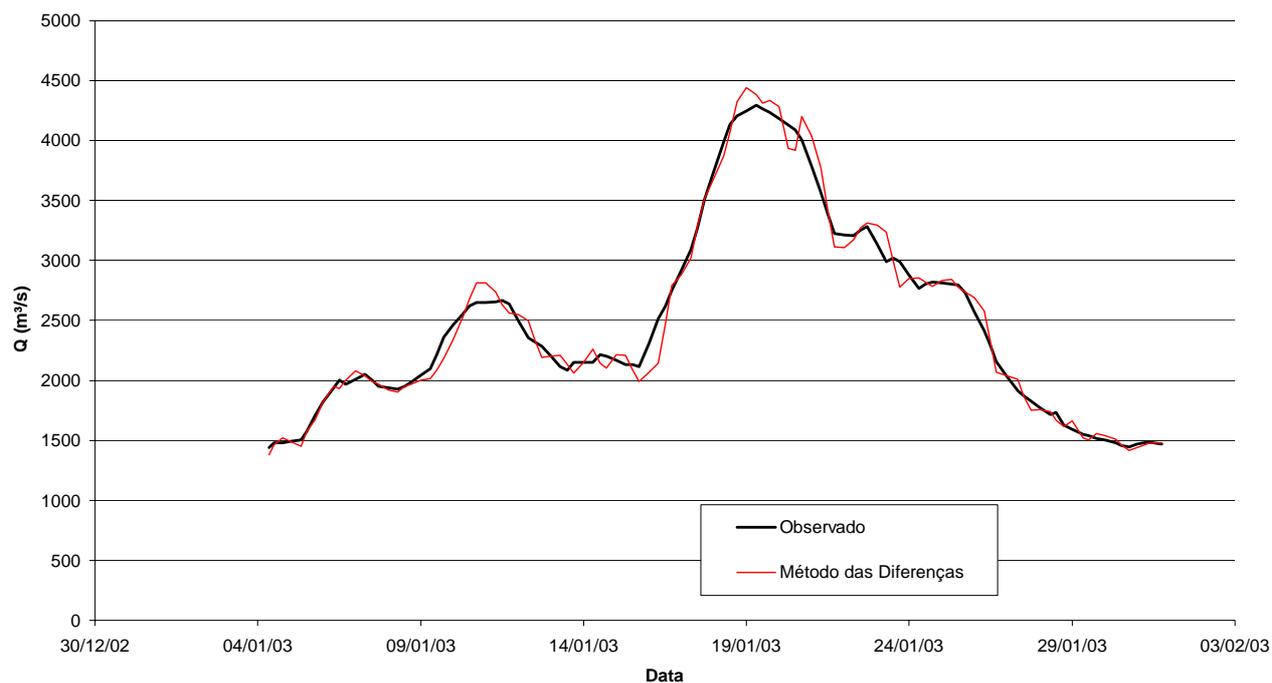
**Figura 03 - Previsão de Vazões do Rio Doce em Resplendor
Evento 2 - Calibração**



**Figura 04 - Previsão de Vazões do Rio Doce em Resplendor
Evento 3 - Validação**



**Figura 05 - Previsão de vazões do Rio Doce em Resplendor
Evento 9 - Validação**



**Figura 06 - Previsão de Vazões do rio Doce em Colatina
Evento 1 - Calibração**

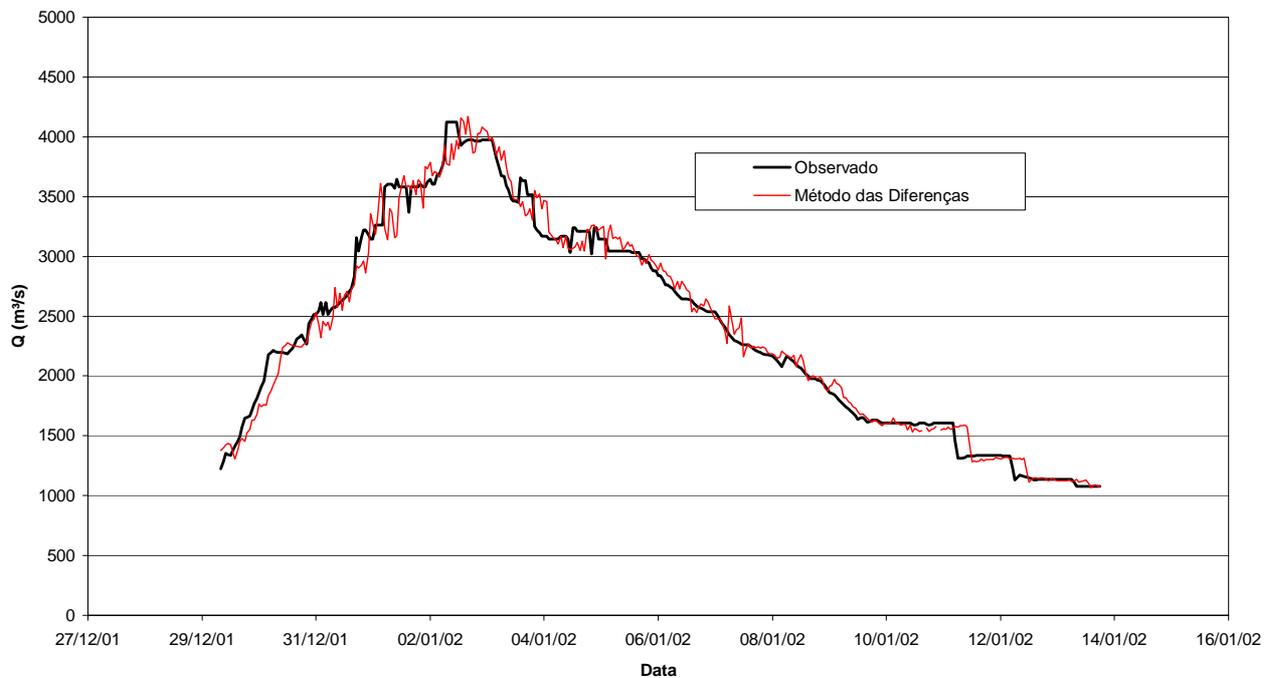


Figura 07 - Previsão de Vazões do rio Doce em Colatina
Evento 1 - Calibração

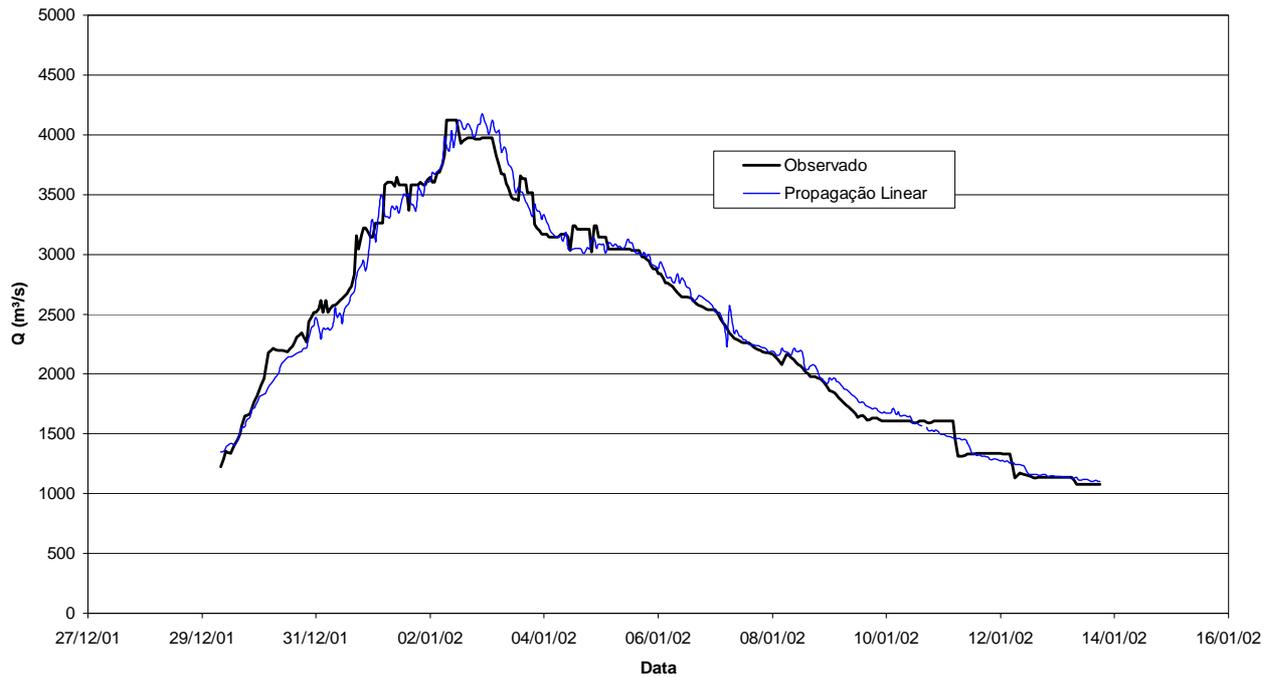


Figura 08 - Previsão de Vazões do rio Doce em Colatina
Evento 1 - Calibração

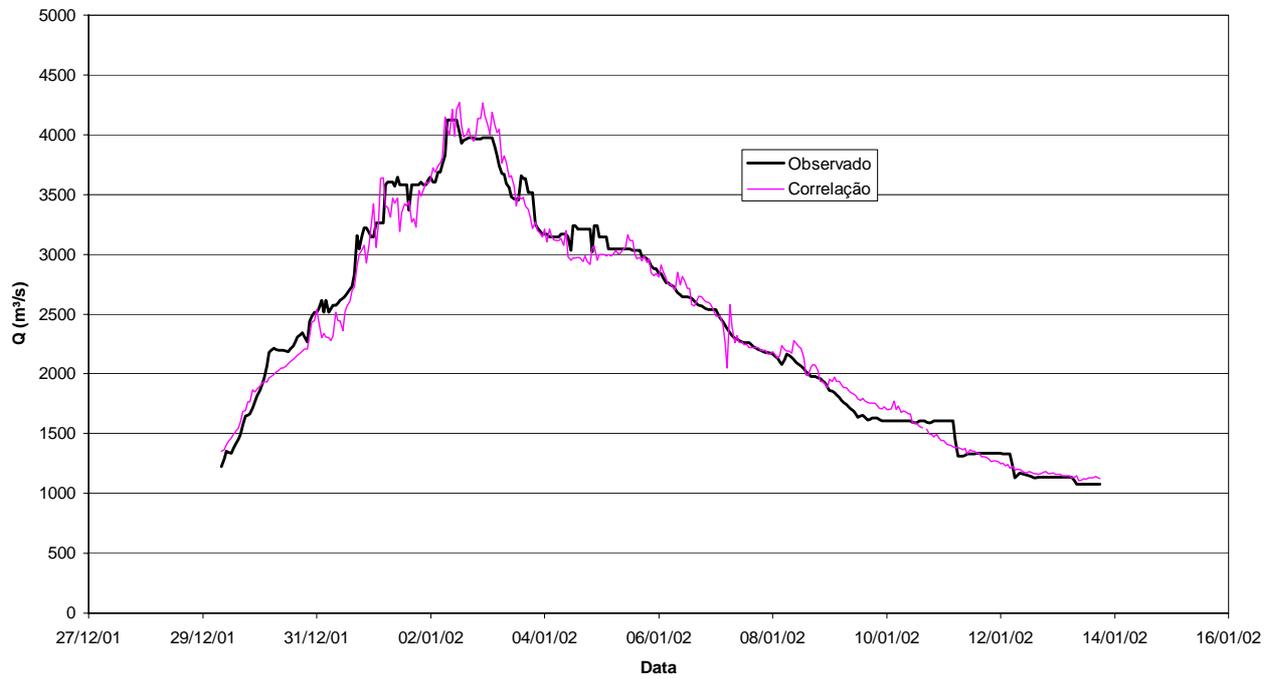


Figura 09 - Previsão de vazões do Rio Doce em Colatina
Evento 8 - Validação

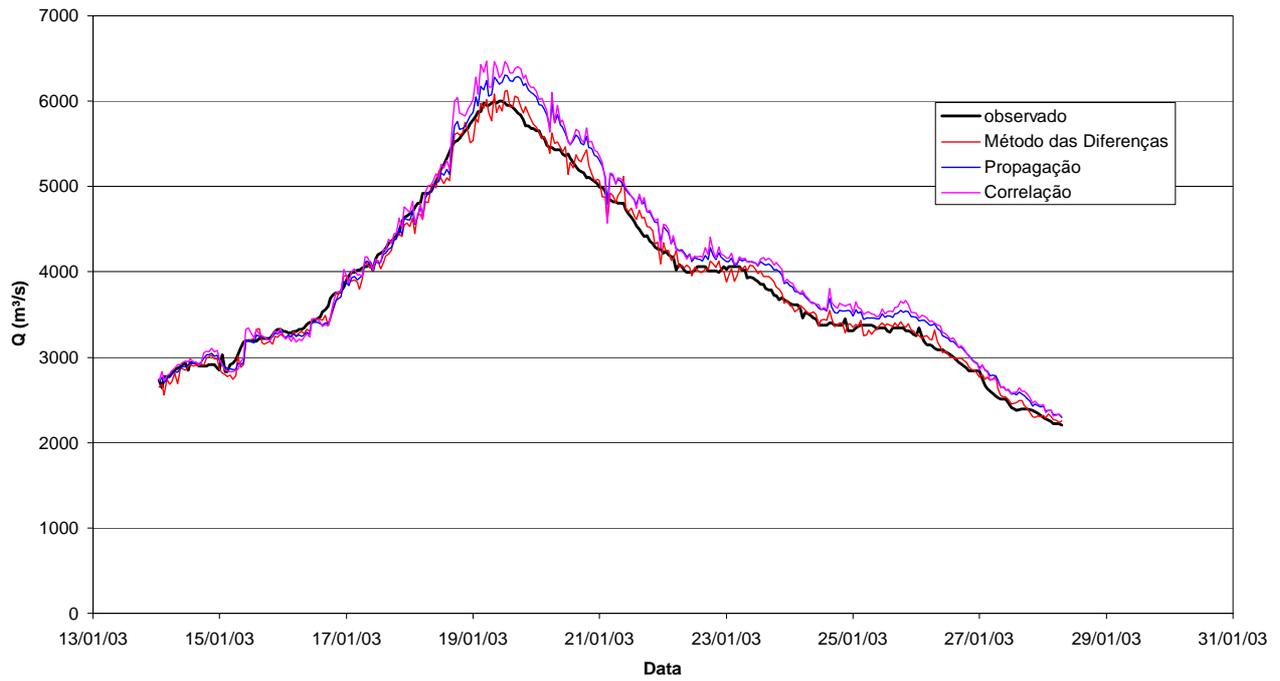


Figura 10 - Previsão de Níveis do Rio Doce em Linhares
Evento 7 - Calibração

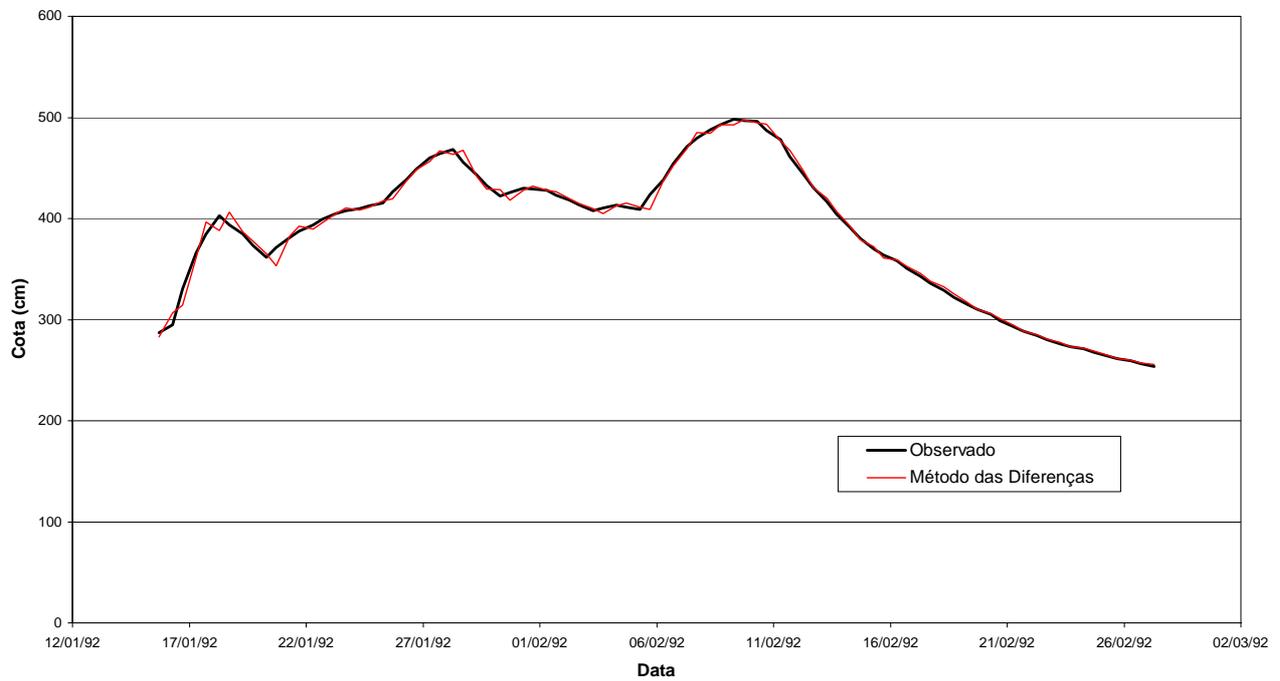


Figura 11 - Previsão de níveis do Rio Doce em Linhares
Evento 10 - Validação

