



## CALIBRAÇÃO DE UM MODELO HIDROLÓGICO TIPO CHUVA-VAZÃO PARA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE

*Rodarte Francisco da Rosa<sup>1</sup>, Mauricio Perazzoli<sup>2</sup>, Andrei Goldbach<sup>3</sup>*

**RESUMO:** O Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande quantidade de água doce dos seus rios e o estado de Santa Catarina sendo um dos estados com maior demanda de água em volume por habitante. Este estudo pretende simular cheias que ocorrem dentro da bacia, resultando em informações necessárias para determinar curvas de permanência. O objetivo principal deste trabalho é calibrar o modelo de transformação chuva-vazão IPH\_II para a estação ANA Joaçaba/SC com uma área de 3708,33 km<sup>2</sup> localizada na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, esta calibração foi feita através dos parâmetros do modelo IPH\_II, determinando a disponibilidade hídrica para as condições de vazões mínimas e médias, e comparação das curvas de permanência. Os resultados obtidos após a calibração do modelo foram satisfatórios porém, faz-se necessário um tempo maior para trabalhar os dados para a calibração, ficou evidente também que o modelo sendo melhor calibrado será possível simular diferentes cenários para a Bacia do Rio do Peixe auxiliando assim na gestão dos recursos hídricos, e por fim as curvas de permanência em até determinado instante se mostraram sobrepostas mas na parte final não conseguiram simular os dados adequadamente.

**Palavras-Chave** – Curvas de Permanência, Vazões de Referência, Modelos Hidrológicos.

## ESTIMATE OF WATER DEMAND FOR DIFFERENT USES THE RIVER BASIN OF RIO DO PEIXE

**ABSTRACT:** This paper discusses the fact that Brazil stand out on the world stage by the large amount of fresh water in its rivers and the state of Santa Catarina is one of the states with the highest demand for water volume per capita, this study aims to simulate floods occurring within the basin, resulting in information necessary to determine retention curves. The main objective of this paper is to calibrate the model for rainfall-runoff transformation IPH\_II Watershed for the Fish River, which is located in the ANA Joaçaba / SC station with an area of 3708.33 km<sup>2</sup>, this calibration will be done through the model parameters IPH\_II determining water availability for conditions of minimum and average flow rates, and make a comparison of retention curves. The results obtained after calibration of the model were satisfactory but it is necessary a longer time to process the data for calibration, also became evident that the best model being calibrated will be possible to simulate different scenarios for the Rio do Peixe Basin thus aiding in water resources management, and finally curves to stay in given time is shown superimposed on the final part but were unable to adequately simulate the data.

**Keywords** – Curves of Residence, Reference Flows, Hydrological Models

<sup>1</sup> Engenheiro Sanitarista e Ambiental, graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – UNOESC. e-mail: rodarte02@hotmail.com.

<sup>2</sup> Autor Correspondente: Mestre em Engenharia Ambiental . Professor do Curso Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Oeste do Estado De Santa Catarina -UNOESC , Consultor Técnico do Comitê Rio do Peixe . e-mail: mauricio.perazzoli@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Ambiental . Coordenador do Curso Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Oeste do Estado De Santa Catarina - UNOESC , Consultor Técnico do Comitê Rio do Peixe . e-mail: andrei.goldbach@unoesc.edu.br.



## **INTRODUÇÃO**

A água nos últimos anos têm sido tema de vários debates importantes em diversas partes do mundo, problemas relacionados ao seu uso indevido, escassez e poluição não se destacam apenas na mídia, mas também em cidadãos comuns que passaram a se preocupar com a qualidade e quantidade dela.

Segundo Rebouças (2002), o Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande quantidade de água doce dos seus rios (53% do continente sul-americano e 12% do total mundial). O Estado de Santa Catarina, considerando o potencial e a demanda de água em volume por habitante e por ano apresenta a relação dentre 5% a 10% para a utilização da água.

De acordo com Lopes et al. (2009), a região Meio Oeste Catarinense se destaca pela abundância de recursos hídricos e possibilitou assim a colonização e desenvolvimento através da agricultura e pecuária, entretanto com o passar dos anos, sem o devido cuidado foi constatada a poluição das nascentes de rios, cursos d'água, e suas áreas ribeirinhas sendo tomadas por construções inadequadas e impróprias. A qualidade ambiental de um rio e da maioria dos ecossistemas está diretamente relacionada ao regime hídrico. O regime hídrico consiste na evolução da quantidade e da qualidade de água no decorrer do tempo. Os parâmetros indicadores do regime hídrico são: as vazões mínimas, médias e máximas (PERAZZOLI, 2012).

Em conformidade com esta questão Campos & Studart (2001) relatam que o ciclo e todos os processos hidrológicos estão inseridos dentro de bacias hidrográficas e podem ser estudados mais detalhadamente quando limitados ao âmbito da mesma. As bacias são consideradas excelentes unidades de estudo, planejamento e de gestão dos elementos naturais e sociais sendo possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Modelos hidrológicos são ferramentas utilizadas para realizar estudos, representar processos, elaborar prognósticos e simular cenários permitindo antecipar possíveis impactos para a tomada de decisões, esses modelos têm sido amplamente utilizados na avaliação de impactos das mudanças de uso do solo sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da água em uma bacia hidrográfica, (LUBITZ, 2009).

A utilização de modelos hidrológicos precipitação-vazão é utilizado frequentemente para estimativa através de simulações de projetos feitas em bacias urbanas devido a falta de dados observados de vazão e a alteração das características da bacia. O objetivo geral deste trabalho foi calibrar o modelo de transformação chuva-vazão IPH\_II para a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. Esse modelo foi desenvolvido através do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul com o objetivo de simular eventos como: cheias que ocorrem dentro das bacias hidrográficas existentes, resultando em informações necessárias para determinar curvas de permanência e relações de correlação entre vazões calculadas e observadas (BRAVO et al, 2006).

## **METODOLOGIA**

A Bacia do Rio do Peixe está localizada na região Meio-Oeste catarinense com uma extensão de 5.123,75 Km<sup>2</sup>, nasce na Serra do Espigão, no município de Matos Costa, abrange 26 cidades, percorre uma extensão de 299 km e desemboca no Rio Uruguai (Figura 01). Neste estudo foi utilizada a área de drenagem da estação de monitoramento ANA localizada em Joaçaba, com os códigos 72849000 para dados fluviométricos, código 02751004 para os pluviométricos. Esses dados foram retirados da plataforma on-line HidroWeb. Os dados da evaporação foram calculados



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

através do balanço hídrico simples. A estação está localizada nas coordenadas latitude S 27° 09'32" e longitude W 51° 28'50" na altitude de 500m e a sub-bacia ocupa uma área de drenagem de 3708,33 (km<sup>2</sup>).



Figura 1 - Localização da Bacia do Rio do Peixe, Estado de Santa Catarina. Fonte: Zago (2008)

De acordo com Trevisol (2011), “o Rio do Peixe se encontra no centro da história da presença humana da bacia, sendo ainda hoje, elemento essencial de toda a economia regional, da ocupação do solo e da vida social, política e cultural das pessoas que nela habitam”.

Para a execução deste trabalho foram utilizados dados de precipitação, vazão e evapotranspiração compreendidos entre os dias de 01/01/2005 à 01/12/2011, estes dados foram retirados da estação fluviométrica ANA código 72849000 e pluviométrica código 02751004. Utilizou-se esse período, pois os dados já estavam compilados e ajustados não tendo assim nenhum tipo de falha e/ou erro.

O modelo foi ajustado por tentativa e erro, permitindo que os parâmetros variassem de acordo com a busca dos melhores resultados estatísticos e gráfico visual. O resultado da calibração foi medido através do coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (COE) que é uma medida de associação entre as vazões previstas e observadas e o seu valor varia entre -1 e 1. Se for igual a 1 sua amostra será perfeita, ou seja, não existirá diferença entre os valores estimados e valores reais. Se o coeficiente for menor ou igual a 0 mostrará que o modelo não tem utilidade para prever vazões. Para a executar a simulação foi necessário passar por três etapas; introdução dos dados de entrada no processo, a execução no processo de calibração do modelo IPH\_II e análise dos resultados do processo.

Os dados de entrada do modelo hidrológico são precipitação, evaporação e vazão, cada série de dado foi constado em um arquivo de texto diferente, os valores introduzidos não precisaram ter formatos específicos, o importante é lembrar de usar ponto ao invés de vírgula para separar os números decimais.

A seguir foi introduzido os dados de entrada para dar início ao processo de calibração do modelo, os dados são os seguintes:

- A área da bacia, 3708,33 Km<sup>2</sup>;



- O total da área impermeável que varia entre (0,0 - 100,0) será de 12%, o coeficiente da forma de histograma que varia entre (1,0 a 2,0) será 1,468 e o tempo de concentração que varia entre (1,0 a 3,0) será 3,0, todos estes dados foram retirados do Atlas Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (2008).

Os dados da simulação utilizados são:

- O intervalo de tempo que é registrado em minutos, neste trabalho foi adotado 24 horas, portanto o intervalo de 1440,00 minutos.
- O número total de registros das informações obtidas é a soma das linhas de dados de entrada que compõem o arquivo texto da vazão e precipitação e evaporação, que foi usado para a simulação, neste caso a soma total destes dados foi 2556,00 registros;
- A respeito da percolação, este dado é retirado do valor da primeira vazão identificada no dia 01/01/2005;
- A vazão subterrânea representa 80% do valor da percolação;
- A vazão superficial será o restante, ou seja, 20% restante da percolação.

Após os dados de entrada, da bacia e da simulação processados, o modelo foi executado. Para a execução do modelo foi utilizado o método da calibração manual série contínua (Figura 02)

Parâmetros		Limites recom
I0	47.3	(10.0 - 300.0)
IB	1.0	(0.10 - 10.0)
H	0.99	(0.01 - 0.999)
KS	1.1	(0.01 - 10.0)
KSUB	18.5	(10.0 - 500.0)
RMAX	0.55	(0.0 - 9.0)
ALFA	0.99	(0.01 - 20.0)

Curva de permanência

Porcentagem: 50.000000 [%]

Botoes: SIMULA, SAI

Figura 02 - Calibração Série Contínua. Fonte: Modelo WIN\_IPH II

Através dos parâmetros listados na tabela acima foi possível observar que:

- i. Os parâmetros I0 (a capacidade de infiltração do solo) e Ib (capacidade de infiltração quando o solo está saturado) foram modificados e adequados conforme os limites recomendados em um determinado tempo. O parâmetro I0 variou em torno de 16,31% mantendo-se em 47.3 e o Ib variou perto de 10% mantendo-se em 1.0;
- ii. O parâmetro H que se refere ao tipo de solo variou em 100% em relação aos limites recomendados, fixando em 0.99;



- iii. Os parâmetros  $K_s$  (escoamento superficial) e  $K_{sub}$  (escoamento subterrâneo) oscilaram pouco, o escoamento superficial variou em 11% se ajustando em 1.1 e o subterrâneo em 3,7% fixando em 18.5;
- iv. O  $R_{máx}$  (volume máximo do reservatório) foi ajustado conforme a análise da modificação dos parâmetros anteriores, seu valor final variou em 6,1% fixando em 0.55;
- v. Por último, o alfa foi definido conforme o ajuste de todos os parâmetros anteriores, seu valor oscilou em 4,95% estabilizando em 0.99.

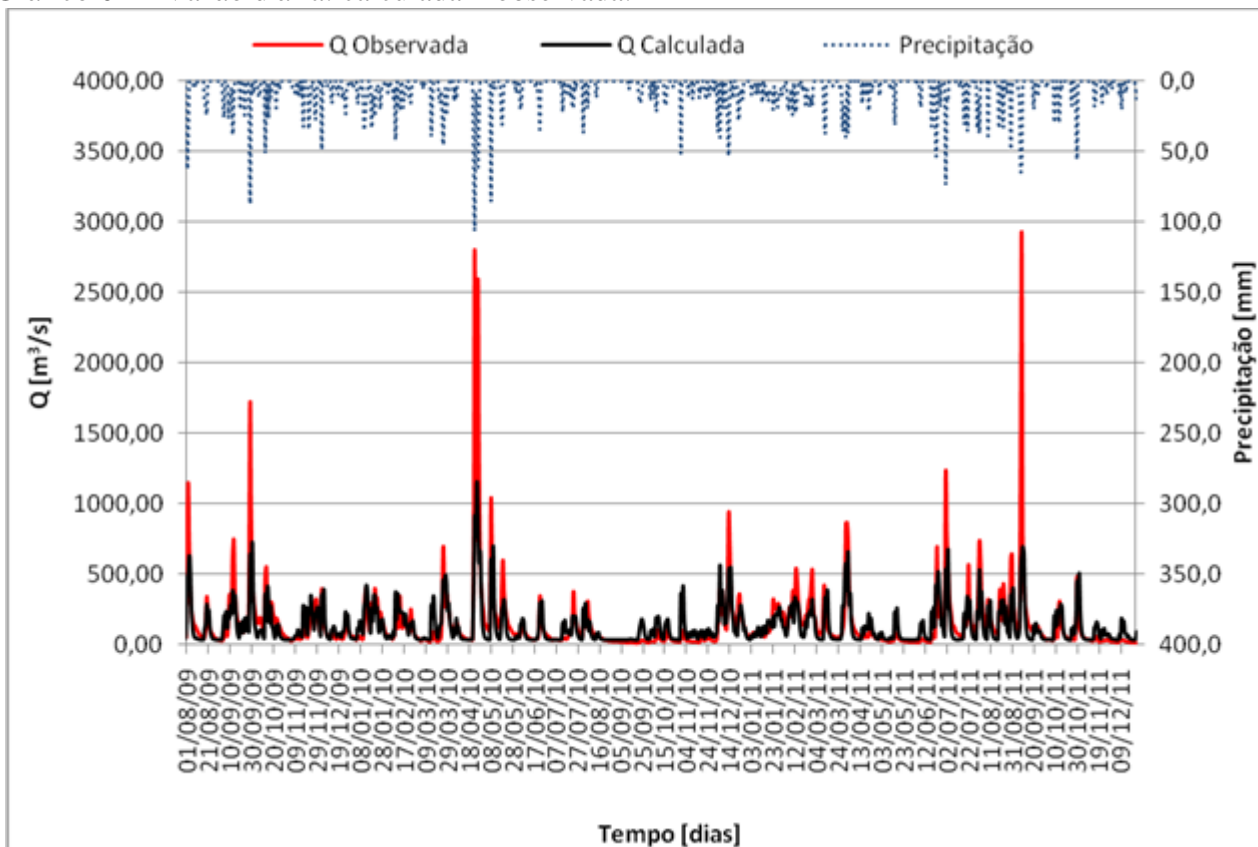
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultados no Processo de Calibração

Após a execução do processo de calibração através da série contínua, o programa WIN\_IPH II apresentou os resultados através de gráficos.

O Gráfico 01 apresenta os dados das vazões observada, calculada e da precipitação nos anos de 2009 a 2011. Observa-se que nos meses de setembro de 2009, abril de 2010 e agosto de 2011 houve uma precipitação maior influenciando o comportamento da vazão. O modelo simulou adequadamente os valores mínimos (escoamento de base), porém os valores máximos (picos), o modelo não conseguiu simular adequadamente.

Gráfico 01 – Vazão diária: calculada x observada.





Após a realização de todos os processos de análise o coeficiente de NASH atingiu 0,52 constatando assim que o modelo foi calibrado e apto para realização de estudos futuros na bacia.

### Disponibilidade Hídrica das vazões mínimas, médias e máximas

A Tabela 01 abaixo indica o comparativo das vazões estabelecidas pelo modelo. Nota-se que a vazão máxima observada foi superior em 153,74 % em relação à calculada, a média também foi superior só que um valor relativamente baixo chegando a 3,45 % e a vazão mínima foi à única onde a vazão observada foi inferior a vazão calculada, sendo aproximadamente 339% menor.

Tabela 01 - Tabela das Vazões

Vazões	Observada (entrada)	Calculada (saída)
Q máxima	2925,00 m <sup>3</sup> /s	1152,77 m <sup>3</sup> /s
Q média	105,77 m <sup>3</sup> /s	102,24 m <sup>3</sup> /s
Q mínima	3,60 m <sup>3</sup> /s	15,83 m <sup>3</sup> /s

Na Tabela 02 mostra a diferença das vazões de referência observadas e calculadas e ainda faz um comparativo das Q<sub>50</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub> com os dados de trabalhos anteriores desenvolvidos na Bacia do Rio do Peixe, como Zílio (2007) e Lindner (2007). A maior vazão Q<sub>50</sub> entre as três foi a Zílio (2007), sendo 70,7 m<sup>3</sup>/s e superior em 36,80% em relação a Q calculada que chegou a 51,68 m<sup>3</sup>/s, e superior em 48,84% da Q Observada que foi de 47,50 m<sup>3</sup>/s. No comparativo das três Q<sub>90</sub>, a maior vazão foi a Q Calculada, sendo 31,23 m<sup>3</sup>/s e superior em 25,42% em relação à de Zílio (2007) que chegou a 24,90 m<sup>3</sup>/s, e superior em 98,16% da Q Observada que foi de 15,76 m<sup>3</sup>/s. Na Q<sub>95</sub> que foi o último comparativo entre as três vazões a que se destacou novamente foi a Q Calculada que chegou a 27,52 m<sup>3</sup>/s superior em 37,6% em relação a Zílio (2007) que foi de 20,00 m<sup>3</sup>/s e superior em 169,61% a Q Observada que novamente foi a menor ficando com a vazão de 10,20 m<sup>3</sup>/s, e por fim na Q<sub>98</sub> onde o comparativo foi feito entre a Observada e a Calculada, a Q calculada fixou-se em 23,60 m<sup>3</sup>/s sendo 207,30% maior que a Q Observada que marcou 7,68 m<sup>3</sup>/s.

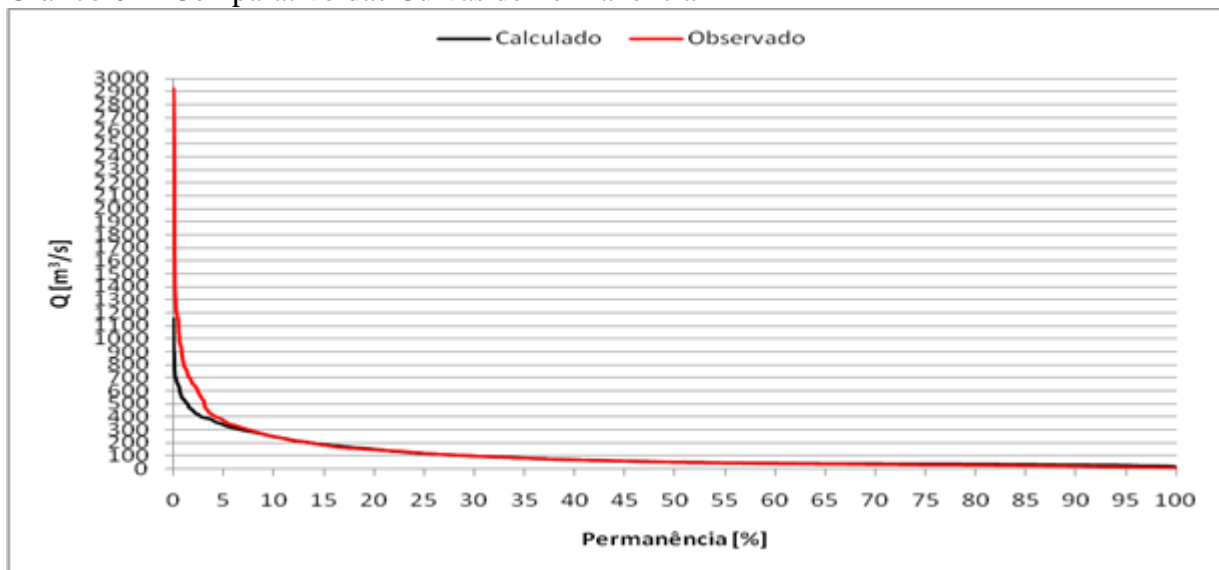
Tabela 02 - Vazões de referência

Vazões	Q Observada	Q Calculada	Zílio (1977-2004)
Q <sub>50</sub>	47,50 m <sup>3</sup> /s	51,68 m <sup>3</sup> /s	70,7 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>90</sub>	15,76 m <sup>3</sup> /s	31,23 m <sup>3</sup> /s	24,90 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>95</sub>	10,20 m <sup>3</sup> /s	27,52 m <sup>3</sup> /s	20,00 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>98</sub>	7,68 m <sup>3</sup> /s	23,60 m <sup>3</sup> /s	-

No Gráfico 02 é possível observar a curva de permanência dos dados observados (vermelho) e dos dados calculado (preto). Nota-se que antes dos 5% o crescimento destacável da vazão de entrada enquanto a de saída fica num crescente muito abaixo, após 6% começa a ter uma igualdade na decadência, após 10% do tempo observa-se que a vazão calculada sobressai-se chegando aos 100% do tempo nitidamente acima da observada.



Gráfico 02 - Comparativo das Curvas de Permanência



## CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados concluiu-se que o modelo é apto para ser aplicado na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. Fica evidente que é necessário um maior tempo para tabular os dados e realizar a calibração, pois as vazões de pico não foram devidamente simuladas, prejudicando assim o resultado final das vazões de referência. Os modelos hidrológicos são ferramentas de grande importância para o desenvolvimento de projetos e estudos em diferentes locais e bacias. Após o modelo melhor calibrado será possível simular diferentes cenários para a Bacia do Rio do Peixe, cenários de déficit e excedente hídrico, auxiliando assim na gestão dos recursos hídricos do local, e também subsidiando o futuro plano de bacia. As curvas de permanência indicaram que até a frequência de 50% do tempo as vazões observadas e calculadas apresentaram-se quase sobrepostas dando ênfase ao instante inferior a 5% onde notou-se que a vazão observada mostra valores crescentes mais elevados do que a calculada, após 50% o modelo não conseguiu simular adequadamente os dados.

## REFERÊNCIAS

BRAVO, Juan Martins et al. WIN\_IPH2, Manual de Usuário versão 1.0. Porto Alegre, 2006.

CAMPOS, J. N. B.; STUART, T. M. C. Gestão das Águas: Princípios e Práticas. 1. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001, 197 p.

LINDNER, Elfride Anrain. Estudo de eventos hidrológicos extremos na Bacia do Rio do Peixe - SC com aplicação de índice de umidade desenvolvido a partir do Tank Model. Tese (doutorado em Engenharia Ambiental). Florianópolis: UFSC, 2007a. 194 p

LOPES, A.R.B.C. et al. Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos e o Uso da Terra no município de Videira/SC, 2009.



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

PERAZZOLI, Maurício. Avaliação das Mudanças Climáticas e do uso do solo nas vazões e nos sedimentos da Bacia do Ribeirão Concórdia Lontras - SC, 2012. Dissertação de Mestrado. FURB. Blumenau, 2012.

SANTA CATARINA. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. EPAGRI/CIRAM. Florianópolis, 2010. <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca>, acessado em 30 outubro de 2014.

ZAGO, Sady; PAIVA, Dorarice Pedroso de (Org). RIO DO PEIXE: ATLAS DA BACIA HIDROGRÁFICA. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2008.

ZILIO, E. Estudo das vazões máximas, médias e mínimas em quatro postos fluviométricos do Rio do Peixe/SC. Estágio supervisionado II (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2007.