

OS 10 ANOS DO PROJETO INSTITUCIONAL DA CPRM: ESTUDOS INTEGRADOS EM BACIAS EXPERIMENTAIS E REPRESENTATIVAS – REGIÃO SERRANA/RJ – CONQUISTAS E DESAFIOS FUTUROS

Mariana Dias Villas-Boas^{1} & Filipe Jesus dos Santos² & Janaina G.Pires da Silva³ & Marcelo Parente Henriques⁴ & Marcio Junger Ribeiro⁵ & Rubens Esteves Kenup⁶ & Adriana Dantas Medeiros⁷ & José Paulo Soares de Azevedo⁸ & Francisco Olivera⁹*

Resumo – O projeto institucional do Serviço Geológico – CPRM, Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – EIBEX, completa 10 anos em 2017. Ao longo desse período é possível observar diversos avanços nas três áreas pilares do projeto, quais sejam: estabelecimento de relações interinstitucionais, teste de equipamentos e estudos e pesquisas com os dados do monitoramento da bacia. A calibração mensal do modelo SWAT é um dos estudos atuais que está sendo desenvolvido com o intuito de avaliar a rede de monitoramento operada pela CPRM no âmbito do projeto. Os primeiros resultados mostram um bom ajuste do modelo aos dados observados. Por outro lado, existem diversos desafios a serem enfrentados, ainda, dos quais cabe destacar a consolidação das bacias experimentais como área de pesquisa prioritária e a operação dos equipamentos automáticos que, na maior parte do tempo, tem apresentado muitos problemas.

Palavras-Chave – Bacias experimentais, monitoramento, Piabanha

THE 10 YEARS OF CPRM INSTITUTIONAL PROJECT: INTEGRATED STUDIES IN EXPERIMENTAL AND REPRESENTATIVE BACIES - REGION SERRANA / RJ - ACHIEVEMENTS AND FUTURE CHALLENGES

Abstract – The of the Geological Survey - CPRM institutional project, Integrated Studies in Experimental and Representative Basins - EIBEX, has been operating by 10 years in 2017. Throughout this period, it is possible to observe several advances in the three pillars of the project, such as: establishment of interinstitutional relations, test of equipment and studies, and watershed monitoring data research. The monthly calibration of the SWAT model is one of the current studies which has being developed with the purpose of evaluating the monitoring network operated by the CPRM. The first results show a good adjustment of the model to the observed data. On the other hand, there are several challenges to be faced, including the consolidation of experimental basins as a priority research area and the operation of automatic equipment which, for the most part, has presented many problems.

Keywords – experimental basis, monitoring, Piabanha

¹ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - mariana.villasboas@cprm.gov.br

² CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – filipe.santos@cprm.gov.br

³ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – janaina.silva@cprm.gov.br

⁴ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – marcelo.henriques@cprm.gov.br

⁵ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – marcio.ribeiro@cprm.gov.br

⁶ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – rubens.kenup@cprm.gov.br

⁷ CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – adriana.medeiros@cprm.gov.br

⁸ Texas A&M University – folivera@civil.tamu.edu

⁹ UFRJ/COPPE – zepaulo@coc.ufjf.br

INTRODUÇÃO

O projeto Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Região Serrana/RJ – EIBEX teve início no ano de 2007 e surgiu com a finalidade de apoiar financeiramente o “Projeto EIBEX-I – Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” aprovado em 2006 e financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO (Araújo et al., 2007). Com o término do projeto financiado pela FINEP, em 2010, a CPRM continuou a operação da rede e prosseguiu com os estudos relacionados às suas atividades.

O projeto tem como objetivo a avaliação do comportamento hidrológico em região com biomanatural Mata Atlântica, e em áreas de ocupação agrícola e urbanizada e visa desenvolver pesquisa e estudos na área de hidrologia, com ênfase em: climatologia, qualidade da água, solos, GIS, e também o uso de diferentes tecnologias de medição de dados com base em uma rede de monitoramento hidrometeorológica. Nesse trabalho será discutida a problemática das bacias experimentais, apresentadas as condições atuais do projeto, os resultados preliminares da calibração do modelo SWAT para a área de estudo e os desafios futuros.

DEFINIÇÕES

Bacias representativas são aquelas consideradas representativas de uma região hidrológica e são utilizadas para investigações intensivas de problemas específicos do ciclo hidrológico. Recomenda-se que o monitoramento seja de longo termo e, se possível, combinado com o estudo das características climatológicas, pedológicas, geológicas e hidrogeológicas (TOBES et OURYVAEV, 1970) Elas representam a realidade sócio, econômica, física e ambiental, possibilitando, em princípio, a extrapolação dessa realidade para uma região de maior abrangência (Pimentel da Silva et al., 2010). São sub-bacias instrumentadas com aparelhos de observação e registro de fenômenos hidrológicos que representam bacias situadas em uma mesma região homogênea cuja observação deve ser realizada por longos períodos de tempo, preferencialmente superiores a 30 anos, (PAIVA et PAIVA, 2001).

Bacias experimentais são bacias relativamente homogêneas no que se refere à cobertura do solo. Possuem características físicas relativamente uniformes, onde são realizados estudos detalhados do ciclo hidrológico (PAIVA et PAIVA, 2001). Em alguns casos são selecionadas bacias com algumas condições naturais alteradas para estudar seu efeito sobre o comportamento hidrológico, inferindo leis e demais relações. Elas funcionam como pequenos laboratórios

estabelecidos no mundo real que contribuem, entre outros, na compreensão das relações e processos envolvidos no ciclo hidrológico que determinam a ocorrência espaço-temporal dos recursos hídricos (Šraj et al., 2008; Medeiros et al., 2005 in Pimentel et al., 2010). As bacias experimentais destacam-se, ainda, no contexto da regionalização das informações, como meio de caracterizar com maior precisão as relações entre solo, água, vegetação e atmosfera e transpor esse conhecimento, juntamente com a modelagem, para regiões “hidroclimatologicamente” semelhantes sem monitoramento dessas relações (RODRIGUES, 2014).

CONTEXTO HISTORICO

Tem havido esforços internacionais no sentido do estabelecimento de bacias experimentais e representativas que possam caracterizar a disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas de diferentes tamanhos e características de ocupação, assim como melhorar a compreensão das relações dos processos hidrológicos por meio das escalas (PIMENTEL et al., 2010). Assim, em diversos lugares no mundo, há bacias experimentais em funcionamento onde estudos hidrológicos vêm sendo realizados, e seus resultados estão sendo utilizados para manejo de bacias hidrográficas, calibração de modelos, compreensão das fases do ciclo hidrológico, etc.. Como os processos hidrológicos dependem da técnica local de manejo de bacias e também dos aspectos hidrológicos, socio-econômicos e ambientais, faz necessária a instalação ainda mais bacias (Kobiyama, 2001).

No Brasil, é possível observar iniciativas espaço-temporal isoladas, por meio de Universidades financiadas, principalmente, por órgãos públicos de fomento, carecendo de um apoio contínuo para terem continuidade ao longo tempo. A Rede de bacias representativas e experimentais do semi-árido e do cerrado – REHIDRO surgiu com esse intuito de reunir e integrar os estudos nessa linha desenvolvidos na região trazendo avanços através da comparação entre procedimentos de monitoramento e investigações experimentais conjuntas e modelagem hidrológica.

Vale ressaltar uma das iniciativas americanas que possui uma rede de bacias experimentais implantada na década de 30 pela divisão de hidrologia do USDA-ARS, operada ou financiada pelo USGS, USDA Forest Service, USDI-NPS e NSF, com série de dados entre 38 e 71 anos de duração. Os estudos desenvolvidos produziram a base científica para vários modelos atualmente usados no mundo inteiro e a série de dados hidrológicos de longo termo subsidiou a compreensão e gerenciamento dos recursos hídricos nas suas respectivas regiões. Além disso, pesar de entidades estatais, locais e privadas precisarem dos dados, apenas algumas têm capacidade de manter esse tipo de programa (Harmel, Bonta e Richardson, 2007).

Atualmente, a CPRM realiza estudos em bacias experimentais e representativas em diversos biomas brasileiros (i.e. Cerrado, semi-árido e mata atlântica) em parceria com universidades, órgãos gestores e, muitas vezes, com apoio de agências governamentais de fomento. Esse é o caso do projeto EIBEX, objeto desse estudo. Mas ainda há um desafio muito grande em consolidar a área de bacia experimental como prioritária interna e nacionalmente.

O PROJETO EIBEX/CPRM

O projeto é apoiado por três "pilares": integração com instituições que desenvolvem estudos na bacia, teste de equipamentos e desenvolvimento de pesquisas na área de hidrologia.



Figura 1- Estrutura do projeto EIBEX.

A integração interinstitucional visa a troca de experiência e conhecimento entre a CPRM e as diversas instituições atuantes na área da bacia. Nesses 10 anos de projeto a CPRM participou de diversos projetos de cooperação interinstitucional dos quais cabe destacar os seguintes: Projeto EIBEX-I – Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” que teve início no ano de 2006, financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO; CHAMADA PÚBLICA MCT/ FINEP CT- HIDRO 01/2010: Hidrograma ecológico e modelagem quali-quantitativa de bacias, referência 1829/10, coordenado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ Rede de Pesquisa em Monitoramento e Modelagem de Processos Hidrossedimentológicos em Bacias Representativas Rurais e Urbana do Bioma Mata Atlântica, referência 1832/10, coordenado pela Universidade Federal de Santa Maria; Programa “Ciência Sem Fronteiras” – Pesquisador Visitante Especial (PVE) MEC/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs nº 71/2013 coordenado pela UFRJ.

A equipe do projeto está sempre em busca de novas tecnologias e equipamentos para serem implementadas na bacia com intuito de realizar testes nos equipamentos e capacitação da equipe. Como foi o caso do treinamento em equipamentos acústicos em 2012 (Figura 2), a capacitação em qualidade monitoramento de qualidade da água, capacitação em modelos espacialmente distribuídos

em 2014/2015 (Figura 3), no âmbito do projeto PVE MEC/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs nº 71/2013 e a aquisição e treinamento do medidor acústico fixo Sontek SL (Figura 4).

Por último, o projeto tem o intuito de desenvolver pesquisa e estudos com base nos dados oriundos da rede de monitoramento hidrometeorológica instalada na bacia e operada pela CPRM. Atualmente, a equipe está calibrando o modelo SWAT para a bacia para ser usados para a avaliação da rede de monitoramento. Nesse trabalho, serão apresentados alguns resultados preliminares de ssa calibração do modelo SWAT para a área de estudo.



Figuras 2, 3 e 4– Treinamento em medidores acústicos de vazão (2012), em modelos espacialmente distribuídos (2015) e medidor de vazão fixo (2016).

A área de estudo está inserida na bacia do rio Piabanha (afluente do rio Paraíba do Sul) que ocupa uma área de aproximadamente 2.050 km², a maior parte inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (Villas-Boas et al, 2011). Foi, então, definida uma bacia representativa, com cerca de 400km², que reunisse as características de uso de solo e vegetação da bacia do rio Piabanha para que os resultados pudessem ser utilizados na gestão de recursos hídricos, tendo como seção de controle a estação Pedro do Rio. Dentro desta área, foram definidas três bacias experimentais, onde predominam os diferentes usos do solo existentes: em área de mata Atlântica preservada, em área predominantemente de uso agrícola e área de ocupação urbana, respectivamente, com as seguintes áreas: 47 km², 30 km² e 13km², representadas na Figura 5.

Na bacia representativa foi estabelecida uma rede de monitoramento hidrometeorológico que, atualmente, conta com 13 estações conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 5. Atualmente as estações contam com medições convencionais (pluviômetro (P) e régua limnimétrica (P)) e com equipamento automático (r). Há duas estações climatológicas na bacia (C) que fazem as seguintes medições: pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, radiação solar incidente, radiação líquida, evaporação, potencial matricial, fluxo

de calor e umidade do solo, temperatura do solo e precipitação. Há 5 estações que são telemétricas (T). Em todas as estações fluviométricas são realizadas medições de vazão (D) a cada dois meses e medições de qualidade de água (Q) com frequência variável de acordo com o estudo. Os dados de monitoramento ainda não estão sendo disponibilizados on line mas podem ser requeridos através do website da CPRM.

Tabela 1 – Informações das estações de monitoramento do projeto EIBEX.

ESTAÇÃO	Sigla	Codigo FLU	Codigo PLU	TIPO	CURSO D'AGUA	LATITUDE	LONGITUDE	Data de início da operação - PLU/FLU	Data de início da operação - QA
Pq.Petropolis	PP	58400250	2243286	CFDFrQT	Rio Piabanha	22° 24' 19"	43° 08' 00"	1/8/09	27/8/09
Esperança	E	58400010	2243287	PPRFDFrQ	Rio Piabanha	22° 30' 39"	43° 12' 37"	28/4/07	27/8/09
Liceu	L	58400050	2243289	PPRFDFrQT	Rio Piabanha	22° 29' 14"	43° 10' 38"	24/4/07	27/8/09
Morin	M	58400030	2243288	PPRFDFrQ	Rio Palatinado	22° 31' 00"	43° 10' 08"	22/4/07	27/8/09
Poço Tarzan	PT	58400110	2243303	PPRFDFrQT	Rio Bonfim	22° 27' 14"	43° 06' 28"	23/4/07	27/8/09
Poço do Casinho	PC	58400104	****	FDFrQ	Rio Açú	22° 27' 39,6"	43° 05' 40,8"	31/10/07	27/8/09
Joao Christ	JC	58400108	****	FDQ	Rio Alcobaça	22° 27' 37,19"	43° 05' 59,76"	28/10/07	27/8/09
Pedro do Rio	PR	58405000	*****	PPRFDFrQT	Rio Piabanha	22° 19' 56"	43° 08' 01"	1/8/30	27/8/09
Vila Açú	VA	****	2243301	PPR	****	22° 27' 45,20"	43° 05' 29,30"	1/11/09	-
Sítio das Nascentes	SN	****	2243291	C	****	22° 28' 7,63"	43° 06' 9,21"	31/10/2007e1	-
Rocio 2 - Ponte	R	58400212	****	FDQ	Rio da Cidade	22° 28' 38,70"	43° 15' 24,60"	28/4/10	27/8/09
Rocio 2 - D	RD	58400210	2243302	FDFr	Rio da Cidade	22° 28' 38,86"	43° 15' 28,95"	1/4/10	-
Rocio 2 - E	RE	58400211	*****	PPRFDFrT	Rio da Cidade	22° 28' 37,69"	43° 15' 27,66"	1/4/10	-

*A estação começou apenas pluviométrica em 2007 e, em 2016, foi transformada em climatológica

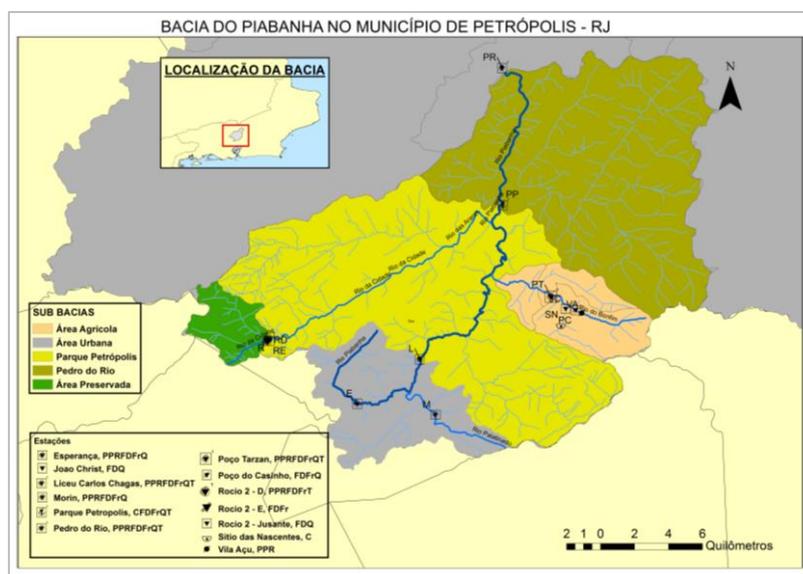


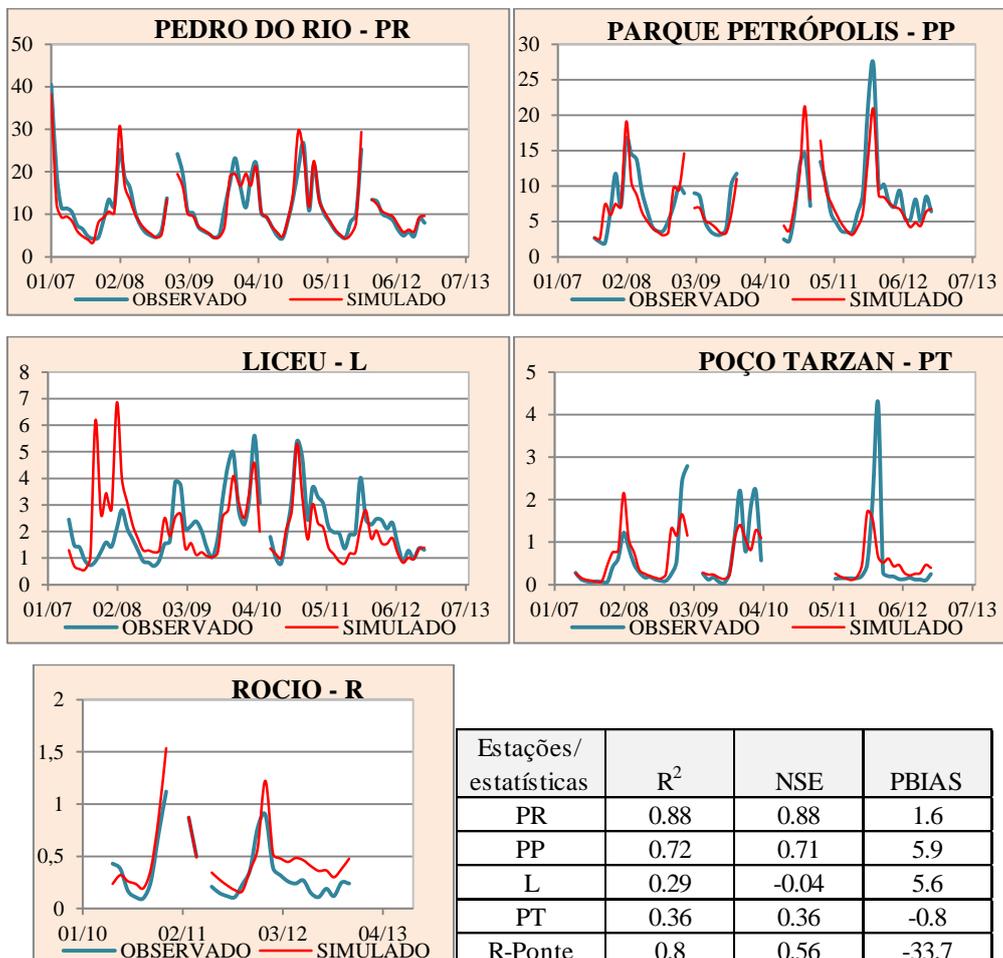
Tabela 1 – Informações das estações de monitoramento do projeto EIBEX.

ESTUDO ATUAL: RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos estudos que está sendo desenvolvido, atualmente, refere-se a calibração do modelo SWAT. SWAT é um modelo que opera em passo de tempo diário e foi desenvolvido para prever o impacto do uso e gestão do solo nos recursos hídricos, sedimentos, e cargas químicas agrícolas em bacias não monitoradas. O modelo é computacionalmente eficiente e pode simular longos períodos. Para isso, a bacia hidrográfica a ser estudada deve ser dividida em sub-bacias e essas em pequenas

unidades hidrológicas chamadas HRUs. O mecanismo base do SWAT é o balanço hídrico. Foi utilizada a versão ArcSWAT 2012.10.14. A calibração está sendo realizada para o período de 2007 a 2012, com auxílio do programa de domínio público SWAT-CUP. Mais detalhes da calibração podem ser encontrados em (VILLAS-BOAS et al, 2014).

Os primeiros resultados da calibração dos dados mensal para as estações localizadas no exutório de cada bacia experimental (R, L e PT) e das duas estações de controle da bacia representativa (PP e PR) encontram-se apresentados nas Figuras 6 a 11. A Figura 11 apresenta as estatísticas para avaliação da calibração: coeficiente de determinação (R^2), Eficiência Nash-Sutcliffe (NSE) e PBIAS. De acordo com os valores recomendados por Moriasi et al. (2007) é possível observar um ótimo ajuste para as estações de controle PP e PR que apresentaram todos as estatísticas dentro dos valores considerados como um ajuste “muito bom”. O pior ajuste foi para a estação da área urbana L que apresentou apenas o parâmetro PBIAS “muito bom” e o restante “insatisfatórios”. É possível observar que na área urbana o modelo está produzindo muito água e na rural pouca água.



Figuras 6 a 11 – Comparação dos dados simulados e observados nas estações e estatísticas da calibração do SWAT.

CONCLUSÃO

Ao longo desses 10 anos de projeto foram feitos vários avanços nas três áreas pilares. Mas ainda há muitos desafios a serem enfrentados, principalmente, com relação a manutenção e operação dos equipamentos automáticos que sempre apresentam problemas resultando em períodos sem medições ou dados não confiáveis. Por essa razão, a maior parte dos estudos da bacia ainda é feita com dados convencionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos colegas Achilles Monteiro (in memoriam) e Lígia Araújo pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS

- HARMEL, R. D., BONTA, J. V., RICHARDSON, C. W. (2007). The Original USDA-ARS Experimental Watersheds in Texas and Ohio: Contributions from the Past and Visions for the Future. Transactions of the ASABE. American Soc. of Agric. and Biological Engineers
- VILLAS-BOAS, M.D., BASTOS, A.O., ARAÚJO, L.M.N., SILVA, F.J., MONTEIRO, A.E.G.C, 2011. Manejo do uso do solo como mecanismo regulatório da gestão da qualidade da água - estudo de caso: a bacia do rio Piabanha. In: XIVth IWRA World Water Congress, Porto de Galinhas.
- PIMENTEL DA SILVA, L.; ROSA, E.U.; SILVA, C.P.P. da. Caracterização de parâmetros físicos e do saneamento ambiental de bacia experimental representativa localizada na Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil. Ambiente & Água. 2010.
- PAIVA, J.B.D.de; PAIVA, E.M.C.D. Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp.
- KOBIYAMA, M., FRUET, D., WERMUTH, J.R., SAGARA, F. T., MINELLA, J. P.G., ZILLOTTO, M. A. B. Monitoramento e modelagem de uma pequena bacia hidrográfica Experimental no município de general carneiro - PR, Brasil. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11, 2001, Aracajú/Sergipe. Anais...
- RODRIGUES, L. N. Instrumentação e monitoramento de uma bacia hidrográfica experimental da Rede AgroHidro, 2014. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 1., 2012, Rio de Janeiro. Água: desafios para a sustentabilidade da agricultura: anais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 83 p. (Embrapa Solos. Documentos, 167).
- TOEBES, C., V. OURYVAEV (1970). Representative and Experimental Basins, A International Guide for Research and Practice. Studies and Reports in Hydrology, 4. UNESCO, Paris. 348 pp.
- ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M.D. et al Estudos Integrados de Bacias Experimentais Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11., 2007, São Paulo. Anais...
- VILLAS-BOAS, M.D., OLIVERA, F., AZEVEDO, J.P.S., SILVA, J.G.P., MONTEIRO, A.E.G.C (2014), Avaliação do uso do solo para a bacia do Piabanha, RJ/Brasil usando SWAT. (Evaluation of land uses for Piabanha River watershed in Rio de Janeiro, Brazil using SWAT.), Abstract presented at SWAT 214 Conference Pernambuco, Brazil.
- MORIASI, D., ARNOLD, J., VAN LIEW, M., BINGNER, R., HARMEL, R., VEITH, T. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations: Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI. Volume 50, Number 3. Pages 885-900.