

Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades. Trabalho aceito no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008. Local Centro de Convenções Frei Caneca

APLICAÇÃO DO IPHS1 PARA ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA VAZÃO NO RIO AMAPARI-AP: ENERGIA E SANEAMENTO

Leandro Rodrigues de Souza¹, Alan Cavalcanti Cunha² e Luis Aramis dos Reis Pinheiro³

¹ Bolsista de iniciação científica (REMETAP/FINEP- SETEC), Macapá-AP, Brasil, leandro.souza@iepa.ap.gov.br

² Pesquisador e Coordenador do Núcleo de Hidrometeorologia e Energia Renováveis-NHMET/IEPA, Macapá-AP, Brasil,

alan.cunha@iepa.ap.gov.br

³ Bolsista de iniciação científica (REMETAP/FINEP- SETEC), Macapá-AP, Brasil, aramis.pimheiro@iepa.ap.gov.br

RESUMO: A Bacia Hidrográfica do Rio Amapari está localizada no município de Serra do Navio-AP, ocupando áreas de depressão. Possui aproximadamente 15000 Km² e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. O Rio Amapari tem suas nascentes no Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque e seu curso se desenvolve entre dois contrafortes desta Serra até desaguar no Rio Araguari. A área contribuinte ao Reservatório do Rio Amapari tem aproximadamente 13 Km² e a vegetação predominante é de Mata nativa. Primeiramente procurou-se obter as informações referentes às estações fluviométricas e pluviométricas. Dentre as estações utilizamos dados pluviométricos da ANA (Agência Nacional de Águas) e os dados de vazões de 1972-1996 da HIDROS que foram considerados para a pesquisa, já que possuem um grande período em comum de informações e são responsáveis pelo monitoramento das duas maiores sub-bacias contribuintes ao reservatório, representando 75% de sua afluência. Este trabalho apresenta resultados obtidos que pretende contribuir como referência para outros trabalhos similares em usinas hidrelétricas e, também mostra os resultados dos ensaios de modelos hidrológicos detalhado de cada trecho do rio utilizando o sistema hidrológico IPHS1.

ABSTRACT:

The Watershed Rio Amapari is located in the municipality of Serra do Navio-AP, occupying areas of depression. It has approximately 15000Km² and is part of the Rio Araguari River Basin. The Rio Amapari has its sources in the Tumucumaque National Park and its course is developed between two counters this by Sierra desaguar in Rio Araguari. The area contributor to the Rio Amapari Reservoir has approximately 13 square kilometres and the predominant vegetation is native Mata. First tried to obtain information relating to stations fluviométricas and pluviométricas. Among the stations use data rainfall of ANA (National Water Agency) and data flow rates from 1972-1996, the HIDROS that were considered for the research, as have a great time together of information and are responsible for monitoring the two largest sub-basins contributors to the reservoir, representing 75% of its affluence. This paper presents results that you want to contribute as a reference for similar work in other hydroelectric plants and also shows the test results of detailed hydrological models of each stretch of the river using the water system IPHS1.

PALAVRAS-CHAVE: Energia hidrológica, simulação hidrológica, recursos hídricos; hydrologic simulation

1. INTRODUÇÃO

A simulação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas consiste numa das principais ferramentas na gestão dos recursos hídricos, devido a possibilidades de predição de impactos ambientais de alterações do uso do solo. A bacia em estudo esta localizada no Rio Amapari, no Estado do Amapá.

O crescente desenvolvimento da humanidade tem um aumento acelerado da população, e conseqüentemente das áreas de ocupação, tem ocorrido, de modo geral desordenadamente sem o adequado planejamento urbano. As aglomerações urbanas localizam-se, preferencialmente, em áreas próximas a cursos de água, já que estes são responsáveis pelo suprimento para o consumo, higiene, atividades agrícolas e industriais.

Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades. Trabalho aceito no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008. Local Centro de Convenções Frei Caneca

A construção de reservatórios para armazenamento de água torna-se necessária para atender a demanda crescente dessas populações. Entretanto, a atividade antrópica na bacia hidrográfica contribui significativamente para o aumento na produção de sedimentos, que são carregados pelos cursos d'água e depositados no reservatórios. O acúmulo desses sedimentos causa assoreamento, o qual é responsável tanto pela diminuição do armazenamento de vida útil do reservatório, como também pela redução da capacidade de amortecimento de cheia.

2. METODOLOGIA

Bacia Hidrográfica do Rio Amapari está localizada no município de Serra do Navio, ocupando áreas de depressão. Possui aproximadamente 60Km² e tem a bacia hidrográfica do Rio Araguari como seu principal afluente. A área contribuinte ao Reservatório do Rio Araguari tem aproximadamente 23 Km², a vegetação predominante é de Mata nativa.

O método utilizado para caracterização hidrológica Rio Araguari foi o sistema IPHS1 desenvolvido por Tucci et al (1989) na versão DOS, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Consiste de um sistema computacional modulado, composto de vários modelos existentes em literatura. Possibilita a obtenção de hidrogramas de projeto através da combinação desses modelos, compondo assim um modelo próprio do usuário. Viegas F^o et al (2001) apresentou a versão Windows com base na Metodologia de Modelagem Orientada a Objetos, aplicada a Sistemas de Recursos Hídricos apresentada por Viegas (2000).

2.1 ESTRUTURA DO MODELO IPHS1

O hidrograma de projeto é determinado com o auxílio da precipitação de projeto, das características físicas da bacia e de parâmetros de modelos chuva-vazão.

A divisão do sistema em módulos tem como objetivos: a. melhor compreensão dos processos hidrológicos e dos algoritmos utilizados na simulação; b. ensino de modelos matemáticos; c. oferecer alternativas de escolha do melhor conjunto de algoritmos para uma bacia específica;

O sistema está modulado de acordo com as seguintes operações hidrológicas:

- Transformação chuva-vazão;
- Escoamento em rios;
- Propagação em reservatórios;
- Entrada, soma ou derivação de hidrogramas.

2.3 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados hidrológicos nesta simulação foram obtidos em intervalos de 1 em 1 dia a partir das PCDs disponibilizados na Internet. Tendo em vista o grande número de informações fez-se necessário o desenvolvimento de planilhas eletrônicas as quais fornecem como saída dados de forma diárias e médias ponderadas mensais. E por fim, foram também gerados gráficos mostrando a variação média mensal da vazão. Plotados os valores de precipitação dos postos de chuva e características das peculiares das sub-bacias, os parâmetros do modelo IPHII foram estimados de tal forma que a vazão nos pontos de controle e trechos de água se equiparasse com os valores observados.

Os valores usados no modelo IPHII para simulação estão na tabela1, abaixo:

PARÂMETROS	SUB-BACIA AMAPARI	RIO RIOZINHO	RIO TUCUNAPI	RIO TEOFANI	RIO SUCURIJU
Io (mm/h)	13	13	13	13	13
Ib (mm/h)	0.23	0.25	0.27	0.23	0.23
H	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Rmax (mm)	12	12	10	12	12
% da Área Impermeável	0.01	0.01	0.01	0.00 1	0.001

Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades. Trabalho aceito no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008. Local Centro de Convenções Frei Caneca

VBEIC* (m ³ /s/km ²)	0.005	0.005	0.005	0.00	0.002
			7	22	

Tabela 1: Parâmetros do modelo IPH II; *Vazão de Base Especifica no Início da Chuva (m³/s/km²)

Posto que H é um parâmetro muito sensível, foi determinado um valor constante baseado nos valores encontrados na literatura, como este parâmetro é adimensional o valor adotado foi 0,86, assim foram trabalhados apenas os valores de infiltração (I_o) e de percolação (I_b). R_{max} foram estimados entre 10 < R_{máx} < 12. A porcentagem da Área Impermeável variou (0,01-0,001)%, estes valores são de fundamental importância, pois variam de 0 a 1, onde quer dizer que a área é 100 % impermeável, ou seja, uma porcentagem de urbanização elevadíssima, que não é o caso da região de estudo. Por fim Vazão de Base Especifica no Início da Chuva (VBEIC) que é a vazão estimada para o início da chuva, é inversamente proporcional a área da sub-bacia em km², os valores de VBEIC estão na ordem de 0.002 a 0.0057 m³/s/km².

Parametrização do Modelo Clark

No modelo de escoamento superficial e subterrâneo CLARK o parâmetro Retardo do reservatório linear simples (K_s) que varia de 0 a 15 horas, foi manipulado de uma forma que combinasse com os valores dos parâmetros do modelo IPHII e que após a execução do sistema os valores de vazão fossem obtidos, 4 < K_s < 9. A forma do histograma foi a geral XN = 1,5 para todas as sub-bacias. Tabela 2.

PARÂMETROS	SUB-BACIA AMAPARI	RIO RIOZINHO	RIO TUCUNAPI	RIO TEOFANI	RIO SUCURIJU
K _s (h)	9	7.5	6	4	4
XN	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Declividade da Bacia (m/km)	0,2	0,35	0,25	0,15	0,3

Tabela 2: Parametros utilizados no modelo Clark

Parametrização Modelo de Propagação do Escoamento dos Trechos de Água

Para os trechos de propagação os valores estimados tiveram que ser os mais próximos possíveis da realidade, dentro de uma tolerância que entrasse de acordo com as características do local. Foi dividida em 4 trechos de água que estão na casa de 6000m até 14140 m. As cotas de fundo de montante e jusante são medidas a partir do nível do mar, decrescendo do primeiro trecho até o ultimo trecho (102 m > montante > 84 m, e 98 m > jusante > 81 m). A altura do canal obteve-se da diferença da cota de montante e jusante, nos quais os valores gerados vão de 3 m a 8 m. o valor da rugosidade é encontrada na literatura sendo um valor adimensional de 0.4. A vazão de referencia foi usado nos três primeiros trechos a opção “auto”, no quarto trecho foi estimada uma vazão de 95,78 m³/s baseado nas medidas das estação que localiza-se na região do trecho. Os ultimo parâmetros Numero de sub-trechos e Intervalo de tempo de cálculo (s) foram designados para que o sistema gerasse valores automáticos, Tabela 3.

PARÂMETROS	Trecho D'água1	Trecho D'água2	Trecho D'água3	Trecho D'água4
Trecho de propagação(m)	1200	1200	6000	141
Cota de fundo de montante (m)	0	0	92	40
Cota de fundo de jusante(m)	102	98	84	84
Altura Do canal(m)	98	92	8	81
Largura do canal(m)	4	6	8	3
Rugosidade dos sub-trechos	90	110	130	130
	0.4	0.4	0.4	0.4

Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades. Trabalho aceito no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008. Local Centro de Convenções Frei Caneca

Vazão de referencia (m ³ /s)	Auto	Auto	Auto	95
Numero de sub-trechos	Auto	Auto	Auto	Auto
Intervalo de tempo de calculo (s)	Auto	Auto	Auto	Auto

Tabela 3: Parâmetros do Modelo de Propagação do Escoamento dos Trechos de Água.

3.RESULTADOS

Após as simulações utilizando o IPHS1 foi observado que a vazão do rio sem a barragem tem valor de 95,78 m³/s(em azul). No entanto, com a construção de uma barragem observa-se que ocorre uma redução da vazão (em Rosa) reduzindo um total de 63,27 m³/s no decorrer do rio devido ao controle de vazão existente na barragem como: vertedor e bypass.

Gráfico de vazão

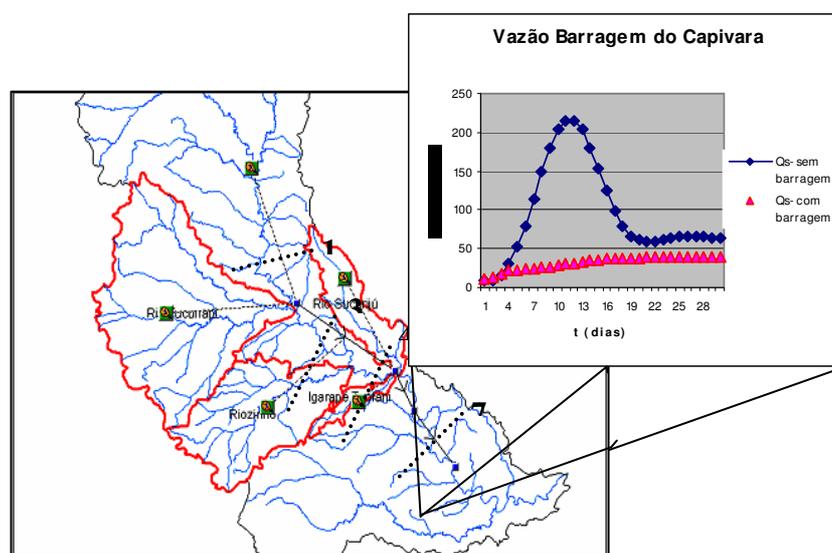


Figura 1: Quadro de sub-bacias do Rio Amapari utilizando modelagem hidrológica.

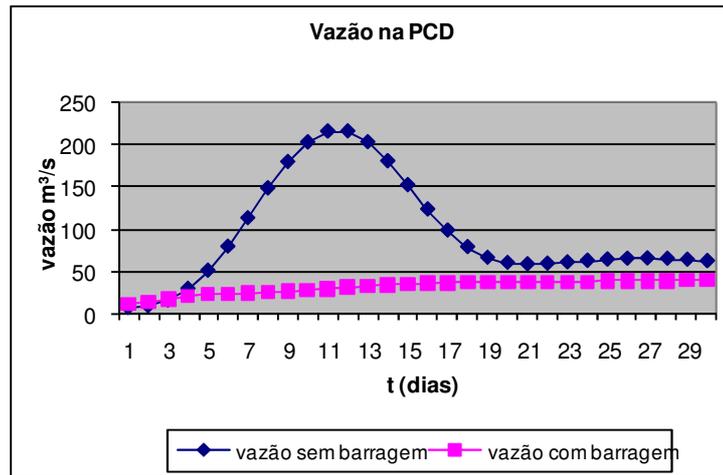
Plataforma de Coleta de Dados de Serra do Navio/AP

As PCDs - Plataformas de Coletas de Dados surgiram da necessidade de inúmeras empresas e instituições em obter regularmente informações colhidas em lugares remotos ou espalhados por uma regiões muito grande. Dentre as PCDs Hidrometeorológicas está a de Serra do Navio onde esta instalada desde 1972 e é utilizada ELETRONORTE. Dependendo do seu tipo, as PCDs permitem a coleta diária dos seguintes parâmetros hidrológicos ligados aos rios amazônicos: nível e profundidade do rio, temperatura da água, vazão, qualidade e quantidade de precipitação. Algumas plataformas disporão, ainda, de sensores para medir a velocidade do vento.

O sistema IPHS1 utilizou os dados de precipitação e vazão registrados na plataforma de controle registrados no mês de novembro de 2007 na Serra do navio e observou-se que novembro é o mês mais crítico de chuvas na região através das séries de precipitações de (1972 – 2007).

O gráfico abaixo mostra o comportamento da vazão no Rio Amapari no mês de novembro e compara como seria com a construção da Barragem do Capivara.

Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades. Trabalho aceito no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET: A meteorologia e as cidades, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008. Local Centro de Convenções Frei Caneca



- Vazão média sem barragem: 95,78 m³/s
- Vazão média com barragem (Simulação): 32,16 m³/s

4. CONCLUSÕES

• Sabendo que serão utilizadas 3 turbinas e cada uma com potência de 9,8 MW e que para cada 1MW necessita-se de 5 m³/s, então da vazão de saída será utilizado somente para as turbinas será 148 m³/s para geração de 30MW.

• Como a vazão média de saída do vertedor (192,9633 m³/s) é próximo da vazão média de saída (212,957 m³/s), então será necessário fechar algumas comportas em períodos de cheias.

• Analisando os resultados das médias do mês de novembro e aplicando-se na eq. (1), chegasse a seguinte conclusão:

$$Q_e = Q_s + \text{Vertedor} \quad (1)$$

$$Q_e = 407,1317 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = 212,957 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Vert}} = 192,9633 \text{ m}^3/\text{s}$$

Usando a eq. (1) obtém-se uma diferença de 1,2114 m³/s que é a infiltração da área alagada de 12,92Km². Além disso, a vazão utilizada na geração de energia é a Qs e 20 m³/s dessa vazão é do bypass, restando 192,957 m³/s, dividindo este valor por 5 m³/s poderia gerar ainda 38,59 MW de energia, que garante o permitido de no máximo 30MW.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio financeiro do REMETAP/REMAM (CNPq/FINEP) e SETEC-AP e aos pesquisadores e bolsistas do (NHMET/IEPA/SETEC).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARINS, A.P. Simulação Hidrológica Do Reservatório Do Vacacaí Mirim/Santa Maria-Rs Utilizando O Sistema IPHS1. 2004. 183f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VIEGAS FILHO, C. E. M, TUCCI, VILLANUEVA, A., D, G. ALASIA P., TASSI, T., & R. C.F. DAMÉ. Manual do Usuário IPHS1 para Windows, v. 2.11 – Versão PDF. IPH/UFRGS, Porto Alegre RS, 46 p. 2004.

VIEGAS FILHO, C. E. M, TUCCI, VILLANUEVA, A., D, G. ALASIA P., TASSI, T., & R. C.F. DAMÉ. Manual de Fundamentos do IPHS1 – Versão Preliminar – em PDF. IPH/UFRGS, Porto Alegre RS, 45 p. 2004.

.