

## Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-Açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves

Eulina Maria de Moura, Antonio Marozzi Righetto e Raniere Rodrigues Melo de Lima

Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Sanitária - UFRN/LARHISA

righetto@ct.ufrn.com.br

Recebido: 21/10/08 - revisado: 30/09/09 - aceito: 15/08/11

---

### RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu é uma bacia Federal localizada no Semi-Árido Nordeste, com 60% da sua área no Estado da Paraíba e 40% no Estado do Rio Grande do Norte. Seu curso d'água principal, o rio Piranhas-Açu, é um manancial vital para inúmeras atividades sócio-econômicas realizadas ao longo do seu curso. O trecho em estudo possui diversos sistemas adutores, projetos de irrigação, e abastece várias cidades ribeirinhas. Todas essas atividades realizadas vêm demandando elevado volume de água. Diante da importância desse manancial e da necessidade de implantação de uma gestão adequada, esse trabalho tem como objetivo realizar um levantamento das condições reais de oferta de água desse trecho do rio Piranhas-Açu, através da modelagem hidrológica que incluirá a disposição dos principais açudes das bacias de contribuição do rio, e o balanço hídrico mensal destes. O modelo chuva-vazão aplicado nas sub-bacias foi o MODHISA- Modelo Hidrológico para o Semi-Árido. A simulação da transformação da precipitação média ocorrida nas sub-bacias em deflúvios afluentes ao rio Piranhas-Açu gerou 50 anos de dados de vazão sintética em pontos relevantes do rio Piranhas-Açu e de seus afluentes, possibilitando a construção das curvas de permanência das vazões ao longo do trecho estudado. Ao confrontar as vazões disponíveis com as demandas atuais e futuras de captação de água bruta do trecho, observou-se que as garantias de atendimento são elevadas, já que a porcentagem de permanência destas no trecho do rio é alta. Concluiu-se também que o MODHISA apresentou boa adequação às características hidrológicas das sub-bacias contribuintes do rio Piranhas-Açu.

**Palavras-chave:** Disponibilidade Hídrica, Demanda, Modelagem

---

### INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro apresenta condições hídricas desfavoráveis que combinam: evapotranspiração potencial alta durante todo ano, precipitação mal distribuída, sub-solo desfavorável em muitas regiões (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento econômico social. A água é fator essencial de desenvolvimento rural em regiões de grande variabilidade sazonal desse recurso e em regiões secas como o Nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, muitas vezes, da disponibilidade de água. (Tucci *et al*, 2000).

A presença da água é um fator condicionante, porém, não suficiente para o desenvolvimento. Na região de maior acúmulo de água do Estado da Paraíba, por exemplo, o nível educacional da popu-

lação é alarmante, aliado à famílias numerosas, à falta de saneamento básico e à pobreza.

As regiões do Semi-Árido paraibano e potiguar apresentam um quadro bastante contraditório. É uma região com um dos maiores índices de açudagem do mundo, principalmente no Sertão e no Seridó. No entanto, a política de construção de açudes para atenuar o problema da escassez de água não resolve, visto que estes não têm demonstrado capacidade de garantir o abastecimento humano prioritário nos períodos de grande estiagem e não consegue resolver a demanda difusa existente no semiárido. Além disso, essa política torna-se mais ineficiente devido principalmente à falta de gestão.

Incoerentemente, falta gerenciamento da água justamente na região onde a população sofre com a escassez desse recurso. Olhando-se ao redor, vê-se uma vegetação completamente adaptada, que é a caatinga; mas a população, nem tanto. Esta convive com a fragilidade sócio-econômica, provocada pelo fenômeno das secas.

Muitos dos açudes construídos estão salinizados ou contaminados por esgotos, algas tóxicas e resíduos agrotóxicos, tornando a água imprópria para consumo humano e animal. No entanto, a população precisa usar esta água imprópria pela mais absoluta falta de alternativa.

Em meio à seca, o semi-árido possui áreas naturais com características especiais, formadas por rios perenizados, solos sedimentares ou cristalinos profundos, relevo plano ou suavemente ondulado, onde a agricultura irrigada é praticada em alta escala. A irrigação é uma atividade de grande investimento dos governos Federal e Estadual devido aos inúmeros benefícios financeiros por ela gerados, como empregos diretos e indiretos com diminuição do êxodo rural. Porém o atendimento às altas demandas de água requeridas por essa atividade gera conflitos com o uso da água para consumo humano nos períodos de estiagem.

Nesse contexto, e englobando todos esses fatores citados está a Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu. Seu curso d'água principal, o rio Piranhas-Açu, tem importância estratégica para o desenvolvimento dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, pois é um manancial vital para inúmeras atividades sócio-econômicas realizadas ao longo do seu curso.

Esta bacia possui pólos agroindustriais, perímetros de irrigação de até 5000ha, além de irrigações difusas distribuídas ao longo do curso do seu rio principal até o Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves; adutoras que abastecem vários municípios do Sertão paraibano e do Seridó norte-riograndense, e é o manancial de abastecimento de diversas cidades ribeirinhas.

Todas essas atividades realizadas no trecho do rio compreendido entre os dois reservatórios vêm demandando elevado volume de água. Isso pôde ser observado pelo grande volume de solicitações de outorgas encaminhado à ANA desde 2003, principalmente para os usos da irrigação e da carcinicultura (principal atividade a jusante da barragem Armando Ribeiro Gonçalves). Aliado a esse fato existe a problemática da contaminação do rio e de seus afluentes via esgotos e poluição agrotóxica.

A infraestrutura hídrica implantada ainda é insuficiente para combater a escassez de água na bacia. Apesar dela conter os reservatórios de maior relevância para os dois Estados, estes não são acompanhados de um gerenciamento e a rede de monitoramento instalada na bacia é inexpressiva e insuficiente.

Segundo estudos realizados pelos órgãos governamentais, os dois Estados juntos já consomem

64,3% da oferta de água do rio Piranhas-Açu, com o agravante da demanda projetada para os próximos 10 anos, no trecho compreendido entre os dois reservatórios, ser muito superior à disponibilidade hídrica destes. O açude Coremas-Mãe D'água, que pereniza o Rio Piranhas-Açu até o lago do açude Armando Ribeiro Gonçalves, está no limite de uso da sua capacidade hídrica nas condições atuais de demanda.

Almeja-se, neste estudo, contribuir no que concerne à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos dos dois Estados, especificamente na Bacia do Rio Piranhas-Açu. Primeiramente, foi construído um diagrama unifilar da rede fluvial da bacia, levando em conta a disposição dos açudes mais relevantes. E, diante disso, realizada a modelagem hidrológica, utilizando um modelo concentrado chuva-vazão (o MODHISA), que foi calibrado, para gerar deflúvios naturais nas sub-bacias de contribuição do rio Piranhas-Açu, no trecho estudado.

O encadeamento dos deflúvios juntamente com o balanço hídrico dos açudes da rede fluvial permitiu avaliar a capacidade hídrica das bacias dos principais afluentes do rio Piranhas-Açu e dos principais açudes localizados nelas, com a construção de suas curvas de garantia. Como também permitiu determinar a disponibilidade hídrica por trechos do rio, através da elaboração das curvas de permanência das vazões em seções relevantes, que serão instrumentos para a avaliação das retiradas de água suportadas pelo rio.

## MATERIAL E METODOS

### Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, totalmente inserida no semi-árido nordestino, localiza-se entre as latitudes -5°25'17" e -7°52'14" e entre as longitudes -36°8'4.6" e -38°47'32.6" (Figura 01). Possui área total de drenagem de 43.681,5 Km<sup>2</sup>, sendo 26.183 Km<sup>2</sup> no Estado da Paraíba, correspondendo a 60% da área, e 17.498,50 Km<sup>2</sup> no Estado do Rio Grande do Norte, correspondendo a 40% da área. Contempla 147 municípios, sendo 45 municípios no Estado do Rio Grande do Norte e 102 no Estado da Paraíba, e conta com uma população total de 1.363.802 habitantes, tendo 914.343 habitantes (67%) no Estado da Paraíba e 449.459 habitantes (33%) no Rio Grande do Norte (Braga *et al*, 2004).

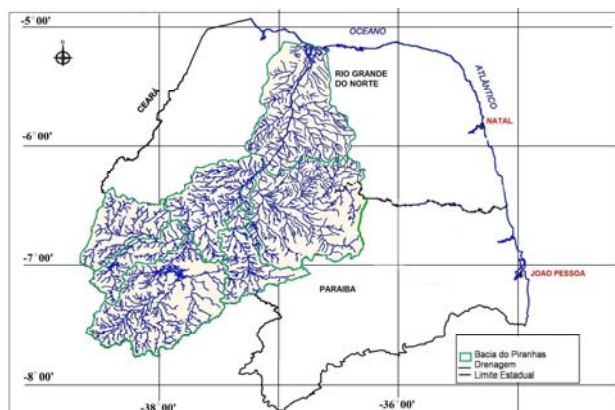


Figura 1- Localização da Bacia do Rio Piranhas-Açu.

O rio Piranhas nasce no município de Bonito de Santa Fé (PB), localizado nos divisores de água que correspondem aos limites geográficos dos Estados da Paraíba e do Ceará.

No Estado da Paraíba, ele forma um sistema hidrográfico constituído pelos seus alto e médio cursos e pelas sub-bacias dos rios do Peixe, Piancó, Espinharas e Seridó, seus principais afluentes.

O rio Piranhas se adentra no Estado do Rio Grande do Norte pelo município de Jardim de Piranhas, para, em seguida, receber as águas do rio Espinharas e do rio Seridó (rios Federais, cujas nascentes se localizam no Estado da Paraíba). Ele cruza a região central do Estado do RN, desaguardo no seu litoral norte, na foz localizada em Macau.

O sistema de reservatórios Coremas-Mãe D'Água possui capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m<sup>3</sup>, garante o abastecimento urbano e rural de várias localidades, pereniza o rio Piancó, possibilitando o desenvolvimento agrícola desta região, além de perenizar 160 Km no trecho do rio Piranhas até o lago da barragem Armando Ribeiro Gonçalves-RN.

Este último, maior reservatório de água do Estado do Rio Grande do Norte, regulariza cerca de 100 km do rio Piranhas-Açu até a sua foz.

### Metodologia

O procedimento de avaliação da disponibilidade hídrica da bacia do rio Piranhas-Açu inclui as seguintes etapas:

- I. Identificação das estações fluviométricas localizadas ao longo do curso do rio principal

e de seus afluentes, bem como o levantamento das séries de vazões correspondentes;

- II. Identificação dos postos pluviométricos inseridos nos limites da bacia e posterior preenchimento de suas falhas;
- III. Delimitação das sub-bacias para aplicação do Modelo Chuva-Vazão MODHISA;
- IV. Obtenção das séries mensais de precipitação nas sub-bacias;
- V. Aplicação e Calibração do MODHISA nas sub-bacias;
- VI. Balanço hídrico nos açudes;
- VII. Simulação

### MODHISA - Modelo Hidrológico para o Semi-Árido

O MODHISA é um modelo de transformação chuva-vazão aplicado pelo consórcio CNEC-SOGREAH (1973) na reconstituição de deflúvios afluentes que subsidiaram os estudos do aproveitamento hidro-agrícola dos açudes públicos Itans, Cruzeta, Sabugi e Pau dos Ferros (RN).

A adequação desse modelo foi verificada pela equipe de pesquisadores do LARHISA-Laboratório de Recursos Hídricos da UFRN, ao aplicá-lo na geração de dados de vazões afluentes ao açude Cruzeta/RN visando simular a operação desse açude (Righetto *et al*, 2002); e por Righetto *et al* (2003), onde foi feita uma simulação operacional preliminar do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.

Ele é fundamentado no balanço hídrico da superfície do solo, tendo como dados principais as séries de precipitações mensais sobre a bacia hidrográfica; e a capacidade de armazenamento de água na bacia, desprezando-se o escoamento básico (Righetto *et al*, 2003). É aplicável à pequenas, médias e grandes bacias hidrográficas do semi-árido nordestino que contém grande número de açudes.

A escala temporal utilizada é a mensal, tendo em vista a influência do estado da bacia no mês antecedente na geração dos deflúvios.

Maior detalhes desse modelo podem ser vistos em Righetto *et al*, 2002, Righetto *et al* 2003 e Moura 2007.

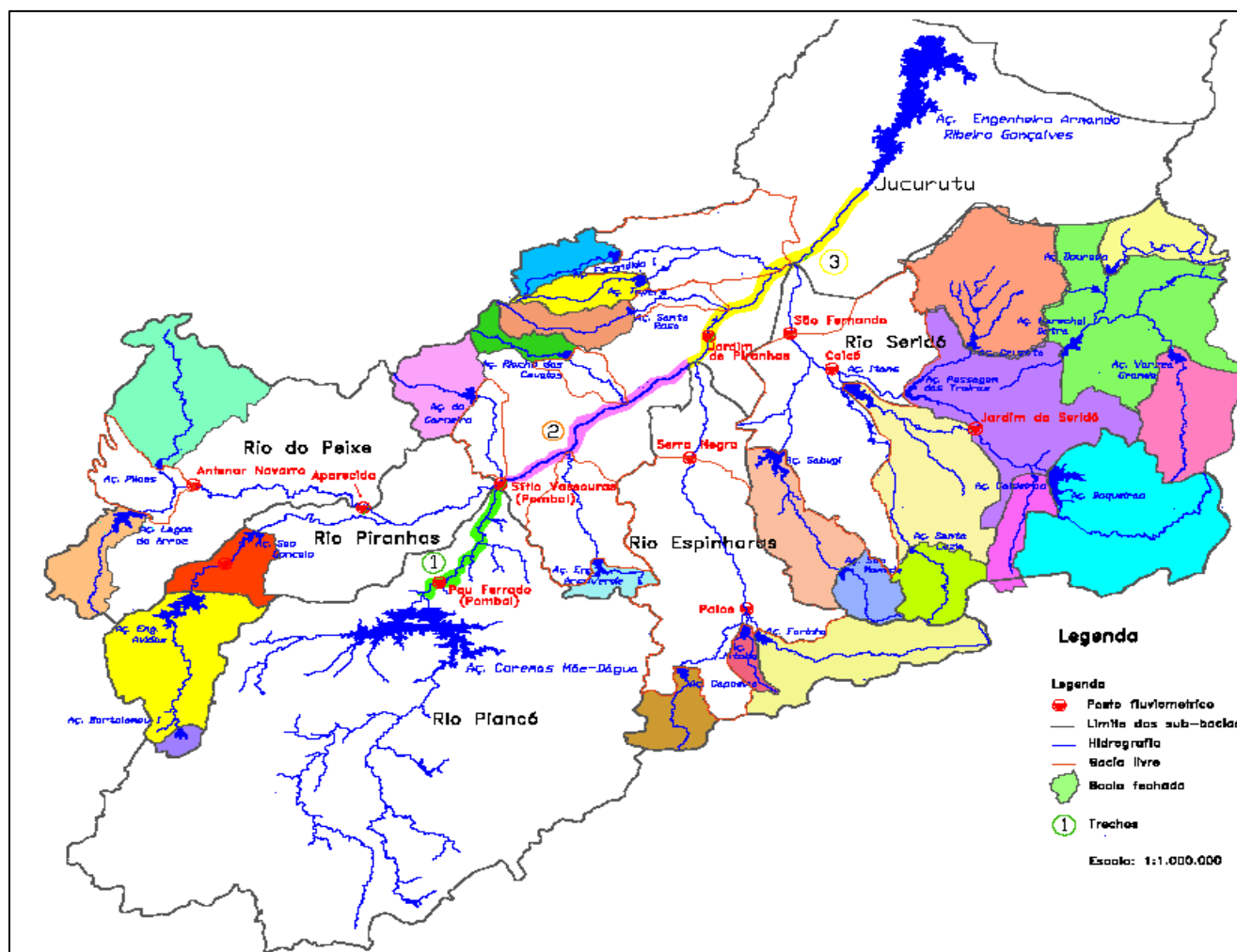


Figura 02- Bacias livres e fechadas consideradas na simulação

### Delimitação das sub-bacias para aplicação do MODHISA

O MODHISA não leva em consideração a variação espacial dos parâmetros físicos da bacia nem da precipitação, pois se trata de um modelo concentrado. Logo, sua aplicação neste trabalho foi feita em diversas sub-bacias delimitadas dentro da área de drenagem das sub-bacias que compõem a bacia do Rio Piranhas- Açú. Essa divisão das sub-bacias foi realizada com base nas estações fluviométricas existentes, e na disposição dos açudes com capacidade de acumulação superior a 10 milhões de m<sup>3</sup>.

Esses açudes foram considerados como o exutório de cada sub-bacia e, como estes, na maior parte do tempo não liberam volumes de água para jusante, ou seja, a água fica acumulada no reservatório

e dele é retirada para atender às demandas, foi considerado que só há contribuição de uma bacia de um açude para outra quando o açude estiver vertendo. Logo, são bacias “fechadas”.

Já as bacias “livres”, ou seja, aquelas em que o deflúvio produzido pela bacia não é barrado por um açude, têm como exutório os postos fluviométricos ou a confluência de rios em pontos relevantes quando aí não existe posto de medição.

Foram delimitadas sub-bacias para a aplicação do MODHISA em todas as bacias de captação cuja água é drenada para os afluentes do rio Piranhas-Açu ou diretamente para este, desde o açude Coremas Mãe-D’água até Armando Ribeiro Gonçalves.

A Figura 02 mostra as bacias dos açudes considerados na simulação (as bacias fechadas); como também, as bacias “livres”, cujos rios principais são os afluentes mais significantes para o escoamento

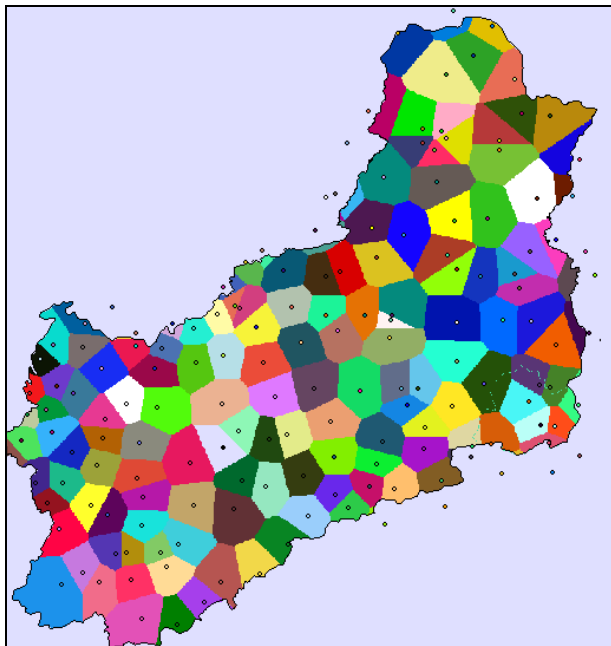
superficial na bacia. Nota-se que as bacias “livres” só receberão água das bacias fechadas quando os açudes destas atingirem sua capacidade máxima.

#### Obtenção das séries mensais de precipitação nas sub-bacias

Para o cálculo da precipitação média mensal foi aplicado o Método de Thiessen em cada sub-bacia.

Para maior agilidade, os polígonos de Thiessen e suas respectivas áreas foram gerados automaticamente pelo programa de geoprocessamento IDRISI 32®. Esse programa gera automaticamente a área de cada polígono, que corresponde à área de influência de cada posto, tendo como base apenas as coordenadas dos postos pluviométricos.

Na bacia do rio Piranhas-Açu estão instalados cerca de 166 postos, sendo 103 na Paraíba e 63 no Rio Grande do Norte. Os polígonos de Thiessen gerados podem ser vistos na figura abaixo:



**Figura 03- Resultado da geração dos Polígonos de Thiessen, na bacia do Rio Piranhas-Açu, pelo IDRISI**

#### Aplicação e Calibração do MODHISA nas sub-bacias

A fim de facilitar a modelagem e o processo de análise da disponibilidade hídrica, o trecho do rio em estudo foi dividido em sub-trechos:

**Trecho 1:** *Do Lago do Reservatório Coremas-Mãe D'Água até a jusante da confluência dos rios Piancó e Piranhas;*

**Trecho 2:** *Da confluência dos rios Piancó e Piranhas até a divisa dos Estados PB/RN;*

**Trecho 3:** *Da divisa PB/RN até o Lago do Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.*

O MODHISA foi aplicado nas sub-bacias de contribuição do rio Piranhas-Açu, nesses três trechos, que também são mostrados na Figura 02. Para tanto, foram levantadas as séries históricas de precipitação dos postos, no período de 1994 a 2004, e calculada a precipitação média mensal para cada sub-bacia de acordo com a etapa anterior. Foram utilizados dados de cerca de 90 postos, inseridos nos limites das sub-bacias. Logo, os postos da bacia do Baixo- Açu e de grande parte da bacia do Piancó, a montante de Coremas Mãe-D'água, não foram utilizados.

Esses dados de precipitação média constituem os dados de entrada da planilha do MODHISA, a qual é a mesma para todas as sub-bacias.

No entanto, o processo de calibração do modelo nas bacias fechadas (bacias dos açudes) não poderia ser baseado na série de deflúvios naturais (como o das bacias livres cujo exutório é um posto fluviométrico), já que na maioria dos açudes não há dados de vazão afluente.

Para a calibração do modelo nessas bacias, partiu-se da seguinte hipótese:

Dada a equação da continuidade:

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde:  $I$  é a vazão afluente (Inflow);  $O$  é a vazão efluente (Outflow) e  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  : variação do volume armazenado no tempo.

E sabendo-se que os açudes não liberam água para jusante, a menos que estejam sangrando; na fase de calibração foi considerado um período em que a vazão de saída (Outflow) é zero. Logo, a vazão de entrada, ou seja, a vazão gerada pelo MODHISA (Inflow), deve ser igual à variação positiva do volume armazenado no reservatório.

Dessa forma, foram levantadas as séries dos volumes mensais dos 25 açudes que formam as sub-bacias fechadas, com o auxílio de informações do DNOCS (RN), SERHID (RN) e AESA (PB).

Para a calibração foi considerada apenas a variação positiva do volume, durante o mesmo inter-

valo de tempo dos dados de precipitação; já que a variação negativa representa perdas de água do sistema. A variação positiva é fruto da entrada de água no açude e isso se dá através da contribuição de toda a bacia como consequência da precipitação.

Já as sub-bacias cujos exutórios contêm estações fluviométricas tiveram seus parâmetros ajustados com base na comparação entre a vazão simulada e a observada nos postos.

### Balanço hídrico nos açudes

Para que seja feita a simulação mensal do deflúvio afluente ao trecho do rio Piranhas-Açu estudado, a precipitação ocorrida em um mês  $j$ , sobre cada bacia fechada, deve ser transformada em vazão afluente ao açude; e neste, deve ser feito o balanço hídrico para determinar a vazão liberada, ou não, para a bacia de jusante, a qual pode ser fechada ou livre. O encadeamento desse processo permite tanto a análise da capacidade hídrica das sub-bacias, como a geração de uma série sintética de deflúvios afluentes ao rio Piranhas-Açu.

No cálculo do balanço hídrico nos açudes, a equação utilizada contou com os seguintes termos:

$$V_j = V_{j-1} + V_{entrada} + V_{prec.} - V_{evap.} - V_{demanda} \quad (2)$$

Onde:

$V_j \rightarrow$  é o volume armazenado no mês  $j$

$V_{j-1} \rightarrow$  é o volume armazenado no mês anterior

$V_{entrada} \rightarrow$  é o volume de entrada na bacia simulado pelo MODHISA

$V_{prec.} \rightarrow$  é o volume precipitado sob a área do espelho d'água

$V_{evap..} \rightarrow$  é o volume evaporado no açude

$V_{demanda..} \rightarrow$  é o volume retirado para atender as demandas

Primeiramente, foram levantadas as fichas técnicas de todos os açudes, e ajustadas funções cota-área e cota-volume pelo Método da Regressão Linear de 1ª Ordem.

Com essas funções, foram calculadas as áreas correspondentes aos volumes mensais dos açu-

des. E assim, calculado o volume precipitado sob a área do espelho d' água:

$$V_{prec.} = (P_{posto} \times 10^{-3}) \times A_{espelho} \quad (3)$$

Onde:

$P_{posto.} \rightarrow$  é a precipitação mensal em mm do posto mais próximo do açude

$A_{espelho.} \rightarrow$  é a área do espelho d' água do açude, no mês  $j$ , em  $m^3$

Para o cálculo do volume evaporado, foram utilizados os dados dos seguintes tanques classe A: São Gonçalo, para os açudes localizados nas bacias do Rio do Peixe, Alto Piranhas e Médio Piranhas; Serra Negra do Norte, para os açudes das bacias dos rios Espinharas, Cruzeta e Seridó.

Assim, o volume evaporado foi calculado pelo produto entre os dados de evaporação, e a área do espelho d' água do açude, em cada mês.

O volume retirado do açude para atender as demandas foi estimado, já que não há informações disponíveis; a não ser a demanda para abastecimento da zona urbana, naqueles açudes responsáveis pelo atendimento das cidades. Porém, sabe-se que a irrigação demanda um volume muito superior, e este não é monitorado.

Então, para estimar a demanda de água do açude, foram gerados volumes sintéticos para um período onde são conhecidos os volumes reais mensais do açude, e feita a comparação. A diferença entre o volume sintético e o observado fornece o valor aproximado da demanda.

### Simulação

A simulação do processo de transformação chuva-vazão em toda a bacia do Piranhas-Açu engloba o encadeamento desse processo nas sub-bacias que a formam.

Para facilitar a compreensão da simulação realizada, é mostrado a seguir o diagrama unifilar do trecho do rio Piranhas-Açu entre os açudes Coremas Mãe-D'água e Armando Ribeiro Gonçalves, com seus principais afluentes, açudes e postos de medição de vazão.

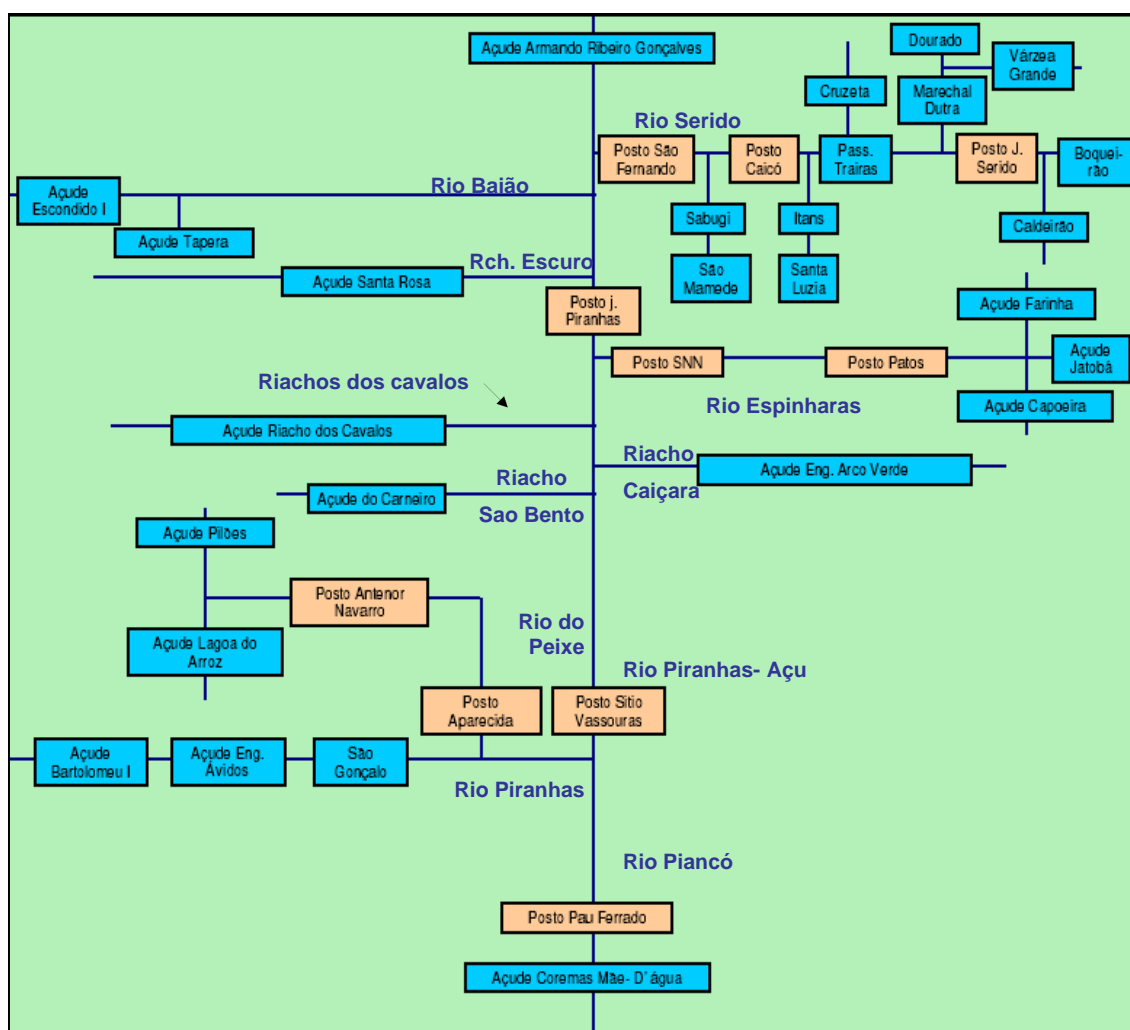


Figura 04- Diagrama unifilar dos principais afluentes, açudes e postos

Estando o MODHISA calibrado para todas as sub-bacias (fechadas e livres), foi feita, inicialmente, a validação do modelo, interligando os deflúvios gerados por ele, com os resultados dos balanços dos açudes, respeitando a sequência do diagrama unifilar mostrado, ou seja, a disposição dos açudes na rede fluvial. Utilizou-se para isso, a série de 10 anos de dados de precipitação dos postos pluviométricos (de 1994 a 2004); e o volume inicial dos açudes de janeiro de 1994.

Quando o volume  $V_j$  gerado no açude era maior que o seu volume máximo, então:

$$V_{vert} = V_j - V_{max} \quad (4)$$

onde:

$V_{vert}$  → é o volume vertido

$V_j$  → é o volume gerado pelo balanço

$V_{max}$  → é o volume máximo do açude

Havendo vertimento, esse volume era transformado em vazão, e esta era somada à vazão gerada pelo MODHISA na bacia a jusante do açude.

Porém, para se obter resultados mais consistentes do ponto de vista prático, é necessário simular uma série de, pelo menos, 50 anos de dados, a fim de se construir curvas de permanência em pontos relevantes do rio, bem como as curvas de garantia dos açudes, avaliando assim, o real aporte hídrico da bacia no trecho estudado.



Portanto, foi acrescentado ao modelo integrado das sub-bacias mais 40 anos de dados da seguinte forma: a partir da série de 10 anos de precipitação dos postos, gerou-se 40 anos de dados sintéticos de chuva usando o Modelo Auto- Regressivo de 1ª Ordem de Thomas-Fiering, em cada sub-bacia.

A simulação final contou, portanto, com 50 anos de dados, ou seja, 600 meses, a partir de janeiro de 1994, realizada através da interligação de várias planilhas (uma planilha para cada sub-bacia) com a ajuda da Visual Basic do Microsoft Excel para a execução de rotinas comuns a todas elas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da calibração de algumas sub-bacias é mostrado a seguir, juntamente com a precipitação média no mesmo período da calibração:

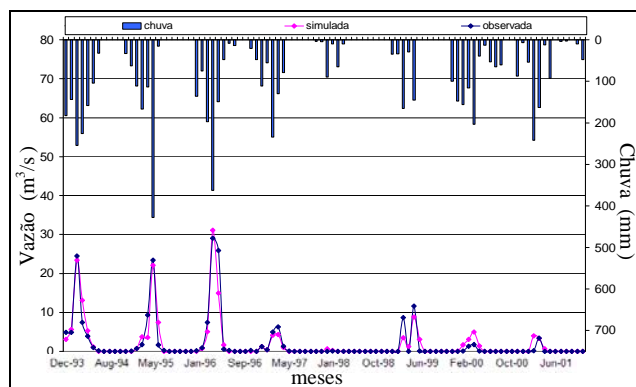


Figura 05- Calibração da bacia do posto Serra Negra do Norte localizado no rio Espinharas (bacia livre)

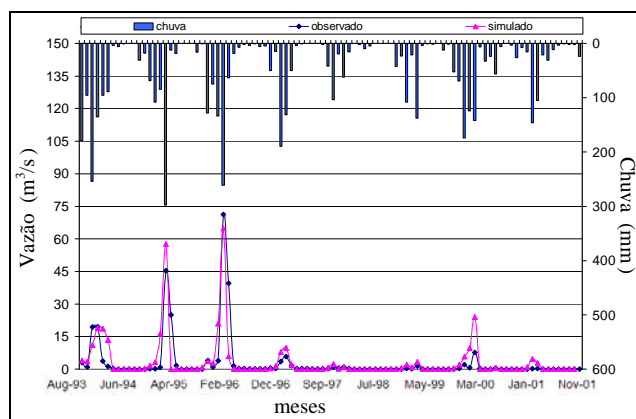


Figura 06- Calibração da bacia do posto São Fernando localizado no rio Seridó (bacia livre)

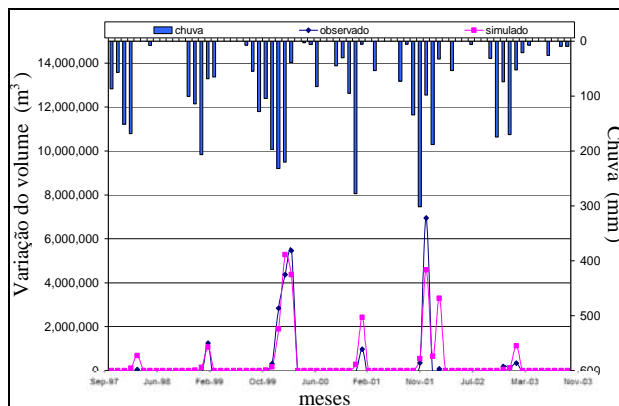


Figura 07- Calibração da bacia do açude Bartolomeu I (bacia fechada)

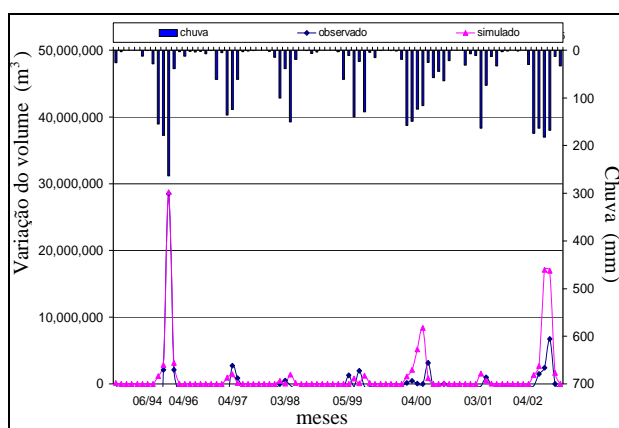


Figura 08- Calibração da bacia do açude Cruzeta

Verifica-se que, de modo geral, o MODHISA representou bem os picos de vazão e de variação do volume dos açudes. Porém, superestimou alguns valores de deflúvio, em resposta a pequenos eventos ocorridos. Uma explicação para esse fato é a de não se conhecer as retiradas de água dessas sub-bacias, antes da chegada ao seu exutório. Todavia, o MODHISA apresentou uma boa relação de causa e efeito entre as precipitações e os deflúvio na bacia, ou seja, nem todo evento chuvoso resulta em um deflúvio capaz de variar de forma significativa o volume dos açudes; e o MODHISA mostrou-se eficiente quando foram comparados seus resultados com a variação positiva destes.

### Curvas de Permanência

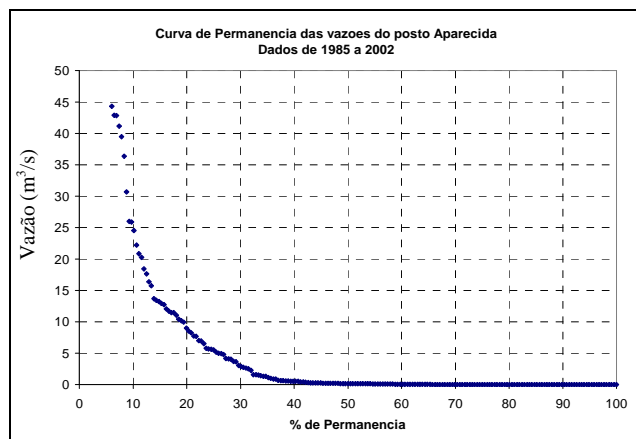
As curvas de permanência expressam a porcentagem de tempo em que uma seção do rio permanece com vazão acima de um determinado valor .



Dessa forma, pode-se saber qual a vazão que o rio pode ofertar em diferentes frações tempo; quanto tempo ele passa seco (no caso de rios temporários); ou se ele atenderá bem a um incremento da demanda, por exemplo.

Sendo assim, as curvas de permanência serão muito úteis para a avaliação da disponibilidade hídrica do trecho do rio estudado, como também, para confrontar suas vazões disponíveis com as demandas atuais e futuras da bacia.

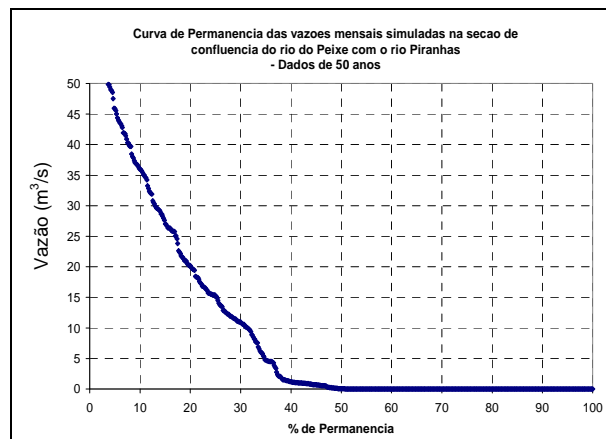
As curvas de permanência foram construídas nas principais confluências do rio Piranhas-Açu com seus afluentes, utilizando-se a série de vazões geradas na simulação integrada da bacia, considerando a disposição dos açudes estudados. Para facilitar a compreensão da descrição dos pontos onde foram construídas as curvas, e da análise destas, é recomendável o acompanhamento pela Figura 02 ou 04.



**Figura 9 – Curva de Permanência com dados observados no rio Piranhas na confluência do rio do Peixe.**

A primeira seção analisada localiza-se na confluência do rio do Peixe com o rio Piranhas. Neste ponto, existe o posto de medição Aparecida, cuja curva de permanência encontra-se na Figura 09. São dados da série completa do posto desde 1985 a 2002.

A curva de permanência desta mesma bacia, construída com a série de vazão resultante da simulação integrada do MODHISA, ou seja, levando em consideração os açudes e seus vertimentos, no período de 50 anos simulados, e mostrada na Figura 10:



**Figura 10 – Curva de permanência com dados sintéticos.**

Verifica-se que existe uma concordância quanto aos períodos de vazões nulas; e como era esperado, as vazões sintéticas são maiores que as observadas, quando comparada a mesma porcentagem de tempo. Uma provável justificativa é que o modelo pode ter simulado vertimentos dos açudes que na realidade não ocorreram, aumentando assim o deflúvio. É oportuno lembrar que não se conhece a retirada de água dessa bacia.

Outra seção importante a ser analisada é a confluência do rio Piranhas com o rio Piancó. Este último apresenta o posto fluviométrico Pau Ferrado, imediatamente à jusante do açude Coremas-Mãe D'água que pereniza o rio Piranhas-Açu até o açude Armando Ribeiro Gonçalves. Logo, é interessante mostrar a curva de permanência desse posto. Também porque, a vazão liberada pelo açude Coremas-Mãe D'água é responsável pelo atendimento da demanda no trecho 1, já que os outros afluentes do rio Piancó nesse trecho são pequenos riachos temporários.

A demanda do trecho 1 foi calculada, em 2003, e é da ordem de  $1,156 \text{ m}^3/\text{s}$ , segundo cadastro de usuários. Estima-se que ela terá um incremento em 2010, e será da ordem de  $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na curva de permanência do posto Pau Ferrado (Figura 11) foram destacadas as garantias de atendimento a essas demandas.

Nota-se que a vazão regularizada pelo açude Coremas-Mãe D'água atende eficazmente a demanda do trecho 1.

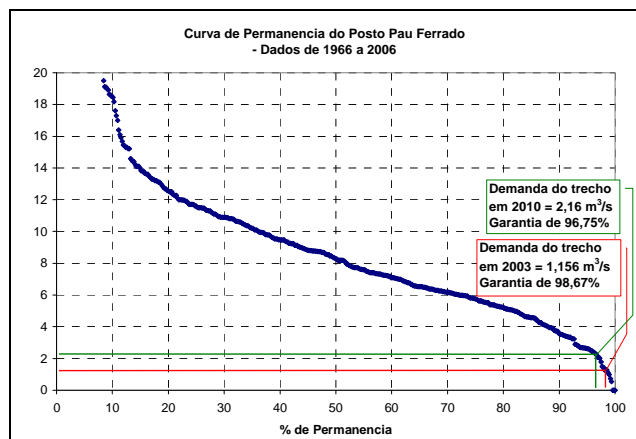


Figura 11 - Curva de permanência do posto Pau Ferrado.

A vazão de contribuição do rio Piranhas ao rio Piancó pode ser medida pela diferença entre a vazão do posto Sitio Vassouras (localizado imediatamente à jusante da confluência desses rios), e o posto Pau Ferrado. Caso o açude Coremas-Mãe D'água interrompesse a liberação de água para jusante, as demandas anteriormente comentadas sofreriam grande redução de garantia. O gráfico da Figura 12 mostra a curva de permanência construída com a diferença entre as vazões dos postos, e a comprovação da afirmação anterior.

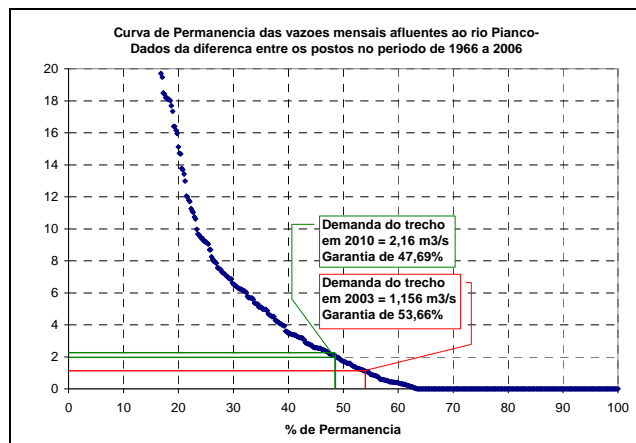


Figura 12 - curva de permanência construída com a diferença entre as vazões dos postos Sitio Vassouras e Pau Ferrado.

A terceira seção analisada localiza-se no rio Piranhas-Açu, na divisa dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Para tanto, foram construídas as curvas de permanência das vazões sintéticas dos principais afluentes do rio nesse trecho 2, que são:

Riacho São Bento, Riacho Caiçara e Riacho dos Cavalos; utilizando as vazões geradas pelas bacias livres à jusante dos açudes que barram esses rios. A essas vazões foi somada a vazão do posto Sitio Vassouras, localizado no início desse trecho. O resultado da curva de permanência é mostrado na Figura 13, juntamente com a curva de permanência das vazões do posto Sitio Vassouras, com a finalidade de visualizar o incremento no valor das vazões devido à contribuição lateral desses afluentes.

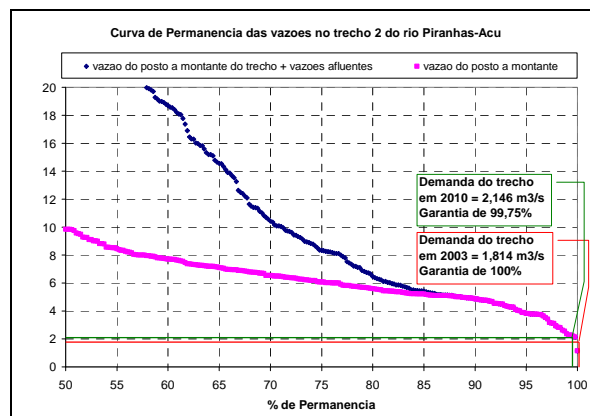


Figura 13 – Curva de permanência no trecho 2 do rio Piranhas-Açu.

Verifica-se que, novamente, a vazão do trecho atende às demandas, segundo os dados do posto e segundo a soma destes com as vazões dos afluentes do trecho. O rio Piranhas-Açu é perenizado pelo açude Coremas Mãe-D'água, mas caso não fosse, o aporte hídrico nesse trecho restringiria-se às vazões afluentes dos riachos temporários; logo, a garantia de atendimento às demandas diminuiu como mostra o gráfico da Figura 14 a seguir.

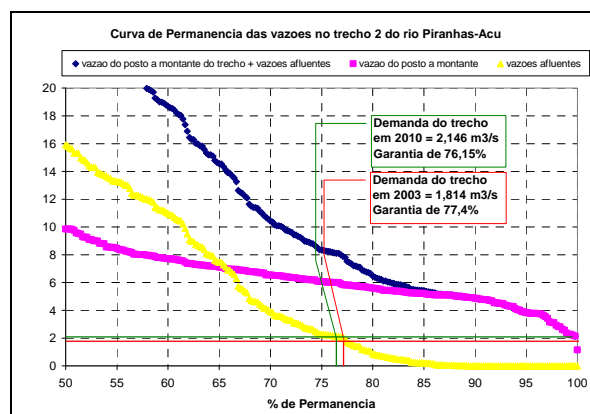
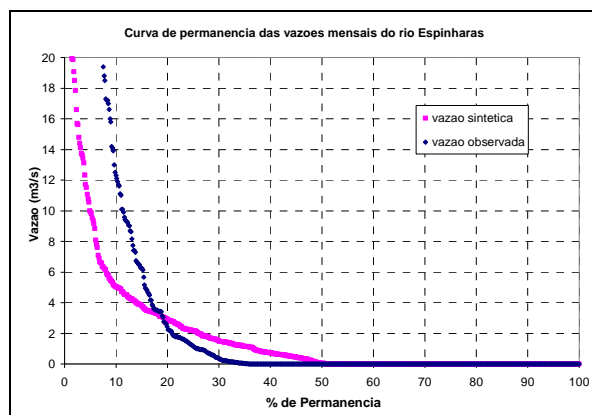


Figura 14 – Curva de permanência no trecho 2 do rio Piranhas-Açu.

Na curva estão indicadas as demandas desse trecho 2, segundo o cadastro de usuários realizado em 2003, com suas respectivas garantias de atendimento.

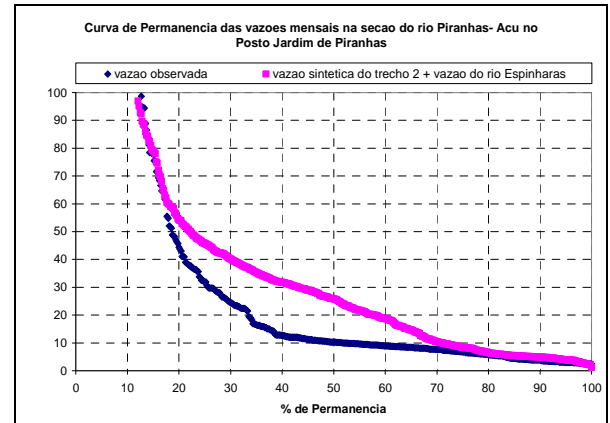
A disponibilidade hídrica desse trecho, quando analisada unicamente pela contribuição dos deflúvios das bacias laterais, diminui. A curva de permanência das vazões sintéticas afluentes (em amarelo) mostra que em 15% do tempo a vazão afluente ao rio Piranhas-Açu, no trecho 2, é nula. E que as demandas seriam atendidas com garantias de 76 a 77%. Entretanto, assim como as demais curvas de permanência sintéticas, esta pode ter superestimado a vazão, principalmente as grandes vazões.

Após a divisa dos Estados, a contribuição ao rio Piranhas-Açu vem da bacia do rio Espinharas. A curva de permanência das vazões sintéticas nesse rio é mostrada na Figura 15, juntamente com a curva de permanência das vazões observadas no posto de Serra Negra do Norte.



**Figura 15 - Curva de permanência do rio Espinharas no posto de Serra Negra do Norte**

Nota-se que o modelo subestimou o tempo em que o rio Espinharas permanece seco (segundo o modelo, o rio apresenta vazão nula em 50% do tempo; e segundo os dados do posto Serra Negra, o rio apresenta vazão nula em 64% do tempo). No entanto, para vazões superiores a 3 m³/s, a curva de permanência das vazões observadas se sobrepõem à curva das vazões sintéticas, diferindo dos resultados das outras curvas expostas até o momento.



**Figura 16 - Curva de permanência na seção do posto Jardim de Piranhas.**

Logo após a confluência do rio Espinharas com o rio Piranhas-Açu existe o posto fluviométrico Jardim de Piranhas. Somando-se as vazões sintéticas das curvas de permanência do trecho 2 e as do rio Espinharas, tem-se a curva de permanência das vazões sintética na seção do posto Jardim de Piranhas. A comparação desta curva com a observada no posto e mostrada na Figura 16:

Observa-se que as curvas quase se sobrepõem para as vazões com até 80% de permanência. Igualmente ocorre para as vazões superiores a 60 m³/s. Entretanto, o modelo praticamente duplica as vazões entre 5 a 60 m³/s. Provavelmente, o modelo superestimou as vazões do trecho 2, já que a do rio Espinharas ficaram abaixo da medida no posto de Serra Negra.

O próximo trecho analisado é o trecho 3, cuja vazão corresponde àquela da seção do posto de Jardim de Piranhas, acrescida às vazões sintéticas dos principais afluentes do rio Piranhas-Açu nesse trecho: Riacho Escuro, Rio Baião e Rio Seridó. Dentre esses, o rio Seridó merece destaque, pois, é o maior afluente do rio Piranhas-Açu. Sua curva de permanência é mostrada na Figura 17:

O rio Seridó permanece com vazão nula cerca de 33% do tempo segundo a curva das vazões sintéticas; e cerca de 26% do tempo segundo os dados do posto São Fernando. A grande quantidade de grandes açudes que barram o rio e seus afluentes diminui sua disponibilidade hídrica, porém, por outro lado, são essenciais para o atendimento da demanda nessa região de baixa pluviosidade.

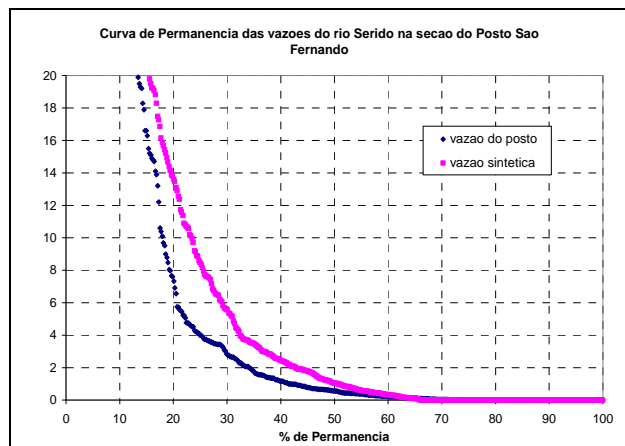


Figura 17 - Curva de permanência do rio Seridó em seu trecho final.

Somando-se a essa curva, as vazões das curvas dos outros dois afluentes e as vazões do posto Jardim de Piranhas, têm-se a curva de permanência ao final do trecho 3, que é mostrada na Figura 18, juntamente com as garantias de atendimento às demandas nesse trecho.

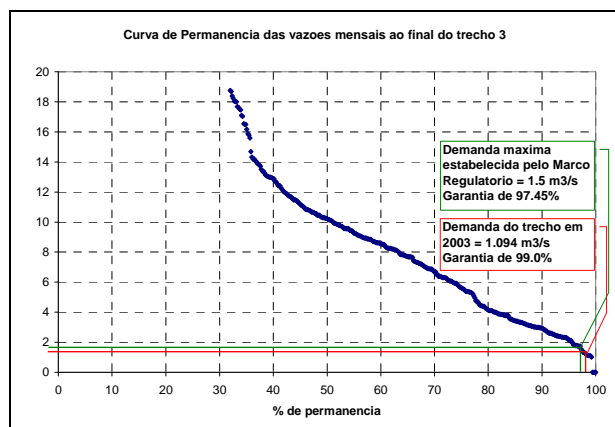


Figura 18 - curva de permanência ao final do trecho 3 do rio Piranhas-Açu.

Os resultados expostos mostram que o rio Piranhas-Açu, nos trechos estudados, suporta as demandas atuais que somam um total de 4,064 m³/s. Mas isso só é possível devido, principalmente, à vazão regularizada pelo açude Coremas-Mãe D'água. Sem essa fonte firme de água, os resultados da simulação indicam que haveria baixa eficiência no atendimento às demandas.

## CONCLUSÕES

O encadeamento da aplicação do MODHISA nas sub-bacias juntamente com o balanço hídrico nos grandes açudes permitiu a construção de um modelo que mostra o efeito provocado pela precipitação no armazenamento mensal de água nos açudes (se este irá verter ou não; ou quanto seu nível irá aumentar ou baixar), tendo como dados de entrada apenas a chuva medida nos postos e o volume inicial do açude.

Além disso, essa simulação permitiu analisar valores de deflúvios mensais em seções ao longo do trecho do rio Piranhas - Açu e de seus afluentes.

A avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica nos três sub-trechos em que foi dividido o rio Piranhas-Açu até o Açude Armando Ribeiro Gonçalves mostrou que, para as atuais vazões de água bruta captadas no rio, as garantias de atendimento são elevadas, já que a porcentagem de permanência destas no trecho do rio é alta.

Em síntese, o problema da escassez hídrica da bacia do rio Piranhas-Açu decorre da falta de infra-estrutura para encaminhar a água do rio para as localidades cujos açudes não são capazes de suprir a demanda na época da estiagem, como por exemplo, as cidades localizadas a margem esquerda do rio, como Santa Cruz.

A conscientização dos usuários para a preservação das matas ciliares e da qualidade da água do rio, assim como a mobilização dos órgãos gestores dos dois Estados para o controle da sua demanda hídrica é fundamental para conservação da vida desse manancial.

## REFERÊNCIAS

- BRAGA, C. F. C.; DINIZ, L. S.; GARJULLI, R. (2004). *Construção do marco regulatório do Sistema Curema-Açu*. In Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís.
- CONSÓRCIO-CNEC-SOGREAH (1975). *Aproveitamento Hidro-Agrícolas dos Açudes de Itans, Sabugi, Cruzeta e Pau dos Ferros-RN*. Ministério do Interior-Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Volume 2.
- MOURA, E. M. de (2007). *Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Ar*

- mando Ribeiro Gonçalves. Dissertação de Mestrado, PPgES – UFRN, 123 p.
- RIGHETTO, A. M.; GUIMARÃES FILHO, J. A. (2003). *Utilização Ótima dos Recursos Hídricos Superficiais do Estado do Rio Grande do Norte*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 8 n.2, abr/jun 2003, 19-29.
- RIGHETTO, A. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. A.; MELO, J. M. B. G. (2002). *Aplicação do Modelo MODHISA para Geração de Vazões Médias Mensais em Rios do Semi-Árido Nordestino*. In: VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió-AL.
- TUCCI, C. E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O.M. (2000). *Cenários da Gestão da Água no Brasil : Uma Contribuição para a "Visão Mundial da Água"*. Site: [www.eco2000.com.br/ecoviagem/ecoestudos/pdf](http://www.eco2000.com.br/ecoviagem/ecoestudos/pdf)
- hydrological characteristics of the sub-basins of Piranhas-Açu catchment.*
- Key-words:** Water availability, Demand, Modeling.

***Evaluation of Water Availability and Water Demand in the Piranhas-Açu River Reach Between the Coremas-Mãe D'Água and Armando Ribeiro Gonçalves Dams***

**ABSTRACT**

*Piranhas-Açu River Basin is a federal basin located in the semiarid region of the Brazilian Northeast. Sixty per cent of its area is in the State of Paraíba, and 40% in Rio Grande do Norte. The main river, the Piranhas-Açu, is a vital source for many socio-economic activities carried out along its course. The reach under study has several pipeline systems, irrigation projects, and supplies several towns along the rivers. All these activities require a large volume of water as compared to the scarcity of water in the semiarid region. Considering the importance of this water resource for the region and the need to implement appropriate management, this paper aims to survey the actual conditions of water supply in this part of the Piranhas-Açu by hydrologic modeling which include the provision of major dam contribution basins of the river, and their monthly water balance. The rainfall-runoff model applied to the sub-basins was the MODHISA-hydrological model for the Semi-Arid. The simulation of the transformation of mean precipitation that occurred in the sub-basin in inflows to the Piranhas-Açu generated 50 years of synthetic flow data at relevant points of the Piranhas-Açu river and its tributaries enabling the construction of duration curves for flows along the reach studied. When we compare the available flows to the current and future demands for raw water intakes from the stretch, we observe that service is fully assured. It was also concluded that the MODHISA was very appropriate to the*