



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## AVALIAÇÃO DOS PLANEJAMENTOS AGRÍCOLAS PARA O SUBSISTEMA CATOLÉ II E POÇO REDONDO NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Allan Sarmiento Vieira<sup>1</sup>; Valterlin da Silva Santos<sup>2</sup>; Wilson Fadlo Curi<sup>3</sup>

---

### RESUMO

A busca em garantir a eficiência dos usos da água nos reservatórios, perante as incertezas hidrológicas, tornou-se uma grande preocupação para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos nos últimos anos, por causa do aumento das demandas em diversos setores e da degradação ambiental, que vem diminuindo a cada dia a disponibilidade de água. O objetivo deste trabalho é analisar e comparar o desempenho de dois cenários de planejamento agrícola para o sistema de reservatórios Catolé II e Poço Redondo, na bacia do Rio Piancó, situado na região semi-árida da Paraíba, através da combinação dos modelos de simulação e de otimização, ambos baseados em programação linear seqüencial. Cada modelo obtém, respectivamente, a partir do cenário seco, os indicadores de desempenho (confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade) e o Planejamento Ótimo Agrícola (POA) do sistema, permitindo posteriormente uma comparação com o Planejamento Agrícola proposto pelo Plano Diretor da bacia do rio Piancó (PAPD). Os resultados demonstraram que o valor da demanda hídrica para irrigação pelo PAPD não é sustentável para anos de seca, apresentando falhas de até 3 meses consecutivos, nos quais o atendimento ficou em 20% da demanda. Pelo POA, a área irrigada foi 11,5% menor, mas não houve falhas.

**Palavras-chave:** simulação; operação de reservatórios; índices de eficiência.

### EVALUATION OF THE AGRICULTURAL PLANEJAMENTOS FOR THE SUBSYSTEM CATOLÉ II AND POÇO REDONDO IN THE SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

### ABSTRACT

To guarantee the reservoirs water use efficiency, because of hydrological uncertainties, has become a great concern for the water resources planning and management in recent years, due to increasing water demands for several uses and environmental degradation, which diminishes the water availability. The objective of this work is to analyze and to compare the performance 2 scenes of agricultural planning for the system of reservoirs Catolé II and Poço Redondo, in the Piancó's river basin, located in the semiarid region of Paraíba state, through the combination of the optimization and simulation models, both based on sequential linear programming. Each model gets, respectively, from the dry scenario, the performance indicators (reliability, resilience and vulnerability) and the settings for an Optimal Agricultural Planning (POA) of the system, which is compared with the Agricultural Planning proposed by the State Water Resources Policies for the Piancó's basin river (PAPD). The results showed that PAPD estimated irrigation water demand is not sustainable to attend during years of drought, failing up to 3 consecutive months, in which the attendance was 20% of the required demand. There were no failing events for the fulfillment of POA estimated irrigated water demand due the reduction of 11,5 % of the plantation area.

**Keywords:** simulation; operation of reservoirs; efficiency indices.

---

Trabalho recebido em 23/12/2009 e aceito para publicação em 01/03/2010.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Professor e Doutorando em Recursos Naturais - UACC/CCJS/UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: [allansarmiento@yahoo.com.br](mailto:allansarmiento@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Doutorando Pós-graduação em Recursos Naturais, CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: [valterlin@yahoo.com.br](mailto:valterlin@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Elétrico, Professor Ph.D, Depto de Física, CCT/UFCG, Campina Grande – PB, email: [wfcuri@pesquisador.cnpq.br](mailto:wfcuri@pesquisador.cnpq.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Em regiões semi-áridas do nordeste brasileiro, devido à efemeridade dos rios, a sua reserva para posterior utilização em reservatórios de acumulação se faz necessária. O uso eficaz desta água é de fundamental importância para se fazer frente aos anos de baixa pluviometria que frequentemente ocorrem, principalmente quando o uso desta água é para irrigação de culturas agrícolas, uma vez que elas são vulneráveis a falhas no atendimento. Em geral, os reservatórios são operados de forma individual.

Segundo Vianna Junior e Lanna (2004), para se modificar esse caráter sazonal, uma das alternativas passíveis de adoção é a construção e operação de reservatórios, que, basicamente, tem como princípio de funcionamento a formação de reservas no período das chuvas e o uso dessas reservas no período de escassez.

Devido às características de múltiplos usos dos reservatórios e do seu caráter conflitante, faz-se necessária a adoção de regras operacionais que contemplem todos esses usos, perante um quadro de objetivos gerais e futuros. No entanto, em vista da existência prévia de um sistema, a adoção de medidas não-estruturais, como uma operação mais eficiente, é, na maioria das vezes, preferível economicamente que a adoção

de medidas estruturais, como a construção de outros reservatórios. Lima (2004) afirma que a prática de construções de novos reservatórios não funciona totalmente, devido principalmente: aos grandes investimentos para implantação dessas obras, associados aos altos custos com desapropriações e a alocação da população, sem contar que algumas bacias hidrográficas já se encontram no seu limite de disponibilidade hídrica superficial.

A expansão da agricultura irrigada se tornará cada vez mais uma questão preocupante, devido o crescimento populacional mundial, a necessidade de maior produção de alimentos, às restrições de disponibilidade de água e uso de defensivos e fertilizantes, que afetarão diretamente no equilíbrio social. A tendência mundial é elaborar modelos matemáticos sustentáveis, que levem em consideração multiobjetivos, satisfazendo assim limitações de ordem econômica, física, social e ambiental.

Assim neste trabalho, objetiva-se avaliar e comparar o desempenho de dois cenários de Planejamento Agrícola: o Ótimo (PAO) e o proposto pelo Plano Diretor da bacia (PAPD), para dois reservatórios em série, onde o volume meta de cada reservatório é igual as suas respectivas capacidades máximas de armazenamento, ou seja, a contribuição de água entre os reservatórios só ocorrerá por

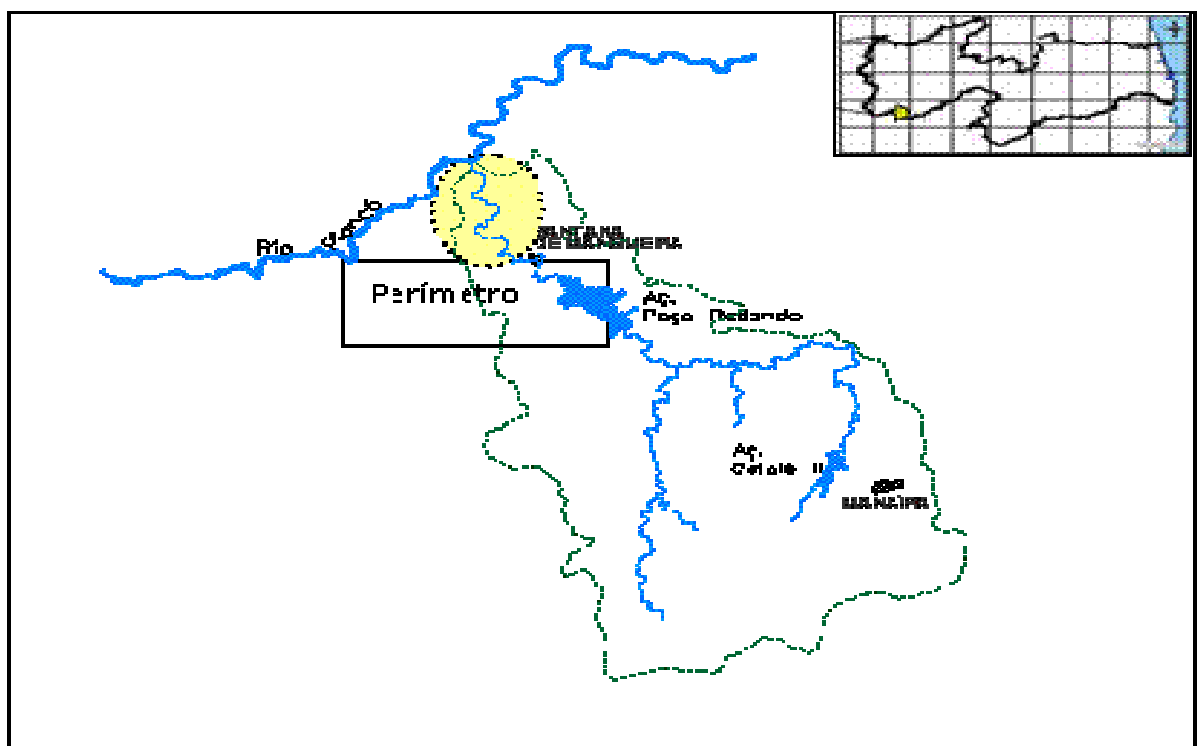
vertimento. Esta análise será feita através da combinação do modelo de simulação proposto Vieira (2007) e do modelo de otimização proposto por Santos (2007), ambos baseados em programação linear seqüencial. Para cada modelo obtêm-se, a partir do cenário seco, os indicadores de desempenho (confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade), que permitirá a avaliação de cada cenário agrícola.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

A área de estudo é a sub-bacia do riacho Santana, afluente do rio Piancó, localizado no sudoeste do estado da Paraíba entre as latitudes 7° 30' e 7° 51' Sul e as longitudes 38° 7' e 38° 22' Oeste

(Figura 01). A sub-bacia apresenta dois reservatórios em série, denominados Catolé II e Poço Redondo e um perímetro irrigado. As principais aglomerações urbanas são as cidades de Manaíra e Santana de Mangueira.

A referida sub-bacia apresenta aspectos climáticos, segundo a classificação de Köppen, como do tipo Awig, na região das cabeceiras, próximo ao município de Triunfo, enquanto as demais partes da bacia são classificadas como BSw<sup>h</sup>. A temperatura média anual é superior a 24 °C e as temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos: outubro a janeiro e, as menos elevadas entre abril e julho.



**Figura 01** – Sistema estudado (Fonte: PDRH/PB, SCIENTEC, 1997).

A umidade relativa média anual do ar varia em torno de 64% a 72%. A insolação diária varia no intervalo de 7,3 horas a 8,7 horas e a evaporação total anual é aproximadamente de 3.000 mm (SCIENTEC, 1997). A vegetação natural é do tipo xerófita, pertencente ao bioma caatinga. O processo de degradação da vegetação na bacia está bastante acentuado. A área de antropismo já ocupa mais da metade das terras da bacia, causando um elevado grau de degradação, contribuindo para o processo de aridez mais acentuado na região.

## 2.1 Dados do subsistema

### 2.1.1 Precipitação

Foram utilizados valores de precipitação obtidos dos Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste (SUDENE, 1990). Esses dados de precipitação foram utilizados considerando os postos pluviométricos mais próximos dos respectivos reservatórios e do perímetro irrigado, conforme mostrado na Tabela 01.

**Tabela 01** – Reservatórios e postos pluviométricos utilizados nas simulações.

	Posto Utilizado					Período de observação
	Nome	Código	Longitude	Latitude	Altitude(m)	
Ac. Catolé II	Manaíra	3853467	38° 11'	7° 42'	605	1933 – 1985
Ac. Poço Redondo Perímetro Irrigado	Ibiara	3843919	38° 25'	7° 29'	330	1963 – 1985

**Fonte:** SUDENE (1990).

### 2.1.2 Evaporação

Os dados de evaporação nos reservatórios e no perímetro irrigado foram obtidos a partir de dados observados do tanque “Classe A” para o posto Climatológico de Coremas. Os valores mensais do coeficiente de tanque *kt* foram

estimados por Oliveira *et al.* (2005) para a região do sertão paraibano (mais precisamente na cidade de Patos). Assim, os dados de evaporação média mensal e do coeficiente *kt* para os reservatórios e o perímetro irrigado estudados, podem ser observados na Tabela 02.

**Tabela 02** – Dados de evaporação média mensal do Tanque Classe A.

Posto	Evaporação média mensal (mm)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Coremas <sup>(1)</sup>	272,3	215,4	204,1	182,4	183,1	182,2	219,9	271,9	299,6	332,9	319,0	310,6
<i>kt</i> <sup>(2)</sup>	0,77	0,79	0,78	0,92	0,93	0,91	0,80	0,81	0,77	0,78	0,76	0,76

Fonte: <sup>(1)</sup> PDRH/PB (SCIENTEC, 1997) e <sup>(2)</sup> Oliveira *et al.* (2005).

### 2.1.3 Vazões afluentes

Os dados de vazões afluentes aos reservatórios foram obtidos do Banco de Dados da Secretaria Extraordinária de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – SEMARH (atual AESA/SECTMA). A série pseudo-histórica de vazões foi gerada pelo o modelo hidrológico *chuva x vazão* MODHAC (Modelo Hidrológico Auto Calibrável), para uma série de 57 anos de precipitação média diárias. Optando-se por uma abordagem determinística conceitual através da utilização do referido modelo, versão aperfeiçoada do MOHTSAR – Modelo Hidrológico para o Trópico do semi-árido (LANNA e MARWELL, 1986 *apud* Lima, 2004), que se aplica, não só às bacias de regime semi-árido do Nordeste do Brasil, como também, àquelas de clima temperado úmido. O modelo foi calibrado utilizando-se duas sub-séries 1964/85 e

1975/85 e validada para a série de 1985/89, do posto fluviométrico de Piancó (37360000), onde foram geradas as séries de deflúvios médios mensais a partir de dados de precipitação totais diários, com extensão de 57 anos (1933 a 1989).

### 2.1.4 Dados dos reservatórios

Os dados das curvas *cota x área x volume*, das descargas de fundo e vertedouros foram obtidos do Cadastro de Açude do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Piranhas e Piancó (SCIENTEC, 1997). Na Tabela 03 estão listados os reservatórios do subsistema, com os seus volumes máximos e mínimos, as suas respectivas áreas de contribuição e sua classificação segundo a Lei estadual nº 6.344/97 do Estado da Paraíba.

**Tabela 03** – Dados dos reservatórios estudados.

Reservatório	Volumes (hm <sup>3</sup> )		Área controlada <sup>1</sup> (km <sup>2</sup> )	Classificação Lei 6.344/97
	Maximo <sup>(1)</sup>	Mínimo <sup>(2)</sup>		
Católé II	10,50	0,48	132,51	Médio
Poço Redondo	62,75	5,60	469,53	Médio

Fonte: <sup>(1)</sup> PDRH/PB (SCIENTEC, 1997) e <sup>(2)</sup> Lima (2004).

### 2.1.5 Demanda hídrica de abastecimento dos reservatórios

No subsistema estudado as demandas hídricas de abastecimento urbano consideradas foram: para o reservatório Catolé II, o abastecimento da Cidade de Manaíra, que no último censo

(CENSO 2000) apresentou uma população urbana de 4.806 habitantes e para o reservatório Poço Redondo, o abastecimento da cidade de Santana de Mangueira, cuja população urbana é de 1.850 habitantes (CENSO 2000). Esses dados (Tabela 04) foram fornecidos pela

Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA referentes ao ano de 2006.

**Tabela 04** – Demandas hídricas para abastecimento urbano por reservatório estudado.

Reservatório	Municípios Atendidos	Demanda (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade (m <sup>3</sup> /h)
Católé II	Manaíra	34,7	38,0
Poço Redondo	Santa de Mangueira	9,30	10,5

**Fonte:** CAGEPA

## 2.2 Definição do cenário hidro-climático seco

Para a definição do cenário seco é utilizada a técnica dos quantis definida por Xavier *et al.*, (2002) *apud* Silva *et al.*, (2004). Para tanto, tomou-se como base as categorias aplicadas para o estado do Ceará, as quais são estatisticamente classificadas como Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso. Na Paraíba a classificação por quantis foi aplicada a regiões pluviometricamente homogêneas levando-se em consideração o trabalho desenvolvido por Silva (1996) *apud* Silva *et al.* (2004) e como resultado obteve-se a divisão do estado da Paraíba em 6 (seis) regiões pluviometricamente homogêneas. Um ano será considerado seco quando a precipitação total anual estiver entre os valores de 629,5 mm e 800,4 mm.

## 2.3 Planejamentos agrícolas

Segundo o planejamento proposto pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó da Paraíba (PAPD), deve-se utilizar uma demanda hídrica para

irrigação de culturas agrícolas de 1,14 m<sup>3</sup>/s para uma área de 500 ha, em todos os meses do ano. Não havendo definição de um plano de cultura e nem diferenciando entre culturas perenes ou sazonais. Não havendo, portanto, previsão do que se poderia plantar em anos de seca. Já o planejamento agrícola proposto neste trabalho foi determinado pelo modelo de otimização proposto por Santos (2007), esta centrado no cenário hidro-climático definido anteriormente e considera que as demandas podem ser variáveis em cada mês, levando em consideração o plano de cultura, com a distinção entre cultura perene e sazonal.

As vazões afluentes aos reservatórios e as precipitações sobre os reservatórios e o perímetro irrigado são valores médios da série histórica de vazões e de precipitação, para cada ano considerado no cenário climático, ou seja, os dados de vazão afluente, por exemplo, utilizada no cenário seco é a média dos valores de vazão afluente dos anos considerado seco. Com a definição de todos os parâmetros, considerando o cenário seco, fez-se um planejamento a

longo prazo através do modelo de simulação proposto por Vieira (2007), no qual se considerou um horizonte temporal de 312 meses e um volume inicial igual a 70% da capacidade máxima para o açude Catolé II e o volume inicial igual a 60% para Poço Redondo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando-se o efeito do planejamento agrícola ótimo (POA) versus o planejamento agrícola do plano diretor (PAPD) (Tabela 05), verificou-se, de acordo com o cálculo dos indicadores, que o reservatório Poço Redondo apresentou falhas e déficits hídrico consideráveis em alguns meses quando submetido ao PAPD, situação que não ocorreu quando foi considerado o POA. Apesar da alta

confiabilidade no atendimento da demanda de irrigação no açude Poço Redondo para o PAPD, quando o reservatório falha, ele fica em média 3 meses sem atender as necessidades hídricas regionais. Durante este período, só consegue atender, em média, 20% da demanda deste setor.

Portanto, para que a atividade agrícola seja sustentável, deve-se usar uma área irrigada de 442,5 ha, 11,5% menor que a do PAPD e com plano cultural otimizado. A demanda para irrigação indicada pelo PAPD não tem sustentabilidade, uma vez que falhas com duração de 3 meses e com atendimento de apenas 20% da demanda não são toleradas para a atividade de cultivos agrícolas em virtude das perdas totais na produção que isto acarretaria.

**Tabela 05** – Resultados dos Indicadores de desempenho dos reservatórios.

Indicadores	Planejamento agrícola do plano diretor			Planejamento ótimo agrícola			
	Açude Catolé II		Açude Poço Redondo	Açude Catolé II		Açude Poço Redondo	
	Retirada de abastecimento (m <sup>3</sup> )	Retirada de abastecimento (m <sup>3</sup> )	Retiradas para culturas (m <sup>3</sup> )	Retirada de abastecimento (m <sup>3</sup> )	Retirada de abastecimento (m <sup>3</sup> )	Retiradas para culturas perenes (m <sup>3</sup> )	Retiradas para culturas sazonais (m <sup>3</sup> )
Nº de falhas	0	0	6	0	0	0	0
Nº de vezes que entrou em falha e recuperou	0	0	2	0	0	0	0
Confiabilidade (%)	100,00	100,00	98,07	100,00	100,00	100,00	100,00
Resiliência (%)	100,00	100,00	33,33	100,00	100,00	100,00	100,00
Vulnerabilidade (%)	0,00	0,00	79,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Sustentabilidade (%)	100,00	100,00	6,54	100,00	100,00	100,00	100,00

**Fonte:** Vieira (2007).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da combinação dos modelos matemáticos de simulação e de otimização, ambos baseados em programação linear seqüencial, demonstrou ser uma importante ferramenta de avaliação da disponibilidade de água para o atendimento da irrigação no sudoeste do estado da Paraíba, por meio dos quais se demonstrou a inviabilidade dos padrões de produção agrícola irrigada nessa região.

#### 5. REFERENCIAS

- LIMA, C. A. G. **Análise e Sugestões para Diretrizes de Uso das Disponibilidades Hídricas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, Localizada no Estado da Paraíba.** Campina Grande: UFCG - Doutorado Temático em Recursos Naturais. 274p. Tese de Doutorado. 2004.
- OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; GALVÃO, C. O.; LEITÃO, T. H. V. Estimativa da Evaporação e Análise de Uso do Coeficiente (kp) do Tanque “Classe A” nas Regiões do Cariri e Sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** (1-4), pp. 73-83. 2005.
- SANTOS, V. S. **Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistemas de recursos hídricos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - Campina Grande, 2007.
- SILVA, M. C. L.; BRITO, J. I. B. e COSTA, A. M. N. Proposta de Monitoramento da Precipitação Pluvial no Estado da Paraíba Utilizando a Técnica dos Quantis in **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Fortaleza, 14p. 2004
- SUDENE **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste** – Estado da Paraíba. Série pluviométrica 5. Recife – PE. Brasil. 1990.
- SCIENTEC Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas.** SEPLAN. Paraíba. Brasil. 1997.
- VIANA JUNIOR E LANNA Simulação e Otimização da operação de um sistema de reservatórios: Bacia do rio Curu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** (1-3), pp. 63-83. 2004.
- VIEIRA, A. S. **Um modelo de simulação via programação linear seqüencial, para sistema de recursos hídricos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - Campina Grande, 2007.