

## Um Modelo de Outorga para Bacias Controladas por Reservatórios: 2 - Aplicação do Modelo na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó – PB

Andréa Carla Lima Rodrigues; Alcigeimes Batista Celeste; Wilson Fadlo Curi;  
Rosires Catão Curi; Roberta Lima Barbosa

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais CTRN – UFCG

acarlalima@yahoo.com.br, geimes@yahoo.com, wfcuri@yahoo.com.br, rosirescuri@yahoo.com.br, robertacg@yahoo.com.br

Recebido: 12/01/10 - revisado: 22/05/10 - aceito: 04/10/11

---

### RESUMO

O instrumento de outorga é de fundamental importância para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, bem como os direitos de acesso ao recurso. No Brasil, a outorga está prevista na Lei 9.433/97, nas leis estaduais específicas de gestão de recursos hídricos e em decretos. Particularmente para a Bacia do Rio Piancó, situada na Paraíba, e detentora da maior reserva hídrica do estado formada pelo sistema de reservatórios Coremas e Mãe D'Água, o processo de outorga é bastante complexo, devido à grande quantidade de conflitos existentes e a construção, ao longo dos anos, de outros reservatórios a montante do sistema Coremas – Mãe D'Água, que reduzem severamente sua vazão afluente. Diante do exposto, este estudo propõe a aplicação de um modelo linear de otimização diferenciado para analisar a possibilidade de concessão ou não de vazão para outorga por meio do conceito de sub-bacias de contribuições individuais por reservatório. Foi considerado tanto os pedidos de outorgas com vazões constantes quanto variáveis mensalmente, sendo, portanto, mais adequado para retratar as características das demandas hídricas da bacia. As análises indicaram que o modelo de outorga apresentou resultados coerentes, podendo ser utilizado em outras bacias com reservatórios. O estudo mostrou, também, que aproximadamente 30% dos reservatórios à montante do Sistema Coremas-Mãe D'Água não são capazes de atender todas as outorgas a que estão destinados de forma que possam garantir um atendimento contínuo em pelo menos 90% do tempo, de acordo com o exigido no Decreto Estadual nº 19.260/97.

**Palavras-chave:** Gerenciamento, Outorga de uso da água, modelo de outorga

---

### INTRODUÇÃO

No Brasil, entre as ações estabelecidas para enfatizar a importância da água e assegurar a proteção desse recurso, está a criação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Tendo em vista que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, a Política Nacional de Recursos Hídricos objetiva assegurar, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos visando o desenvolvimento sustentável; e a proteção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais. Dentre os instrumentos previstos na Política Nacional pode-se destacar a outorga de direito de uso da água como

importante ferramenta de suporte à gestão e ao gerenciamento de recursos hídricos.

No Estado da Paraíba, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos é citada na Lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996, que objetiva assegurar o uso integrado e racional dos recursos hídricos, para a promoção do desenvolvimento e do bem estar da população do Estado e é regulamentada por meio do Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. Particularmente para a Bacia do Rio Piancó, alvo deste estudo, situada no sertão paraibano, o processo de outorga é bastante complexo devido aos conflitos de uso e a disponibilidade hídrica.

A pesquisa aqui apresentada tem o intuito de testar um modelo de alocação de água e estudar como poderia se dar, de forma otimizada, o processo de outorga na Bacia do Rio Piancó, levando em consideração as necessidades e localização de seus diversos usuários, suas prioridades de atendimento e a capacidade de oferta e renovação de suas fontes naturais.

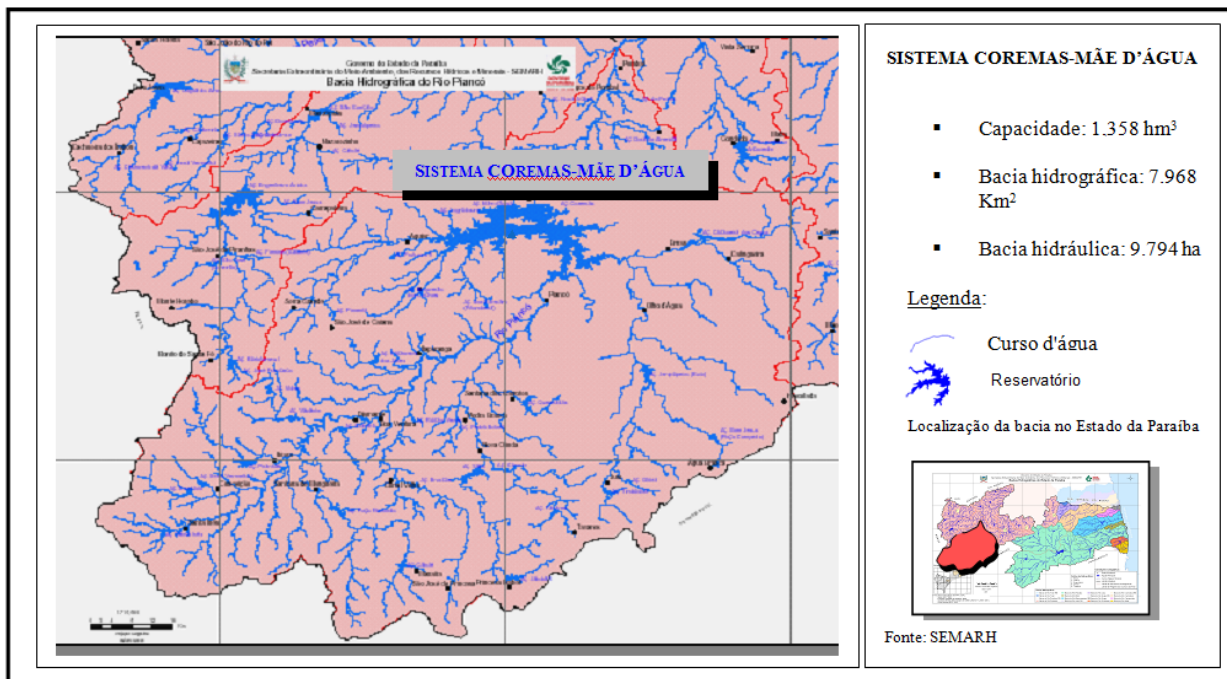


Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Piancó

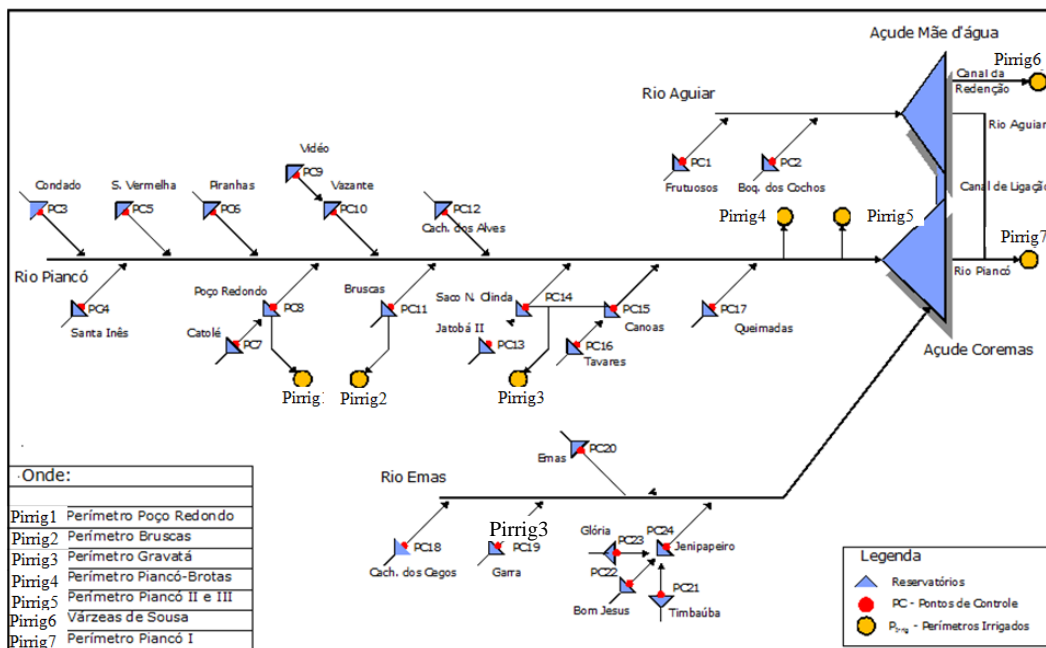


Figura 2 - Sistema de reservatórios com suas demandas e pontos de controle para outorga na Bacia do Rio Piancó

**ESTUDO SOBRE OUTORGA DE USO DA ÁGUA**

Segundo Pires (1996), somente através da outorga pode-se alcançar quase todos os objetivos fundamentais e específicos do gerenciamento. Em-

bora seja um instrumento regulatório, a outorga tem o poder de aplicar, dentro de si, outros instrumentos como, por exemplo, o econômico, por meio da cobrança; inclusive pelo volume de água outorgado, mas não utilizado; e o zoneamento de regiões de

proteção permanente, onde quase ou nenhum tipo de uso pode ser outorgado.

Segundo Harris *et al.* (2000), a aplicação do critério de vazão de referência é o procedimento adequado para a proteção dos rios, pois as alocações para derivações são geralmente feitas a partir de uma vazão de base de pequeno risco. A vantagem de usar vazões de estiagem está na obtenção de maiores garantias para a não ocorrência de falhas de atendimento. Medeiros e Maghettini (2001) propuseram e avaliaram a utilização de um fator de correção anual (FC) para a vazão outorgada, em função da variação de vazão ao final da estação chuvosa de cada ano. Maia *et al.* (2005) realizaram um estudo da vazão outorgável na Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí-MG, através do uso de um fator de correção de sazonalidade mensal. Lobo *et al.* (2005) estudaram a determinação de vazões mínimas de referência para processos de outorga de uso de água baseada em equações de regionalização de vazões mínimas do tipo  $Q_{7,10}$ . Santana *et al.* (2005) avaliaram métodos para determinação da disponibilidade hídrica para fins de outorga no triângulo mineiro. A metodologia proposta baseava-se nos estudos de regionalização de vazões e avaliações hidrométricas locais em períodos de vazões críticas.

As principais vantagens do uso do critério baseado em vazões de referência são a confiabilidade de atendimento e a simplicidade de aplicação dessa metodologia, mas não maximizam o uso da água. É importante ressaltar que, em regiões semi-áridas, a confiabilidade do atendimento às demandas e a maximização do uso da água tornam-se bastante relevantes. Assim sendo, o presente estudo pretende contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia de apoio à outorga dos direitos de uso da água, tendo como base a otimização da alocação de água.

## ÁREA DE ESTUDO

### Caracterização da bacia hidrográfica

A Bacia do Rio Piancó compõe, juntamente com mais sete sub-bacias, a Bacia do Rio Piranhas, também conhecida por Piranhas-Açu. Está localizada no extremo sudoeste do Estado da Paraíba entre as latitudes 6° 43' 51" e 7° 58' 15" Sul e entre as longitudes 37° 27' 41" e 38° 42' 49" Oeste. Limita-se com as Bacias do Alto e Médio Piranhas ao norte, com o Estado de Pernambuco ao sul, com a Bacia do Rio Espinharas a leste e com o Estado do Ceará a

oeste. A bacia possui área de 9.228 km<sup>2</sup> e o comprimento do Rio Piancó, principal curso d'água, tem 208 km, a partir da sua nascente, na Serra do Umbuzeiro, no município de Santa Inês, até o exutório da bacia no município de Pombal, aonde deságua no rio Piranhas.

Tabela 1 – Classificação dos açudes da Bacia do Piancó

Reservatórios	Classificação	Capacidade (hm <sup>3</sup> )
Coremas-Mãe D'Água	Grande porte	1358
S. Nova Olinda		97,49
Cach. dos Cegos		80,00
Jenipapeiro	Médio porte	70,76
Poço Redondo		62,75
Canoas		45,56
Bruscas		38,21
Condado		35,02
Santa Inês		26,12
Piranhas		25,70
Queimadas		15,63
Garra		15,44
Timbaúba		15,44
Bom Jesus		14,64
Serra Vermelha I		11,80
Cachoeira dos Alves		10,61
Catolé		10,50
Vazante		9,09
Tavares	Pequeno porte	6,47
Vidéo		6,04
Jatobá II		4,62
Boq. dos Cochos		4,20
Fruituosos II		3,52
Emas		2,01
Glória		1,35

(Fonte: SCIENTEC, 1997)

### Reservatórios existentes

A bacia do Rio Piancó possui a maior reserva hídrica do Estado da Paraíba formada pelos reservatórios Coremas e Mãe D'Água, que foram construídos com proximidade suficiente para serem interligados por meio de um canal para formar um lago único, com superfície líquida máxima de 115,6x10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>. Os açudes Coremas e Mãe D'Água

barram, respectivamente, os rios Piancó e Aguiar. Os reservatórios estão interligados entre si por meio de um canal vertedor de cota 237 m, com capacidade máxima de transposição de 12 m<sup>3</sup>/s e juntos somam uma capacidade máxima de acumulação de 1,358 bilhões de metros cúbicos e uma bacia hidrográfica de 8.700,34 km<sup>2</sup> (Lima, 2004).

A montante do sistema Coremas-Mãe D'Água existem três rios principais, conforme mostrado na Figura 2: o rio Aguiar (contendo 2 reservatórios), o rio Piancó (contendo 15 reservatórios) e o rio Emas (contendo 7 reservatórios), totalizando 24 reservatórios de pequeno, médio e grande portes. Além dessas, não se pode esquecer a contribuição formada pelas áreas não controladas por reservatórios. A Tabela 1 apresenta a descrição dos açudes, a classificação por tamanho e suas capacidades volumétricas máximas (Cmax).

## COLETA DE DADOS

### Dados de evaporação

Os valores de evaporação média mensal e anual extraídos do Posto de Coremas, através de dados de evaporímetros do tipo tanque classe A são mostrados na Tabela 2, e demonstram que a taxa de evaporação na Bacia do Piancó é bastante alta, superando 2.900 mm por ano.

**Tabela 2 – Evaporação média mensal (mm) do Posto de Coremas**

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
272,3	215,4	204,1	182,4	183,1	182,2	219,9
Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	
271,9	299,6	332,9	319,0	310,6	2993,4	

Fonte: PDRH/PB – SCIENTEC (1997)

### Dados de precipitação

A Bacia Hidrográfica do Rio Piancó possui precipitação média anual de 821 mm, tendo, nos meses de fevereiro, março e abril precipitação em torno de 493 mm, cerca de 60% da média anual. A Tabela 3 mostra os valores médios de precipitação mensal e anual coletados do posto de Coremas.

**Tabela 3 – Precipitações médias mensais e anual (mm) no Posto de Coremas**

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
85	143	235	171	69	31	11
Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	
5	2	12	24	31	821	

Fonte: Lima (2004)

### Dados de vazões afluentes

Os dados de fluviometria relativos aos afluxos aos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'Água correspondem a séries de 53 anos de vazões sintéticas (de 1933 a 1989), geradas a partir de dados de três estações fluviométricas, e foram obtidos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SCIENTEC, 1997) e de Lima, 2004.

### Dados de demandas outorgadas a montante do sistema Coremas-Mãe D'Água

A montante do sistema Coremas-Mãe D'Água são observadas três demandas passíveis de outorga: abastecimento urbano, irrigação e piscicultura. Dezesesseis reservatórios possuem pedidos de outorgas destinadas ao abastecimento urbano. Para este estudo foram consideradas como atuais as demandas de cada reservatório, com base nos dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA/PB projetada para o ano de 2007. A Tabela 4 traz os valores das outorgas concedidas para abastecimento urbano em cada reservatório. Essas demandas foram consideradas constantes, ou seja, distribuídas igualmente para todos os meses do ano.

Com relação às demandas de irrigação consideraram-se dois tipos de pedidos de outorga: a outorga para irrigação difusa e as outorgas para perímetro irrigado. As outorgas aqui chamadas de difusas correspondem àqueles pedidos para pequenas áreas irrigadas distribuídas ao longo da bacia, e as outorgas para os perímetros irrigados são aquelas que abrangem grandes áreas de cultivo. Para as culturas difusas, foram utilizados dados dos pedidos de outorga a partir do ano 2000 obtidos por meio da AESA/PB, levando em consideração que pedidos mais antigos tem prioridade de atendimento em relação a pedidos mais recentes e que as demandas para irrigação de culturas permanentes também teriam prioridade sobre aqueles pedidos para irriga-

ção de culturas temporárias, desde que feitos na mesma data.

**Tabela 4 - Outorgas concedidas para abastecimento urbano por reservatório**

Fonte Hídrica	Município Abastecido	Vazão outorgada (2002) Q(m <sup>3</sup> /s)	Projeção da Vazão outorgada (2007) Q(m <sup>3</sup> /s)
Boqueirão dos Cochos	Iguaracy	0,009	0,010
Frutuoso II	Aguiar	0,005	0,005
Piranhas	Ibiara	0,005	0,005
Serra Vermelha I	Conceição	0,031	0,031
Poço Redondo	Santana de Mangueira	0,003	0,003
Catolé	Manaira	0,011	0,011
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	0,044	0,047
Bruscas	Curral Velho	0,002	0,002
Saco N. Olinda	Nova Olinda	0,007	0,007
Jatobá II	Princesa Isabel	0,046	0,046
Queimadas	Santana dos Garrotes	0,007	0,007
Emas	Emas	0,004	0,004
Cachoeira dos Cegos	Catingueira	0,004	0,004
Jenipapeiro	Olho D'Água	0,006	0,006
Bom Jesus	Água Branca	0,006	0,006
Glória	Juru	0,009	0,009
<b>Total</b>		<b>0,199</b>	<b>0,201</b>

A Tabela 5 traz o detalhamento dos pedidos de outorga para irrigação difusa nos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'Água.

Por não se dispor de dados com relação a irrigação dos grande perímetros, utilizou-se, como base para este estudo, o trabalho realizado por Lima (2004), no qual foram considerados três perímetros irrigados a montante dos reservatórios Coremas e Mãe D'Água: Bruscas (500 ha), Gravatá (934 ha) e Poço Redondo (500 ha), totalizando aproximadamente 2000 ha. Lima (2004) considerou a distribuição das áreas dos perímetros irrigados como sendo

70% para culturas perenes e 30% para culturas sazonais (temporárias). As demandas hídricas mensais dos perímetros irrigados a montante dos reservatórios Coremas e Mãe D'Água e utilizadas para este estudo, como demandas outorgadas atuais, estão mostradas na Tabela 6.

**Tabela 5 - Outorgas concedidas para irrigação difusa por reservatório**

Fonte Hídrica	Município	Vazão Q(m <sup>3</sup> /s)
Vazante	Diamante	0,0039
Cach. dos Cegos	Catingueira	0,0039
Cach. dos Cegos	Catingueira	0,0022
Cach. dos Cegos	Catingueira	0,0058
Bruscas	Curral Velho	0,0011
Vidéo	Conceição	0,0042
Vidéo	Conceição	0,0042
Vidéo	Conceição	0,0042
Timbaúba	Jurú	0,0028
Timbaúba	Jurú	0,0069
Timbaúba	Jurú	0,0064
Timbaúba	Jurú	0,0083
Timbaúba	Jurú	0,0086
Timbaúba	Jurú	0,0033
Timbaúba	Jurú	0,0089
Timbaúba	Jurú	0,0022
Timbaúba	Jurú	0,0131
Timbaúba	Jurú	0,0086
Timbaúba	Jurú	0,0067
Timbaúba	Jurú	0,0086
Timbaúba	Jurú	0,0086
Timbaúba	Jurú	0,0103
Timbaúba	Jurú	0,0067
Timbaúba	Jurú	0,0064
Timbaúba	Jurú	0,0081
Timbaúba	Jurú	0,0047
Timbaúba	Jurú	0,0067
Timbaúba	Jurú	0,0086
Timbaúba	Jurú	0,0028
Timbaúba	Jurú	0,0075
Timbaúba	Jurú	0,0089
Timbaúba	Jurú	0,0025
Timbaúba	Jurú	0,0092
Timbaúba	Jurú	0,0086

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Est. Paraíba

As demandas hídricas destinadas à piscicultura nos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'Água foram obtidas por meio de dados da AESA/PB, e estão detalhadas na Tabela 7. Segundo informações obtidas na AESA/PB, a emissão de outorga de água para piscicultura na Bacia do Piancó tem sido realizada com cautela, levando-se em consideração, na análise de pedidos de outorga, a questão da qualidade da água. Igualmente à irrigação, foram utilizados dados de outorga para piscicultura a partir do ano 2000, também priorizando pedidos mais antigos em detrimento de pedidos mais recentes.

**Tabela 6 – Demandas mensais dos perímetros irrigados à montante do sistema Coremas-Mãe d'Água**

Meses	Tipo de Cultura	Demandas por Perímetro Irrigado (m <sup>3</sup> /s)		
		Poço Redondo	Bruscas	Gravata
Jan	Perene	0,1995	0,147	0,2737
	Sazonal	0,000	0,000	0,000
Fev	Perene	0,1295	0,000	0,000
	Sazonal	0,0555	0,000	0,000
Mar	Perene	0,000	0,000	0,000
	Sazonal	0,000	0,000	0,000
Abr	Perene	0,0658	0,0854	0,1589
	Sazonal	0,0282	0,0366	0,0681
Mai	Perene	0,1197	0,1099	0,2058
	Sazonal	0,0513	0,0471	0,0882
Jun	Perene	0,1358	0,0903	0,168
	Sazonal	0,0582	0,0387	0,072
Jul	Perene	0,161	0,2002	0,3738
	Sazonal	0,069	0,0858	0,1602
Ago	Perene	0,2044	0,2751	0,5145
	Sazonal	0,0876	0,1179	0,2205
Set	Perene	0,2254	0,2639	0,4928
	Sazonal	0,0966	0,1131	0,2112
Out	Perene	0,2499	0,2856	0,3234
	Sazonal	0,1071	0,1224	0,1386
Nov	Perene	0,2219	0,1855	0,3465
	Sazonal	0,0951	0,0795	0,1485
Dez	Perene	0,2051	0,0826	0,154
	Sazonal	0,0879	0,0354	0,066
<b>Vazão média</b> (m <sup>3</sup> /s)		0,221	0,200	0,349

**Tabela 7 – Demandas mensais para piscicultura a montante de Coremas-Mãe d'Água**

Fonte Hídrica	Município	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
Barr. Saco/Canoa	Nova Olinda	0,0233
Açude Queimadas	St. Garrotes	0,0144
Aç. Frutuoso II	Aguiar	0,2400
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	0,0172
Açude Condado	Conceição	0,0010
Açude Condado	Condado	0,0010

## MODELO UTILIZADO NO ESTUDO

Tendo como objetivo desse trabalho a análise do processo de outorga na Bacia do Rio Piancó, buscou-se criar um modelo que se adequasse às características do sistema. Para tanto, optou-se pelo uso de um modelo linear de otimização. Assim sendo, o estudo da garantia de atendimento de uma dada demanda é realizado para toda as séries de vazões consideradas, e a alocação de água, para uma segunda demanda, só é feita caso exista a garantia de atendimento da demanda anterior, criando um sistema de priorização de atendimento.

O modelo baseia-se na otimização de uma função objetivo, sujeita a restrições, que incluem as equações mensais do balanço hídrico, e tem como resposta a garantia de atendimento às demandas solicitadas. A partir dessa garantia, pode-se analisar a viabilidade de concessão da outorga de água para o usuário.

A fundamentação teórica do modelo está detalhada no artigo associado, parte 1 publicada nesta edição.

Considerou-se, para entrada de dados no modelo, um volume mínimo equivalente a 10% do volume máximo e um volume inicial igual a 50% do volume máximo em cada reservatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para permitir uma análise mais detalhada, os reservatórios foram divididos por tipo de uso, ou seja, reservatórios com apenas abastecimento urbano, com abastecimento urbano e outros usos e sem abastecimento urbano. Numa primeira etapa, verificou-se se a contribuição de afluxos de cada sub-

bacia, delimitada pela área não controlada, ao reservatório atende às demandas de outorga localizadas em sua 'dominialidade' espacial. Numa segunda etapa verifica-se se o excedente hídrico de cada sub-bacia poderá ser utilizado no atendimento à pedidos de outorga a jusante, caso os pedidos de outorga sejam superiores à disponibilidade hídrica resultante da contribuição das sub-bacias.

**Reservatórios destinados a abastecimento urbano**

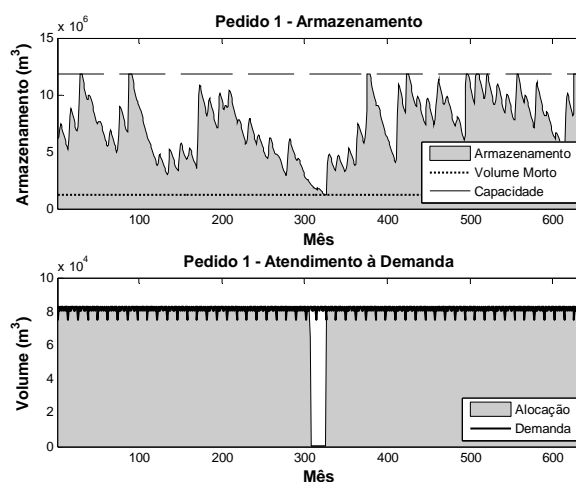
Dos vinte e quatro reservatórios analisados a montante do sistema Coremas-Mãe D'Água, apenas nove possuem outorga exclusivamente para atender a demanda de abastecimento urbano. São eles: Serra Vermelha I, Piranhas, Catolé, Jatobá II, Boqueirão dos Cochos, Emas, Jenipapeiro, Bom Jesus e Glória. Na Tabela 8 são mostradas as demandas médias e os resultados (após a utilização do modelo de outorga) obtidos para a garantia média de atendimento de cada reservatório.

**Tabela 8 - Demandas médias e garantia de atendimento dos reservatórios destinados apenas ao abastecimento urbano**

Reservatórios	Demandas Médias (m <sup>3</sup> /s)	Garantia de Atend. (%)
Serra Vermelha I	0,031	97,01
Piranhas	0,005	100,00
Católé	0,011	0,00
Jatobá II	0,046	97,80
Boq. Dos Cochos	0,010	100,00
Emas	0,004	98,11
Jenipapeiro	0,006	100,00
Bom Jesus	0,006	100,00
Glória	0,009	100,00

De acordo com a Tabela 8, apenas o reservatório de Catolé apresenta problemas, visto que, neste reservatório, a demanda não possui nenhuma garantia de atendimento. Para todos os demais, a garantia de atendimento à demanda de abastecimento urbano, considerada como prioritária, é sempre superior aos 90% exigidos pelo Decreto Estadual nº 19.260/97 que regulamenta a outorga de uso da água no Estado da Paraíba.

A Figura 3 apresenta o comportamento hídrico do reservatório Serra Vermelha I, ao longo dos meses, simultaneamente às retiradas para atender as demandas de abastecimento urbano. No gráfico de armazenamento são mostrados o volume morto (representado pela linha pontilhada), a capacidade máxima (indicada pela linha tracejada), e o volume armazenado ao longo do tempo (área delimitada por linha cheia e preenchida pela cor cinza) e, no gráfico de atendimento à demanda, são apresentadas as alocações mensais de água (representadas pela área limitada por linha cheia e totalmente preenchida pela cor cinza se a demanda for atendida em 100% do tempo ou com alguns espaços sem preenchimento caso ocorram falhas).



**Figura 3 - Comportamento do Reservatório Serra Vermelha I, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de abastecimento urbano**

De acordo com a Figura 3, observa-se que, na maior parte do tempo, a alocação da demanda é realizada com sucesso. Apenas em um pequeno período, ao longo da série, percebe-se a ocorrência de falhas. Esse período corresponde exatamente aos meses em que ocorre uma queda considerável do armazenamento de água devido a diminuição da vazão afluente ao reservatório mostrada pela Figura 4 (próximo ao mês 300), provavelmente decorrente de um período prolongado de estiagem. Neste período, o reservatório atinge o volume morto, retratado no gráfico de atendimento à demanda pelas falhas de preenchimento a partir do mês 300. Deve-se observar que, ao atingir o volume morto, a qualidade da água poderá ser alterada, impossibilitando, inclusive, sua utilização para abastecimento urbano.

À medida que o reservatório recebe água e se recupera, o atendimento à demanda é novamente satisfeito.

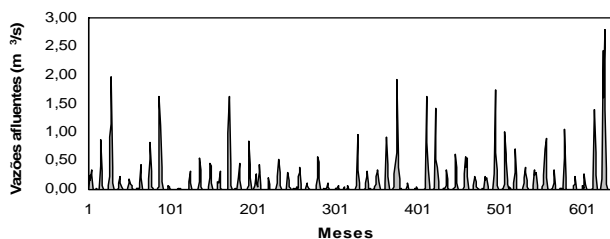


Figura 4 – Vazões afluentes ao reservatório Serra Vermelha I corresponde a uma série de 53 anos.

### Reservatórios destinados a abastecimento urbano e outros usos

Dentro da classificação de reservatórios destinados a usos prioritários e não prioritários, encontram-se os reservatórios Poço Redondo, Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Queimadas, Frutuoso II e Cachoeira dos Cegos, que atendem à demanda de abastecimento urbano e outras demandas não prioritárias, como irrigação e piscicultura. Para os reservatórios com demanda de irrigação, as culturas perenes e sazonais foram analisadas separadamente, como duas demandas distintas, sendo o atendimento as culturas perenes prioritário ao das culturas sazonais. Nesta análise, a ordem de prioridade considerada foi: abastecimento urbano, irrigação de culturas perenes, irrigação de culturas sazonais, irrigação difusa e piscicultura.

A Tabela 9 apresenta os pedidos de outorga para cada reservatório, bem como as demandas médias requeridas para outorga e a garantia global de atendimento a essas demandas obtidos através do modelo de outorga proposto.

Observa-se que todos os reservatórios deste grupo atendem satisfatoriamente às demandas de abastecimento urbano. Esta afirmação é comprovada pela garantia de atendimento superior a 90% para todos os reservatórios. A partir da segunda demanda, percebe-se que alguns reservatórios reduzem a capacidade de atendimento. São eles: Cachoeira dos Alves, com 86,64% para piscicultura e Frutuoso II, com apenas 5,82% de garantia de atendimento, também, para piscicultura. Para esses reservatórios, caso existissem mais demandas a serem atendidas, o que não afetaria a confiabilidade das outorgas já concedidas, certamente não teriam ga-

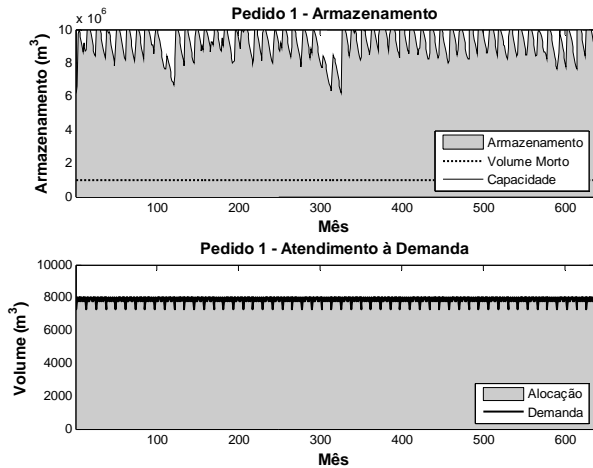
rantias aceitáveis a não ser se houvesse um excedente hídrico de outras sub-bacias a sua montante que pudesse ser transferido. O reservatório Poço Redondo apresenta problema de atendimento a partir da terceira demanda (86%) referente à irrigação sazonal.

Tabela 9 - Demandas médias e garantia de atendimento dos reservatórios destinados a abastecimento urbano e outros usos

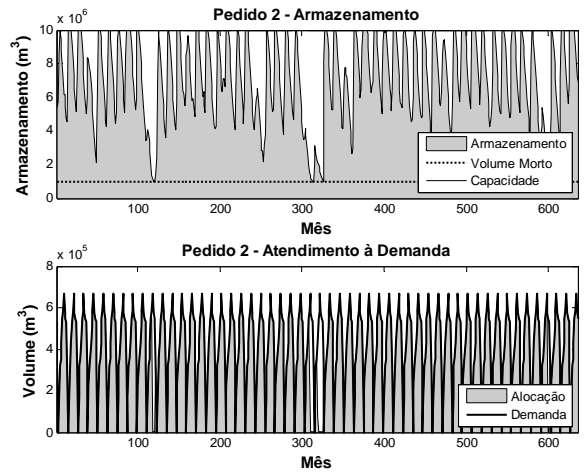
Reserv.	Dados de outorga	Demandas Médias (m <sup>3</sup> /s)	Garantia de Atend. (%)
Poço Redondo	Abastecimento	0,0030	100
	Irrigação Perene P.Redondo	0,1598	96,54
	Irrigação Sazonal P.Redondo	0,0614	86,00
Bruscas	Abastecimento	0,0020	100
	Irrigação Perene Bruscas	0,1438	100
	Irrigação Sazonal Bruscas	0,0564	100
	Irrigação Difusa	0,0011	100
Cach. Dos Alves	Abastecimento	0,0470	97,96
	Piscicultura	0,0172	86,64
Saco de N. Olinda	Abastecimento	0,0070	100
	Irrigação Perene Gravatá	0,1255	100
	Irrigação Sazonal Gravatá	0,0489	100
	Piscicultura	0,0117	100
Queimadas	Abastecimento	0,0070	100
	Piscicultura	0,0144	100
Frutuoso II	Abastecimento	0,0050	100
	Piscicultura	0,2400	5,82
Cach. Dos Cegos	Abastecimento	0,0040	100
	Irrigação Difusa	0,0039	100
	Irrigação Difusa	0,0022	100
	Irrigação Difusa	0,0058	100

A Figura 5 mostra o comportamento do reservatório Poço Redondo ao atender a demanda prioritária de abastecimento urbano. Nota-se, pela figura, que o volume de água armazenado no reservatório é sempre próximo da sua capacidade e, conseqüentemente, suficiente para atender com garantia de 100% a essa demanda.





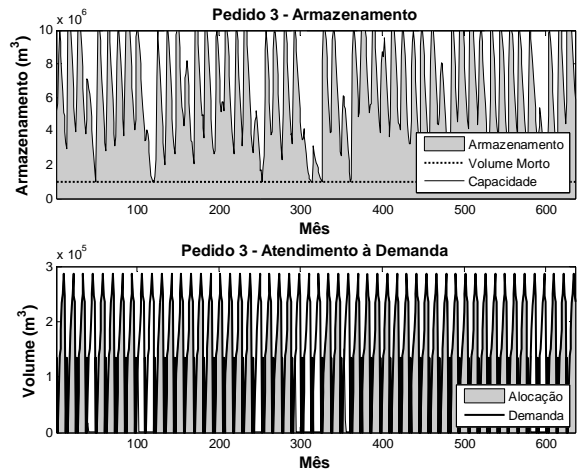
**Figura 5 - Comportamento do Reservatório Poço Redondo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de abastecimento urbano.**



**Figura 6 - Comportamento do Reservatório Poço Redondo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de irrigação de culturas perenes.**

O reservatório também atende satisfatoriamente à segunda demanda, sem comprometer a confiabilidade da primeira, que corresponde à irrigação das culturas perenes do perímetro Poço Redondo (Figura 6), com garantia de 96,54%. Como a demanda para irrigação é variável mês a mês, existindo inclusive meses com valores nulos, o gráfico de atendimento a essa demanda torna-se oscilante.

Comparando o volume armazenado no reservatório nos pedidos de outorga para abastecimento urbano e irrigação de culturas perenes (Figuras 5 e 6), nota-se uma queda razoável desse volume, ficando, em determinado período de tempo (após os meses 100 e 300 - Figura 6), para o atendimento do segundo pedido, próximo ao mínimo. Esse fato se dá porque a demanda para irrigação é bem maior que a demanda para abastecimento urbano. Devido a essa diminuição de volume, a irrigação das culturas sazonais do perímetro Poço Redondo, representada pela Figura 7, fica comprometida. Observa-se, pela figura, que o reservatório atende a essa demanda com uma garantia de 86%, pouco inferior ao nível de garantia aceitável (90%), que corresponde, proporcionalmente em termos de área, a irrigação de 129 ha, ou seja, 21 ha a menos que a área do plantio (150 ha). Logo, o reservatório Poço Redondo, com a capacidade atual, não é capaz de atender a todas as suas demandas de maneira satisfatória a não ser que houvesse transferência de água do Açude Catolé, a montante, que também apresenta déficit hídrico.



**Figura 7 - Comportamento do Reservatório Poço Redondo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de irrigação de culturas sazonais.**

### Reservatórios destinados a outros usos

Os reservatórios Condado, Vazante, Vidéo, Canoas e Timbaúba encontram-se dentro dessa categoria, tendo basicamente, como demandas, a irrigação e a piscicultura. Para essa análise, considerou-se a seguinte ordem de prioridade de atendimento às demandas: irrigação de perímetros (culturas perenes), irrigação de perímetros (culturas sazonais), irrigação difusa (por data de requerimento) e piscicultura (por data de requerimento). A Tabela 10 traz a descrição dos pedidos de outorga por reserva-

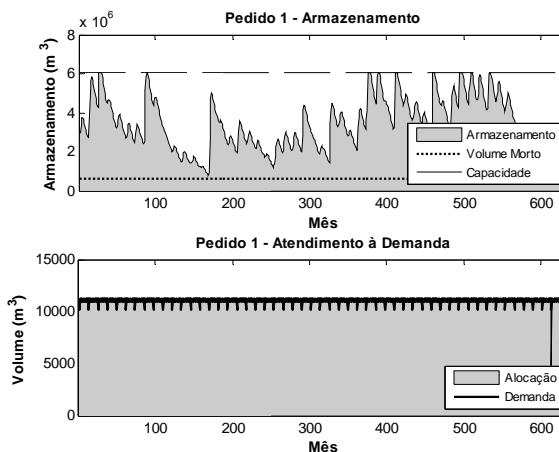
tório assim como as demandas médias requeridas para cada pedido e a garantia média de atendimento a essas demandas.

**Tabela 10 - Demandas médias e garantia de atendimento dos reservatórios destinados outros usos.**

Reserv.	Dados de outorga (usos)	Demandas Médias (m <sup>3</sup> /s)	Garantia de Atend.(%)
Condado	Piscicultura	0,0010	100
	Piscicultura	0,0010	100
Vazante	Irrig. Difusa	0,0039	100
Vidéo	Irrig. Difusa	0,0042	99,84
	Irrig. Difusa	0,0042	84,75
	Irrig. Difusa	0,0042	44,65
Canoas	Irrig. Perene Gravatá	0,1255	99,84
	Irrig. Sazonal Gravatá	0,0489	96,07
	Piscicultura	0,01165	94,81
Timbaúba	Irrig. Difusa	0,0028	100
	Irrig. Difusa	0,0069	100
	Irrig. Difusa	0,0064	100
	Irrig. Difusa	0,0083	98,74
	Irrig. Difusa	0,0086	16,98
	Irrig. Difusa	0,0033	6,60
	Irrig. Difusa	0,0089	4,87
	Irrig. Difusa	0,0022	1,41
	Irrig. Difusa	0,0131	0,00
	Irrig. Difusa	0,0086	0,00
	Irrig. Difusa	0,0067	0,00
	Irrig. Difusa	0,0086	0,00
	Irrig. Difusa	0,0086	0,00
	Irrig. Difusa	0,0103	0,00
	Irrig. Difusa	0,0067	0,00
	Irrig. Difusa	0,0064	0,00
	Irrig. Difusa	0,0081	0,00
	Irrig. Difusa	0,0047	0,00
	Irrig. Difusa	0,0067	0,00
	Irrig. Difusa	0,0086	0,00
Irrig. Difusa	0,0086	0,00	
Irrig. Difusa	0,0028	0,00	
Irrig. Difusa	0,0075	0,00	
Irrig. Difusa	0,0089	0,00	
Irrig. Difusa	0,0025	0,00	
Irrig. Difusa	0,0092	0,00	
Irrig. Difusa	0,0086	0,00	

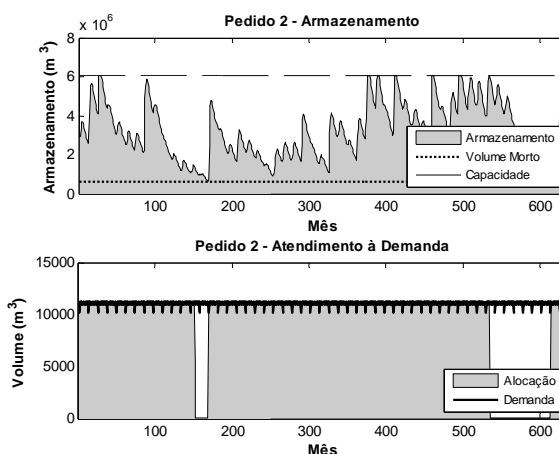
De acordo com a tabela, todos os reservatórios deste grupo atendem, com garantia satisfatória, o primeiro pedido de outorga. Com exceção de

Vidéo (com 84,75% e 44,65%), os outros reservatórios com mais de uma demanda garantem, adequadamente, os pedidos com segunda e terceira prioridades de outorga. No reservatório Timbaúba, as falhas de atendimento iniciam-se a partir da quinta demanda.



**Figura 8 - Comportamento do Reservatório Vidéo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de irrigação difusa (Pedido 1).**

As Figuras 8 a 10 mostram o volume armazenado no reservatório de Vidéo e o atendimento aos três primeiros pedidos de outorga, todos de irrigação difusa, a ele dirigidos. A primeira demanda (Figura 8) é atendida satisfatoriamente, porém com um pequeno percentual de falhas no final do período observado (próximo ao mês 600), gerando uma garantia de 99,84%.



**Figura 9 - Comportamento do Reservatório Vidéo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de irrigação difusa (Pedido 2).**

Para a segunda demanda (Figura 9), as falhas são mais frequentes, em consequência da diminuição do volume armazenado, que já era baixo após o atendimento da primeira demanda. Neste caso, o reservatório não consegue gerar uma garantia superior a 90% como deveria, ficando em torno de 85%. Por fim, o último pedido de outorga (Figura 10) fica bastante comprometido, tendo garantia de apenas 44,65%, pois o volume armazenado no reservatório chega, por várias vezes ao longo dos meses, a atingir o mínimo operacional estabelecido. Logo, o reservatório Vidéo (com capacidade de 6,04 hm<sup>3</sup>) não consegue atender a todas as demandas. Percebe-se na Figura 10 a existência de falhas (entre os meses 50 a 200) mesmo havendo água armazenada no reservatório. Isso se dá porque o modelo avalia os pedidos de outorga, sempre deixando um volume para as demandas já atendidas. O armazenamento deste volume de água é necessário para garantir o atendimento das demandas mais prioritárias. Então, neste caso, o volume existente no reservatório tem, como destino, o atendimento à demanda ao primeiro e segundo pedidos, prioritários em relação ao terceiro pedido, em meses posteriores, garantindo assim seu atendimento.

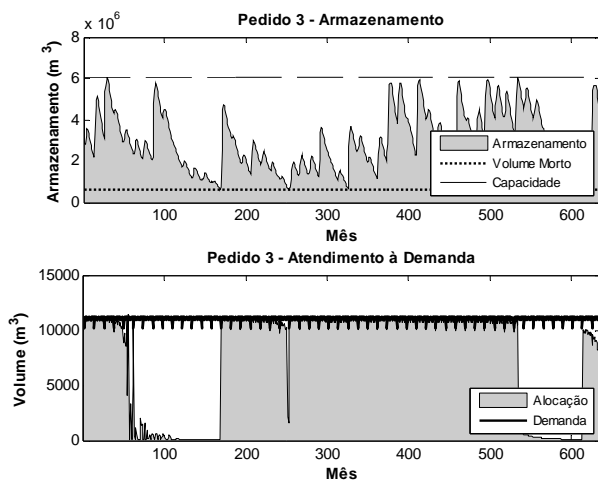


Figura 10 - Comportamento do Reservatório Vidéo, ao longo do tempo, para atendimento à demanda de irrigação difusa (Pedido 3).

## CONCLUSÕES

Após todas as análises realizadas e expostas no presente estudo, pode-se concluir que o modelo de outorga aqui proposto apresentou resultados coerentes para a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, não

sendo encontrados empecilhos para que ele seja utilizado em outras bacias, desde que controladas por reservatórios. O modelo mostrou um bom desempenho realizando as otimizações em curto espaço de tempo apesar de ter sido rodado para séries longas de vazões com até 53 anos.

Dos vinte e um reservatórios analisados, pelo menos seis deles, correspondendo a 28,6% do total de reservatórios, não se mostraram capazes de atender todas as outorgas a que estavam destinados de forma que pudessem garantir um atendimento contínuo em pelo menos 90% do tempo de acordo com o exigido no Decreto Estadual nº 19.260, que regulamenta a outorga de uso da água na Paraíba. Como a bacia é formada por um sistema extremamente complexo, com uma grande quantidade de reservatórios a montante do Coremas-Mãe D'Água, torna-se impraticável a concessão de novas outorgas e/ou a renovação das outorgas atuais sem que haja um comprometimento do sistema.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do programa da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

## REFERÊNCIAS

- HARRIS, N. M.; GURNELL, A. M.; HANNAH, D. M.; PETTS, G. E. (2000). *Classification of river regimes: a context for hydroecology*. In: Hydrological Processes. Ed. John Wiley & Sons, Ltd. Vol. 14, p. 2831-2848
- LIMA, C. A. G. (2004). *Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Piancó, situada no Estado da Paraíba*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, 272p.
- LOBO, G. A.; KIANG, C. H.; SILVA, F. P. (2005) *Vazões mínimas para outorga: a necessidade de incluir o fator hidrogeológico nas equações de regionalização de Q<sub>7,10</sub>*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa - PB
- MAIA, J. L.; MAUAD, F. F.; BARBOSA, A. A. (2005) *Estabelecimento de vazões de outorga na Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, com a utilização de sazonalidade*.

Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.  
João Pessoa - PB

- MEDEIROS, M. J. e NAGHETTINI, M. (2001). *Análise da viabilidade de aplicação de um fator de correção anual para o critério de vazão de outorga adotado no estado de Minas Gerais*. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos de Língua Oficial Portuguesa. Aracajú-SE.
- PIRES, C. L. F. (1996) *A outorga de uso na gestão de recursos hídricos*. Anais do 3º Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste. Vol. 1, 319-325. Salvador, Bahia.
- RIBEIRO M. M. R. (2000). *Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre – RS, 200p.
- SANTANA, A. G.; BARROS, L. M. A.; SILVA, F. F. (2005). *Avaliação de métodos para determinação da disponibilidade hídrica para fins de outorga no Triângulo Mineiro – Iturama: Estudo de caso do Ribeirão Tronqueira*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa - PB
- SCIENTEC (1997). Associação para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Piancó e do Alto Piranhas*. SEPLAN.

*requests for grants with constant flow and variable monthly, and is therefore more appropriate to portray the characteristics of the basin water demands. Analyses indicated that the model presented awards consistent results and can be used in other basins with reservoirs. The study also showed that approximately 30% of reservoirs upstream of the System Water-Mother Coremas are not able to meet all the grants that are intended to enable them to ensure a continuum of care in at least 90% of the time according to the requirement of State Decree 19.260/97.*

**Key-words:** Management, Grant of water use, model grant

## ***A Model for Watersheds Grant Controlled Reservoirs: 2 - Application of the Model River Basin Piancó – PB***

### ***ABSTRACT***

*The instrument of grant is of fundamental importance for the management of water resources, it ensures the quantitative and qualitative control of water use and access rights to the resource. In Brazil, the grant is provided for in Law 9433/97, specific state laws on water resources management and decrees. Particularly for Piancó River Basin, located in Paraíba, and holds the largest reserves of the state formed by the water system of reservoirs Coremas Water and Mother, the granting process is very complex due to the large amount of conflicts and construction, over the years, other reservoirs upstream system Coremas - Mother Water, which severely reduces their influent flow. Given the above, this study proposes the application of a linear optimization model to analyze the different possibility of granting or not granting to flow through the concept of sub-basins of individual contributions by the reservoir. It was considered both*