

ANÁLISE DA INCERTEZA DA OFERTA HÍDRICA

Karla de Carvalho Vasconcellos¹ & Raimundo Oliveira de Souza²

RESUMO - Os diversos usos da água podem ser concorrentes, gerando conflitos entre setores usuários e impactos ambientais. Nesse sentido, gerir recursos hídricos é uma necessidade premente e que tem o objetivo de ajustar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo a permitir, sem conflitos, a convivência dos usos atuais e futuros da água. Como qualquer intervenção que se deseje fazer em um corpo de água é passível de autorização por parte do Poder Público competente, autorização esta conhecida como outorga, onde é possível, com ela, assegurar legalmente um esquema de alocação quali-quantitativa da água entre os diferentes usuários, contribuindo para um uso sustentável dos mananciais. Diante do que foi exposto, o presente trabalho busca analisar a incerteza da oferta hídrica (fator importante na tomada de decisão da outorga, uma vez que estabelece a disponibilidade de água existente), através de planilhas de simulação de modelos de operação de reservatórios, mostrando os resultados em tabelas e gráficos com base em dados reais de vazão obtidos da bacia de Orós, situada no Estado do Ceará.

ABSTRACT - The various uses of water can be competitors, generating conflicts among user sectors and environmental impacts. In this sense, manage water resources is a pressing need that aims to adjust the economic demands, social and environmental water at sustainable levels, to allow, without conflict, coexistence of current and future uses of water. As in every situation, one wishes to intervene in a body of water is subject to authorization by the competent public authorities, that gives authorization knowing as an award, it is possible to ensure a legally scheme of allocation of qualitative and quantitative water among different users, contributing for a sustainable use of water sources. In view of the foregoing, this paper seeks to analyze the uncertainty of water supply (important factor in the decision making of the award, since it establishes the availability of existing water) through spreadsheet simulation models for reservoir operation, showing the results in tables and graphs, based on real data obtained from flow of Orós basin, situated in the State of Ceará.

Palavras-Chave – outorga, disponibilidade hídrica, incerteza da oferta hídrica.

1) Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará e bolsista do CNPq. Campos do Pici, CEP- 60445-760. Bloco 713. Fortaleza – Ceará. e-mail: karla_vasconcellos@hotmail.com;

2) Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Campus do Pici, Centro de Tecnologia, Bloco 713, Fortaleza – Ceará, Brasil, CEP 60445-760, Fone: (85) 3366. 9771, e-mail: rsouza@ufc.br.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os conflitos de uso dos recursos hídricos podem ser observados desde as regiões mais desenvolvidas até as mais carentes. Além daqueles conflitos relacionados com a qualidade da água, notados nas bacias urbanizadas e industrializadas, há existência também de conflitos quantitativos em outras bacias. Suas soluções exigem o planejamento e gerenciamento prévio visando à avaliação das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios (Setti, 2001).

Dentre os instrumentos de gestão citados na lei está a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, que pode ser entendida como sendo uma autorização mediante a qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o uso da água, por prazo determinado, nos termos e condições expressas no respectivo ato.

Neste contexto, o presente trabalho buscou realizar a análise da incerteza da oferta hídrica no processo de outorga, uma vez que a estimativa da disponibilidade reveste-se de particular interesse, pois dela depende a quantidade de água que poderá ser outorgada no sistema de recursos hídricos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A disponibilidade hídrica é a informação básica de apoio à decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que tem como objetivos: “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, conforme disposto no artigo 11 da Lei Federal 9433 (Brasil, 1997). Ainda, segundo a mesma Lei 9433, Art. 7º, parágrafo III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

A disponibilidade hídrica para outorga não corresponde ao fluviograma, mas a uma parcela da mesma, vinculada a certa garantia, compatível com a responsabilidade intrínseca do poder outorgante, frente aos direitos concedidos aos usuários junto à outorga.

A comissão redatora da minuta do decreto regulamentador da outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos sugeriu que: “caberá à autoridade outorgante estabelecer o nível de garantia da disponibilidade hídrica do correspondente corpo de água, observando o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, ou, na falta deste, as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos”.

Na mesma minuta do decreto conceitua-se “disponibilidade hídrica como a diferença entre o volume aleatório e a soma das seguintes parcelas: a) volume outorgável; b) usos insignificantes; c) quantidade mínima de água para prevenção da degradação ambiental e manutenção dos ecossistemas aquáticos; d) quantidade mínima de água para manutenção das características de navegabilidade do corpo de água, quando for o caso”. “Volume aleatório é o volume disponível em um corpo hídrico, ao longo de um mês; trata-se de uma variável que assume valor diferente a cada mês em função da natural variabilidade hidrológica e em função do manejo dos reservatórios e dos aquíferos”. “Volume outorgável é o máximo volume que pode ser outorgado em um corpo hídrico. O volume outorgável varia mensalmente para o corpo hídrico, sendo composto pela soma do volume já outorgado com o volume ainda disponível para outorga”.

O modelo de operação de reservatórios para fins de outorga deve avaliar o volume alocável na outorga e sua garantia associada. O volume alocável de longo prazo é uma função da garantia do suprimento desejada. Maiores garantias estão associadas a volumes menores. A garantia ótima pode ser diferente para diferentes usos e diferentes usuários.

3. METODOLOGIA

Sendo o conhecimento da disponibilidade hídrica, informação básica e necessária para a concepção e operacionalização de um sistema de outorga de recursos hídricos, foi feita no presente trabalho, uma análise das incertezas da oferta hídrica utilizando dados de vazão das séries históricas existentes da bacia de Orós, mostrando os resultados em gráficos e tabelas. Além disso, também foi feita uma formulação matemática, como será mostrado a seguir, para que fossem montadas as planilhas de simulação de modelos de operação de reservatórios.

Modelos de análise de sistema reservatório/rio são desenvolvidos através de algoritmos. Os escoamentos superficiais provêm as afluências no sistema no modelo de operação de reservatório. Perdas por evaporação e outras reduzem a disponibilidade hídrica. Neste processo os reservatórios transportam água no tempo de forma a regular o escoamento superficial para o armazenamento e as liberações.

3.1 Conservação do Volume

A equação da conservação do volume (ou da continuidade) para um reservatório é dada por:

$$S_{t+\Delta t} - S_t = I_{VOL} - O_{VOL} \quad (3.1)$$

Na expressão, S_t e $S_{t+\Delta t}$ denotam o volume armazenado no final e no começo, respectivamente, de um intervalo de tempo Δt , e I_{VOL} e O_{VOL} denotam a entrada e a saída, respectivamente, de volumes durante o período de tempo. Alternativamente, a conservação do volume pode ser expressa em termos de taxas instantâneas como:

$$\frac{dS}{dt} = I - O \quad (3.2)$$

A fração dS/dt denota a mudança do volume de armazenamento (S) com relação ao tempo (t), e I e O são as taxas de entrada e saída de volume em um determinado instante. Esta equação pode ser escrita para discretização do tempo (Δt) como:

$$\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O} \quad (3.3)$$

Os termos $\bar{I}$ e $\bar{O}$ são as médias das taxas de entrada e saída de volume durante um intervalo de tempo Δt . Esta expressão é aproximada como:

$$\frac{S_{t+\Delta t} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_{t+\Delta t} - I_t}{2} - \frac{O_{t+\Delta t} - O_t}{2} \quad (3.4)$$

3.2 Evaporação e Outros Ganhos e Perdas

Retiradas para a produção de benefícios através dos usos da água e os escoamentos superficiais são tipicamente os componentes de maior preocupação em estudos de modelagem de sistema de reservatório. A evaporação do reservatório é o outro fator mais importante neste processo. É freqüente

no semi-árido que em projetos de reservatório a quantidade de evaporação exceda as retiradas para os diversos usos.

3.2.1 Perdas e Ganhos da Água Superficial do Reservatório

Os volumes de evaporação do reservatório (E_i) para cada período de tempo (i) são computados tipicamente em um modelo multiplicando uma taxa de evaporação (e_i) pela média da área da superfície da água (A_i) durante o intervalo de tempo; área esta determinada como uma função do armazenamento.

$$E_i = A_i e_i \quad (3.5)$$

As unidades típicas são hm^3 para E_i ; milímetros para e_i ; e km^2 para A_i . A área média da superfície da água do reservatório (A_i) durante o intervalo de tempo pode ser estimada por:

$$A_i = \frac{(A_t - A_{t+\Delta t})}{2} \quad (3.6)$$

Na expressão, A_t e $A_{t+\Delta t}$ são as áreas no início e no final do intervalo de tempo Δt que são determinadas como uma função do volume armazenado no início e no final do intervalo.

A precipitação sob a bacia hidráulica e a evaporação são freqüentemente combinadas como uma taxa líquida. A chuva e a evaporação representam um ganho e uma perda, respectivamente, e são refletidas em um sinal positivo ou negativo dos valores da taxa líquida.

3.2.2 Outras Perdas e Ganhos do Reservatório

Perdas e ganhos de águas subterrâneas de um reservatório são extremamente difíceis de serem quantificadas. Perdas por infiltração e ganhos por recarga são consideradas desprezíveis e geralmente são ignoradas em estudos de análise de sistemas de reservatórios. A maioria dos reservatórios é construída em locais relativamente impermeáveis. A permeabilidade do reservatório tende a diminuir com o passar do tempo devido à sedimentação.

As considerações geotécnicas são importantes no estudo da seleção do local durante o planejamento de novos projetos de construção. Rochas fraturadas, rochas calcárias, ou materiais vulcânicos permeáveis no local do reservatório podem resultar em grandes vazamentos e assim haver uma grande perda de água no reservatório.

3.3 Equação do Balanço Hídrico

A equação do balanço hídrico após se detalhar as saídas devido à evaporação (E), a retirada controlada (R), e a não controlada (S) devido ao vertimento pode ser escrita sob a forma:

$$V_{t+1} = V_t + I_t - E_t - R_t - S_t \quad (3.7)$$

O termo S_t é o estoque de água no tempo t , A_t é a afluência no tempo t , E é a evaporação, R é a retirada controlada, e S é o vertimento (sangria).

3.4 Simulação do Balanço da Água no Reservatório

A equação da conservação do volume e a equação da força representam os conceitos fundamentais para os diversos modelos de análise dos diversos sistemas de reservatórios, inclusive os modelos de simulação e otimização de sistemas complexos de múltiplos propósitos.

3.4.1 Sistemas Reservatório/Rio

Um sistema reservatório/rio tipicamente inclui múltiplos reservatórios e exigências do uso da água. As bacias dos rios podem ser bastante complexas, com muitos reservatórios localizados em várias localidades. Os procedimentos de análise de sistema de reservatórios incorporam a modelagem do fluxo e o armazenamento da água pelos vários componentes do sistema. O cálculo computacional é tipicamente repetido consecutivamente através de intervalos de tempo. O armazenamento ao término de um tempo se torna o armazenamento no começo do outro intervalo. Alguns modelos de otimização calculam simultaneamente o armazenamento e o fluxo para todos os intervalos de tempo.

3.4.2 Controle de Inundação contra Operações Conservação do Armazenamento

Procedimentos de simulação variam entre o controle de inundação e as operações de conservação do armazenamento. O tempo computacional é uma consideração fundamental. Simulações de operações de controle de inundação envolvem curtos intervalos de tempo, já que os escoamentos variam rapidamente. Um evento de inundação principal com uma duração de vários dias ou semanas é tipicamente simulado com uma hora ou um dia de intervalo de tempo. A evaporação é desprezível durante um evento de inundação.

Abastecimento de água, produção hidroelétrica e outras exigências do uso da água são as maiores preocupações nas operações de conservação do armazenamento. Neste caso, as perdas por evaporação são importantes. São adotados intervalos de tempo mais longos nas operações de análise de conservação do armazenamento. Embora intervalos de tempo diários ou semanais sejam comuns, um intervalo mensal é o mais típico para os estudos de planejamento.

3.5 Análise de Desempenho

A análise de desempenho pode ser realizada através de parâmetros do sistema ou através da avaliação de objetivos, metas e propósitos do sistema. Descreve-se a seguir a abordagem feita através de parâmetros, a qual foi utilizada no presente trabalho.

3.5.1 Parâmetros

a) Falha Percentual

Várias definições de probabilidade de falha de um reservatório são apresentadas na literatura técnica. Provavelmente, a mais comum define a probabilidade de falha de um reservatório como a razão do tempo em que o reservatório está vazio com o tempo total de simulação. Conseqüentemente:

$$P_e = \frac{n_e}{n} \quad (3.8)$$

O termo n_e representa o tempo no qual o reservatório está vazio e o termo n o tempo total da simulação.

A definição anterior não é muito realista para muitas situações. Por exemplo, para um reservatório de água da cidade, nunca seria permitido o seu esvaziamento. Assim, seriam aplicadas restrições em liberações de água. Uma definição alternativa algumas vezes usada é:

$$P_r = \frac{n_r}{n} \quad (3.9)$$

Na expressão, “ n_r ” é o número de meses durante os quais as restrições são necessárias, ou seja, o número de meses durante os quais o reservatório não pode suprir a demanda determinada segundo a regra operacional adotada e “ n ” é o número de meses total da simulação.

b) Falha Volumétrica

A falha volumétrica de um reservatório pode ser definida pela relação entre o volume total necessário para suprir uma demanda determinada segundo a regra de operacional adotada e o volume que faltou para completar o volume demandado. Assim, temos:

$$P_v = \frac{n_v}{n} \quad (3.10)$$

O termo n_v diz respeito ao volume que faltou para completar o volume demandado e o termo n ao volume demandado.

c) Duração da Falha

A duração da falha pode ser definida como o tempo, geralmente em meses, em que o reservatório não atingiu ao objetivo a ele atribuído. Para efeito de análise de resultados, é comum determinar a duração média, máxima e mínima das falhas.

d) Severidade da Falha

A severidade da falha pode ser definida como o volume que faltou para o reservatório atingir a sua meta durante um determinado período de falha. Para efeito de análise de resultados, é comum determinar a severidade média, máxima e mínima das falhas.

e) Magnitude da Falha

A magnitude da falha pode ser definida como a razão entre a severidade e a duração de cada falha. Para efeito de análise de resultados, é comum determinar a magnitude média, máxima e mínima das falhas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de analisar a incerteza da oferta hídrica no processo de outorga, foram realizadas simulações utilizando modelo de operação de reservatórios mensal e anual, com base em dados de vazão das séries históricas obtidos da bacia de Orós. A seguir, são demonstrados e discutidos os dois casos citados.

4.1 Simulação – Modelo de Operação de Reservatório Mensal

Por meio de dados de vazão obtidos da série histórica mensal da bacia de Orós, foi possível montar planilhas que permitem fazer a simulação de uma operação de reservatório, mostrando como se comportam as garantias e falhas (em termos de eventos e volumes) à medida que são alteradas as vazões de regularização, bem como a duração dessas falhas. Para tanto, o processo foi trabalhado em cima de três diferentes volumes de armazenamento iniciais, sendo o primeiro igual a zero, o segundo igual à metade do volume máximo da série histórica mensal e, por fim, o terceiro como sendo igual ao volume máximo da mesma. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos.

Tabela 1 - Comportamento das garantias (eventos e volumes) e da duração das falhas em termos mensais para diferentes vazões de regularização e volumes de armazenamento iniciais.

Volume inicial = 0				Volume inicial = 970 hm³ (metade do máximo)				Volume inicial = 1940 hm³ (máximo)			
Regularização (hm³/mês)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)	Duração (meses)	Regularização (hm³/mês)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)	Duração (meses)	Regularização (hm³/mês)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)	Duração (meses)
40	1,00	1,00	1	40	1,00	1,00	0	40	1,00	1,00	0
50	0,99	0,99	7	50	0,99	0,99	7	50	0,99	0,99	7
60	0,95	0,95	13	60	0,95	0,96	13	60	0,95	0,96	13
70	0,89	0,90	22	70	0,89	0,91	22	70	0,89	0,91	22
80	0,82	0,84	32	80	0,83	0,85	32	80	0,84	0,86	32
90	0,76	0,79	36	90	0,77	0,79	36	90	0,78	0,80	36
100	0,70	0,73	36	100	0,71	0,74	36	100	0,71	0,74	36
110	0,64	0,68	44	110	0,65	0,69	44	110	0,65	0,69	44
120	0,59	0,63	48	120	0,60	0,64	48	120	0,60	0,65	48
130	0,55	0,60	48	130	0,56	0,60	48	130	0,56	0,61	48
140	0,51	0,56	49	140	0,52	0,57	49	140	0,53	0,57	49
150	0,48	0,53	50	150	0,49	0,54	50	150	0,49	0,54	50
160	0,45	0,50	50	160	0,45	0,51	50	160	0,46	0,51	50
170	0,42	0,48	51	170	0,43	0,48	51	170	0,43	0,49	51
180	0,40	0,45	52	180	0,40	0,46	52	180	0,40	0,46	52
190	0,37	0,43	53	190	0,38	0,44	53	190	0,38	0,44	53
200	0,36	0,41	53	200	0,36	0,42	53	200	0,36	0,42	53
210	0,34	0,40	54	210	0,34	0,40	54	210	0,35	0,40	54
220	0,33	0,38	55	220	0,33	0,38	55	220	0,33	0,39	55
230	0,31	0,36	56	230	0,31	0,37	56	230	0,31	0,37	56
240	0,29	0,35	56	240	0,29	0,35	56	240	0,30	0,36	56
250	0,27	0,34	58	250	0,28	0,34	58	250	0,28	0,35	58

De acordo com o que foi exposto pela Tabela 1, pode-se perceber que o volume de armazenamento inicial não influencia na variação das garantias e nem mesmo na duração das falhas; todos os valores são praticamente os mesmos para os três volumes.

Já quanto às vazões de regularização, estas sim interferem diretamente nas garantias e durações de falha estabelecidas. Quanto maior a vazão de regularização, menor a garantia (tanto em termos de evento, como em termos de volume) e, conseqüentemente, maior a duração de falha.

Outro ponto que vale ser ressaltado é a comparação entre as garantias em termos de eventos e em termos de volume. Elas começam com valores iguais, mas logo passam a ter diferença, sendo a primeira sempre menor que a segunda.

Para melhor visualizar os fatos citados e comparados, seguem os gráficos de garantias versus vazão de regularização para cada um dos volumes de armazenamento iniciais trabalhados (figuras 1, 2 e 3), bem como o gráfico de duração de falhas versus vazão de regularização (figura 4).

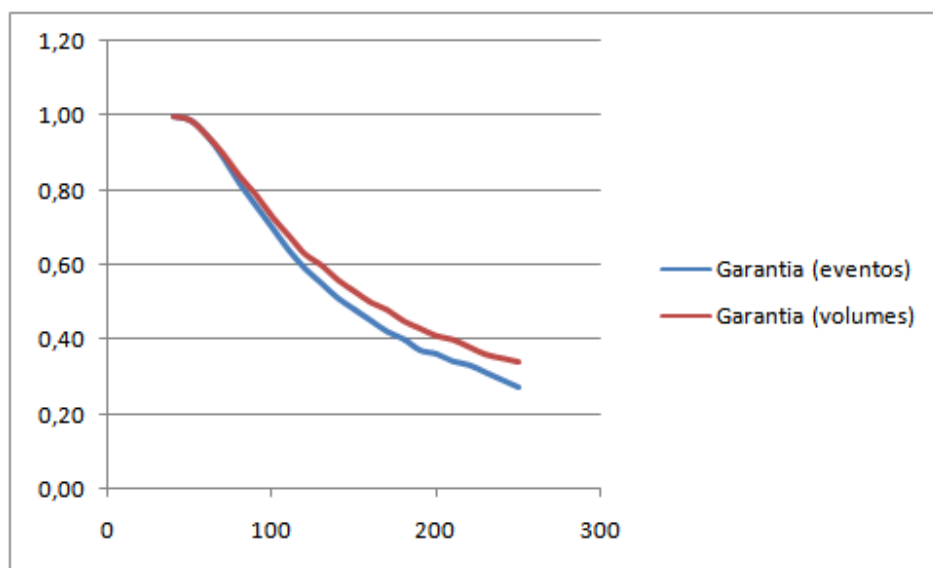


Figura 1 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos mensais para um volume de armazenamento inicial igual a zero.

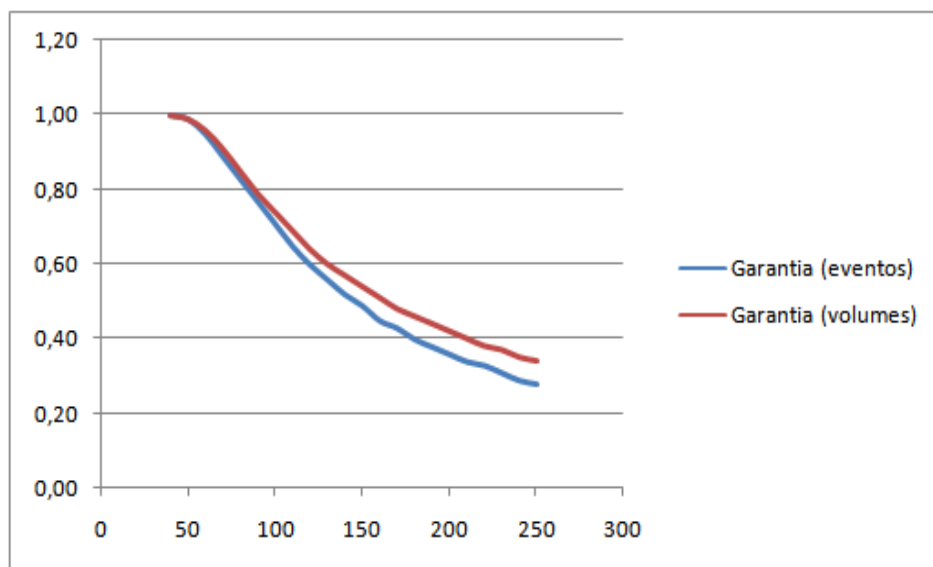


Figura 2 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos mensais para um volume de armazenamento inicial igual a 970 hm³.

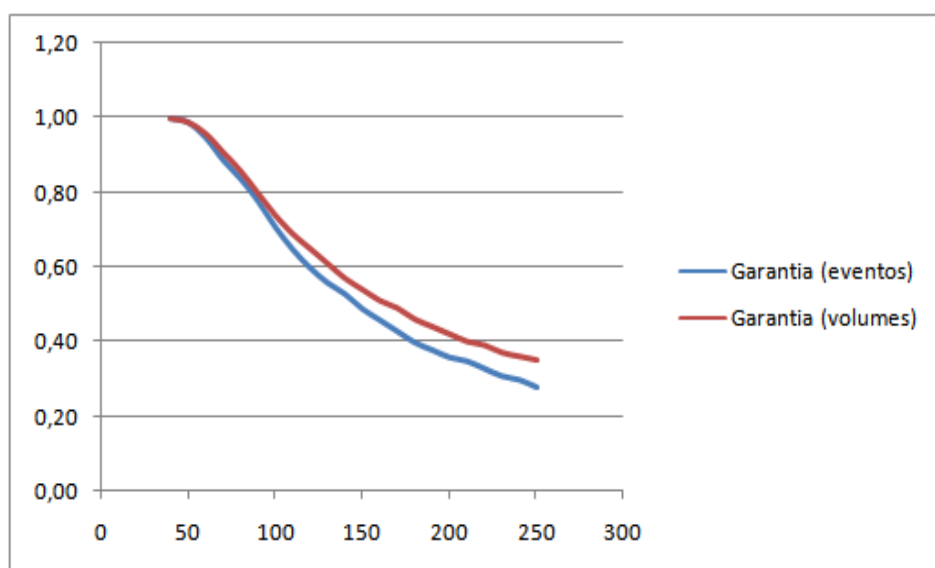


Figura 3 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos mensais para um volume de armazenamento inicial igual a 1940 hm³.

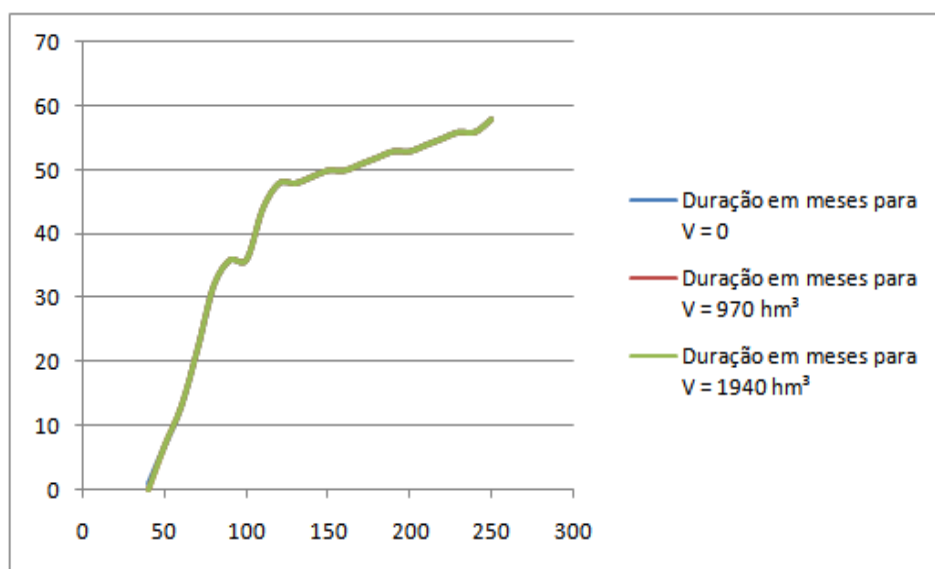


Figura 4 – Gráfico de duração de falhas em meses versus vazão de regularização.

Os três primeiros gráficos apresentados (figuras 1, 2 e 3) confirmam o que foi dito anteriormente sobre a não influência do volume de armazenamento inicial em relação às garantias. Pode-se perceber que, para os três volumes trabalhados, os gráficos são praticamente os mesmos. Além disso, é também mostrada a comparação entre as garantias em termos de eventos e em termos de volumes, ou seja, elas começam iguais e depois se diferenciam, sendo a segunda sempre maior que a primeira, como já mencionado antes.

Quanto ao quarto gráfico (figura 4), que mostra a variação da duração da falha em relação à vazão de regularização para cada volume trabalhado, fica ilustrado que realmente o volume de armazenamento inicial não influi, pois as três curvas são iguais. E, além disso, comprova-se que quanto maior é a vazão de regularização maior será a duração da falha, como também já dito anteriormente.

4.2 Simulação – Modelo de Operação de Reservatório Anual

Utilizando dados de vazões geradas, agora em termos anuais, da série histórica da bacia de Orós, também foi possível construir planilhas capazes de realizar uma simulação de operação de reservatório. Sendo assim, pode-se mostrar o comportamento das garantias e falhas (em termos de eventos e volumes) à medida que são alteradas as vazões de regularização. O processo foi trabalhado em cima dos três mesmos volumes usados no item anterior: o primeiro igual a zero, o segundo igual à metade do volume máximo da série histórica mensal e, por fim, o terceiro como sendo igual ao volume máximo da mesma. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos.

Tabela 2 - Comportamento das garantias (eventos e volumes) em termos anuais para diferentes vazões de regularização e volumes de armazenamento iniciais.

Volume inicial = 0			Volume inicial = 970 hm³ (metade do máximo)			Volume inicial = 1940 hm³ (máximo)		
Regularização (hm³/ano)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)	Regularização (hm³/ano)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)	Regularização (hm³/ano)	Garantia (eventos)	Garantia (volumes)
200	1,00	1,00	200	1,00	1,00	200	1,00	1,00
300	0,99	1,00	300	0,99	1,00	300	0,99	1,00
400	0,97	0,99	400	0,97	0,99	400	0,97	0,99
500	0,91	0,96	500	0,91	0,96	500	0,91	0,96
600	0,83	0,92	600	0,83	0,92	600	0,83	0,92
700	0,74	0,87	700	0,74	0,87	700	0,74	0,87
800	0,66	0,81	800	0,66	0,81	800	0,66	0,81
900	0,55	0,76	900	0,55	0,76	900	0,55	0,76
1000	0,46	0,71	1000	0,46	0,71	1000	0,46	0,71
1100	0,39	0,66	1100	0,39	0,66	1100	0,39	0,66
1200	0,35	0,62	1200	0,35	0,62	1200	0,35	0,62
1300	0,31	0,58	1300	0,31	0,58	1300	0,31	0,58
1400	0,28	0,55	1400	0,28	0,55	1400	0,28	0,55
1500	0,25	0,52	1500	0,25	0,52	1500	0,25	0,52
1600	0,23	0,49	1600	0,23	0,49	1600	0,23	0,49
1700	0,21	0,46	1700	0,21	0,46	1700	0,21	0,46
1800	0,20	0,44	1800	0,20	0,44	1800	0,20	0,44
1900	0,00	0,42	1900	0,00	0,42	1900	0,00	0,42
2000	0,00	0,40	2000	0,00	0,40	2000	0,00	0,40
2100	0,00	0,38	2100	0,00	0,38	2100	0,00	0,38
2200	0,00	0,36	2200	0,00	0,36	2200	0,00	0,36
2300	0,00	0,35	2300	0,00	0,35	2300	0,00	0,35

Observando a Tabela 2, pode-se perceber que o volume de armazenamento inicial, assim como foi mostrado no item anterior em termos mensais, não influencia na variação das garantias; todos os valores são iguais para os três volumes.

Também fica fácil perceber que as garantias são diminuídas à medida que as vazões de regularização são aumentadas e que existe diferença entre os dois tipos de garantia, sendo sempre maior em termos de volumes. Estes fatos foram igualmente discutidos no item anterior.

Com o intuito de visualizar os pontos que foram ressaltados através das observações feitas utilizando a tabela 2, seguem abaixo os gráficos de garantias versus vazão de regularização para cada um dos volumes de armazenamento iniciais trabalhados (figuras 5, 6 e 7).

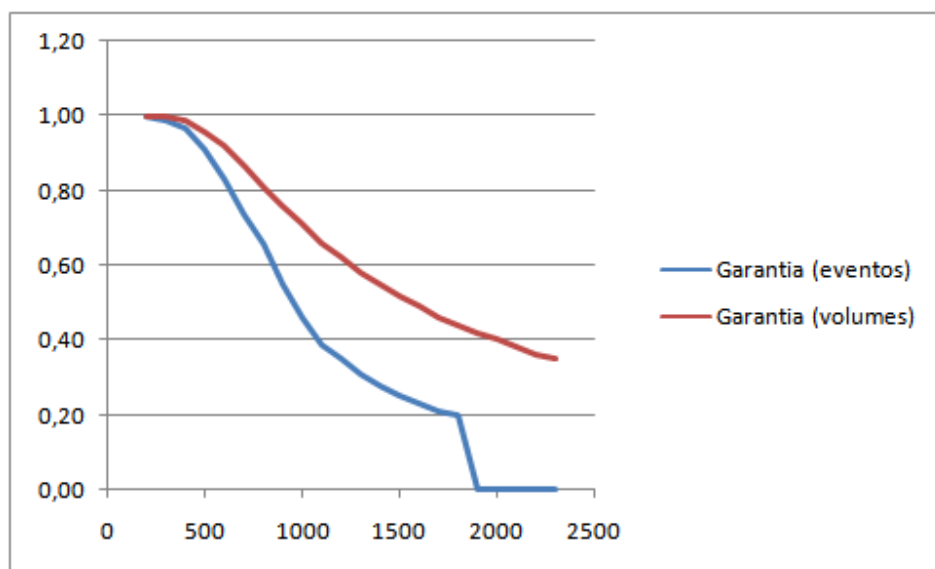


Figura 1 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos anuais para um volume de armazenamento inicial igual a zero.

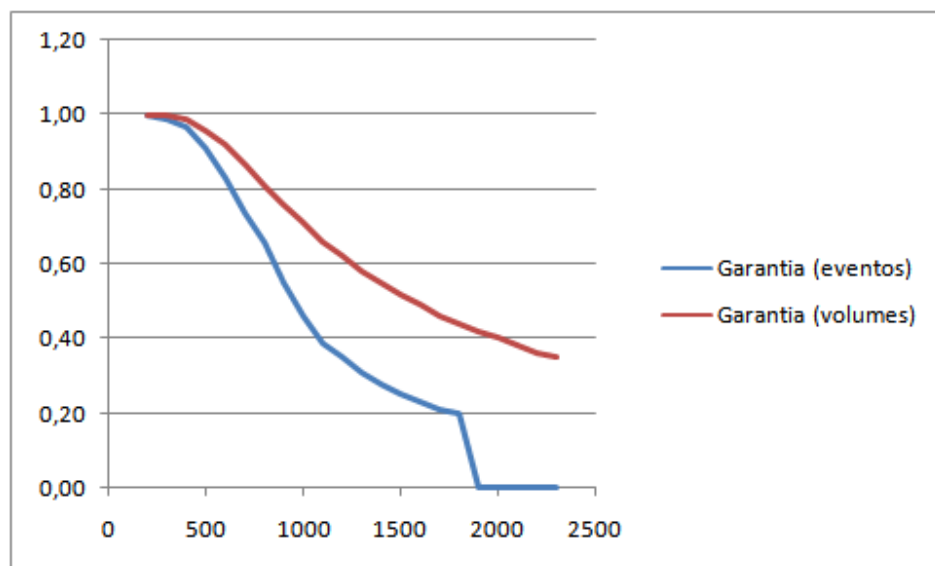


Figura 2 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos anuais para um volume de armazenamento inicial igual a 970 hm³.

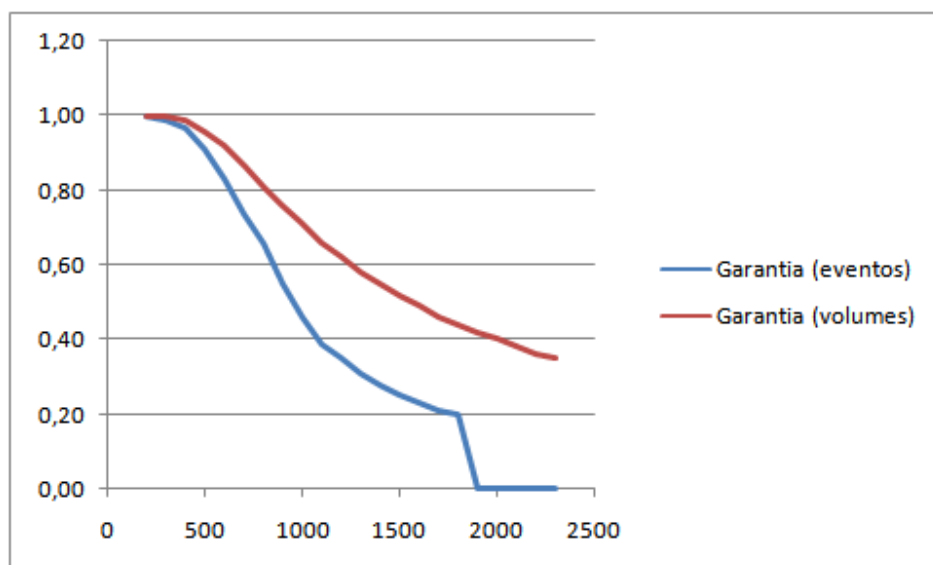


Figura 3 - Gráfico de garantias (eventos e volumes) versus vazão de regularização em termos anuais para um volume de armazenamento inicial igual a 1940 hm³.

Com os três gráficos apresentados (figuras 5, 6 e 7), pode-se concluir o que foi demonstrado no item 4.1, ou seja, é confirmada a não influência do volume de armazenamento inicial em relação às garantias, uma vez que, para os três volumes trabalhados, os gráficos são iguais. É também mostrada a comparação entre as garantias em termos de eventos e em termos de volumes, onde elas começam iguais e depois se diferenciam, sendo a segunda sempre maior que a primeira, como já mencionado antes.

5. CONCLUSÃO

Tomar decisão consiste em escolher a melhor alternativa de acordo com critérios estabelecidos, a partir de uma quantidade de informações, com o propósito de atingir certo objetivo. Nos sistemas de recursos hídricos, existe a aleatoriedade básica dos processos hidrológicos, ou a incerteza hidrológica, que estabelece a disponibilidade de água.

A outorga garante ao usuário o direito de uso da água desde que condicionado à disponibilidade hídrica. Do estudo das séries temporais de vazões associado às probabilidades de ocorrência, é que provêm as informações relativas à disponibilidade hídrica, obtidas por diferentes métodos ou funções. Para a análise da incerteza da oferta hídrica, com as simulações realizadas no presente trabalho, pode-se perceber que maiores garantias estão associadas a menores volumes.

Os dados de vazão das séries históricas são utilizados pelos órgãos gestores dos recursos hídricos para o estabelecimento das chamadas vazões de referência, que se caracterizam por possibilitar a determinação dos limites de vazões de retirada outorgadas para atendimento usos múltiplos da água de um corpo hídrico. Assim, a utilização de séries históricas incompletas pode levar a uma definição equivocada destes limites e provocar a exaustão do manancial ou subutilizar uma fonte disponível de água de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, L. G. T. et al. **Sistemas de Suporte à Decisão para a outorga de Direitos de Uso da Água no Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Banco Mundial, 2003.
- BARROS, W. P. **A água na visão do direito**. Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- BEZERRA, A. de M. 2008. **Avaliação da aplicação da outorga de direito de uso dos recursos hídricos no estado do Ceará**. 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- CONEJO, J. G. L. A outorga de usos da água como instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista de Administração Pública**, abr/jun 1993, vol. 1, no. 1, p. 28–62.
- COSTA, F. J. L. da. **Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial**. 1. ed. Brasília: Banco Mundial, 2003.
- CRUZ, J. C. **Disponibilidade Hídrica para a Outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- POMPEU, C. T. 1993. Aspectos legais do gerenciamento dos recursos hídricos: bases legais para a outorga do uso da água. In: **Encontro sobre Gerenciamento de Recursos Hídricos da Região Centro-Oeste/Tocantins**. Goiânia: Gráfica de Goiás, 1993.
- PORTO, M. F. A. **Sistemas de Gestão da Qualidade das Águas: uma proposta para o caso brasileiro**. 2002. Tese (Livre Docência em Engenharia Ambiental) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos**. ANEEL/ANA, 2001.