

ALOCAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO: CENÁRIOS CLIMÁTICOS PRESENTE E FUTURO NO CONTEXTO DA DEMANDA DO PRESENTE

*Cybelle Frazão Costa Braga*¹

Resumo – Cada vez mais se observa conflitos de água em função de elevadas demandas frente a disponibilidade hídrica. Assim, a alocação de água se estabelece como ação de gestão de recursos hídricos, que objetiva atender as demandas dos usuários nos aspectos de quantidade e qualidade. Em cenários com mudanças climáticas, estes conflitos podem ficar ainda mais críticos. Assim, este artigo apresenta estudo de alocação de água em cenários sem e com mudanças climáticas para duas bacias do nordeste brasileiro, mantendo a demanda no cenário presente (século XX).

Palavras-Chave – mudanças climáticas, alocação de água.

ALLOCATION OF WATER IN HYDROSYSTEMS: PRESENT AND FUTURE CLIMATE SCENARIOS IN THE FRAMEWORK OF THIS DEMAND

Abstract – Increasingly observed water conflicts due to high demands facing water availability. Thus, the allocation of water is established as the action of water resources management, which aims to meet the demands of users in the aspects of quantity and quality. In scenarios with climate change, these conflicts can be even more critical. Thus, this paper presents the study of water allocation scenarios with and without climate change for two basins in northeastern Brazil, keeping the demand in present scenario (twentieth century).

Keywords – climate change; water allocation.

INTRODUÇÃO

As soluções dos conflitos de uso dos recursos hídricos requerem foco em sua gestão integrada. Estes conflitos vêm sendo potencializados pelo acentuado crescimento populacional e expansão das atividades econômicas, que contribuem para elevação na demanda, a qual combinada à variabilidade hidrológica e mudanças climáticas, resultam em eventos de escassez hídrica cada vez mais frequentes e intensos. Esse contexto é ainda agravado pelo ineficiente da água, ineficiência dos sistemas de distribuição, crescente níveis de poluentes lançados aos corpos hídricos, reduzidos investimentos financeiros nos setores nas últimas décadas.

A alocação de água apresenta-se como uma ferramenta de gestão de recursos hídricos eficaz para distribuir (alocar) água entre os diversos usos desde que (Cap-net, 2008) garanta o conhecimento dos principais usuários e adote princípios de uso sustentável, eficiência econômica e equidade social.

Neste contexto, a perspectiva das mudanças climáticas e para a região semiárida brasileira com o aumento da temperatura e redução na precipitação, e consequente aumento da frequência de eventos de seca, indica o papel importante de estudos de longo prazo com cenários futuros que incorporem tais mudanças.

¹ Consultora Banco Mundial. cybellefrazao@yahoo.com.br

Este artigo relata a componente de alocação de água do estudo “Planejamento de Recursos Hídricos e Adaptação à Variabilidade e Mudança Climáticas em Bacias Hidrográficas Seleccionadas no Nordeste do Brasil” desenvolvido pelo Banco Mundial, com objetivo de avaliar os impactos das mudanças climáticas na gestão de recursos hídricos (Banco Mundial, 2012).

ÁREA DE ESTUDO

As bacias dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe (Figura 1) foram escolhidas para o desenvolvimento do estudo, uma vez que estão inseridas no semiárido brasileiro e têm papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico desta região.



Figura 1 - Bacias Hidrográficas dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe

O uso da água superficial perenizada nessas condições depende diretamente da política de operação dos reservatórios, sob a qual se desenvolveram as principais demandas hídricas da região, localizadas nos chamados “vales perenizados”, e aqui denominados de hidrossistemas. No presente estudo adotou-se na simulação da alocação da água nos principais vales perenizados das bacias dos

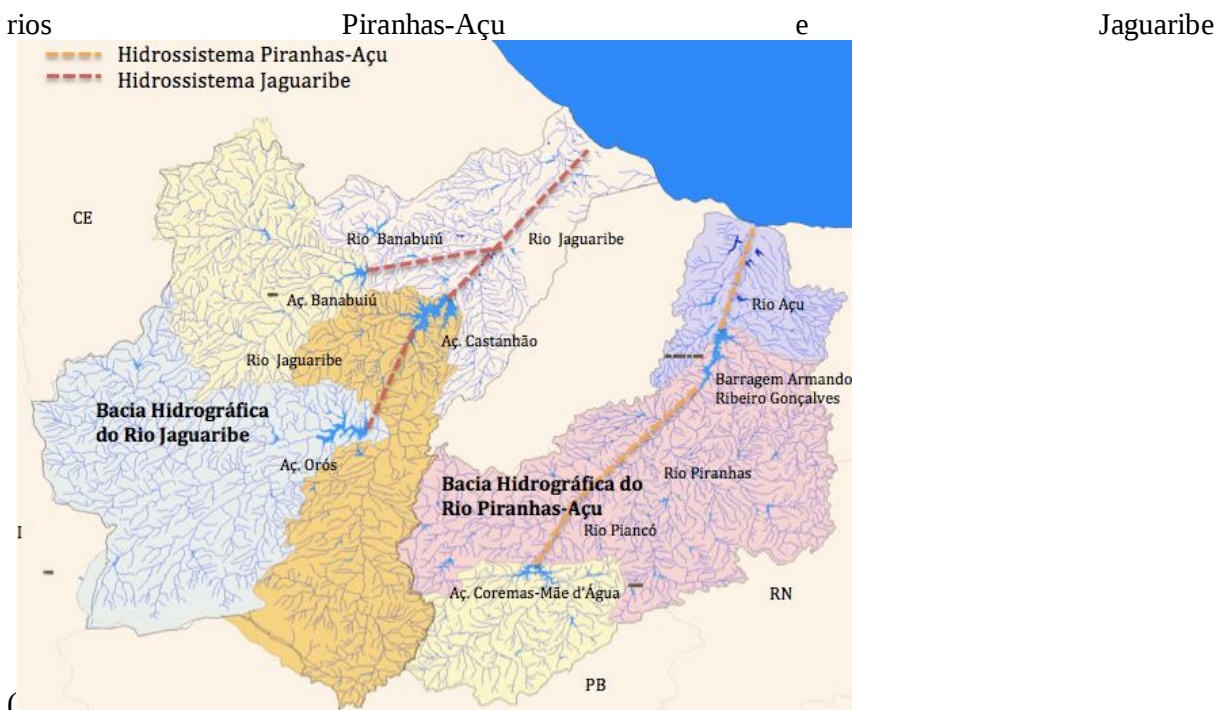


Figura 1).

Nas bacias dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe as demandas setoriais seguem esta tendência de ancorar o desenvolvimento regional na agricultura face às políticas públicas. A partir dos levantamentos de cadastros e outorgas realizados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH (ANA), e nos cadastros dos Estados do Ceará (COGERH), Paraíba (AESAPB) e Rio Grande do Norte (SEMARH-RN), identificou-se a distribuição das demandas setoriais das bacias para o ano de 2011 (b)

Figura 2) (Banco Mundial, 2012).

Na Bacia do rio Piranhas-Açu observa-se a predominância da irrigação, seja ela difusa que ocorre em maior parte da bacia, ou em perímetros públicos e privados mais localizados na porção mais baixa da bacia. A aquicultura representa o segundo maior uso da bacia, o setor é impulsionado pela carcinicultura do Baixo Açu. O uso industrial tem um destaque das tecelagens dos municípios de São Bento e Jardim de Piranhas, na divisa PB/RN.

Na bacia do Jaguaribe os dados indicam uma predominância da irrigação muito forte, seguida da demanda para o Eixão das Águas para atender usos difusos e em especial o perímetro irrigado do Tabuleiro de Russas, a Região Metropolitana de Fortaleza e o Porto do Pecém.

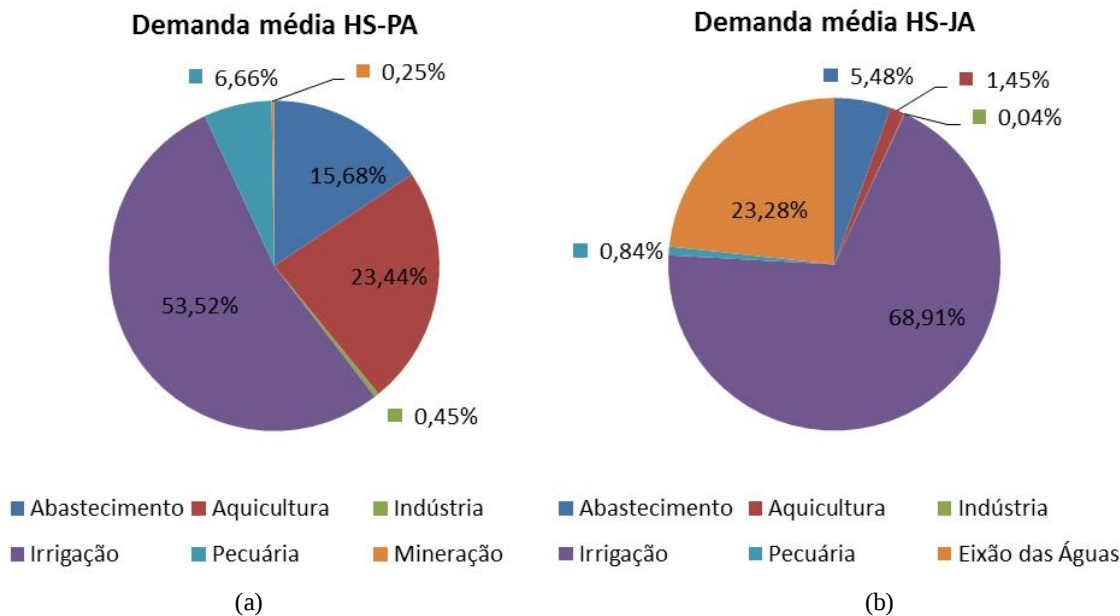


Figura 2 - Distribuição percentual das demandas setoriais do (a) HS-PA e (b) HS-JA (2011)

METODOLOGIA

Comumente nos processo de alocação utilizam-se modelos matemáticos para simular os sistemas hídricos e gerar cenários possíveis que subsidiam a tomada de decisão. Estes modelos podem ser de simulações e otimização.

Para a modelagem de sistemas físicos a literatura apresenta uma vasta quantidade de modelos de simulação e otimização (Andreau et al (1996); Porto (2002); Matrosov et al (2011)). Entretanto, optou-se por escolher um modelo de simulação gratuito, de comunicação usuário-computador amigável e que já possuísse um histórico positivo de aplicações no Brasil e emprego por órgãos gestores. O sistema que melhor se enquadrou nesse contexto foi o modelo generalizado de rede de fluxo Acquanet (Porto, 2002), sendo, portanto escolhido para o presente estudo. O Acquanet representa o sistema com uma rede de nós e elos (links); distribui a água de acordo com prioridades (preferências) estabelecidas pelo usuário e utiliza algoritmos matemáticos extremamente eficientes para a simulação da alocação da água em sistemas hídricos.

Na modelagem foram adotadas algumas estratégias de alocação (Tabela 1) foram concebidas nesse trabalho com a finalidade de avaliar e comparar o comportamento e desempenho do sistema hídrico estudado sob diferentes condições presentes e futuras. Desta forma, as estratégias apresentam diferentes combinações de prioridades de abastecimento de água e regimes de operação de infraestrutura, cuja configuração foi concebida para (a) recriar condições próximas às atuais (cenário base ou de referencia) e (b) explorar outras possibilidades e combinações possíveis, buscando reavaliar algumas operações e critérios de alocação da água atuais.

Tabela 1 - Estratégias de alocação segundo oferta e demanda.

Estratégia de Alocação	Oferta	Demanda e prioridades	Observação
------------------------	--------	-----------------------	------------

EA11	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, sem transposição.	Demanda Urbana: P1 Vol. Reservatório: P2 Demanda Irrigação: P3 Demanda Indústria P3	Configuração com maior prioridade ao atendimento urbano e menor flexibilidade. Após atendimento ao uso urbano em um dado time step, a água restante será prioritariamente armazenada, de modo a atender demanda urbana no futuro. Irrigação e indústria recebem atendimento com prioridade última. Esta configuração provavelmente se aproxima mais das operações atuais.
EA12	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, com transposição.		
EA21	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, sem transposição.	Demanda Urbana: P1 Vol. Reservatório: P3 Demanda Irrigação: P2 Demanda Indústria P2	Um pouco mais flexível que EP1, nesta configuração a demanda urbana ainda tem a maior prioridade, porém as demandas Irrigação e indústria têm prioridade sobre o armazenamento no reservatório. A água que sobrar em um dado time step, após atendimento a todas as demandas (urbana, irrigação e indústria) é armazenada, ficando disponível para atender a demanda urbana prioritária no próximo time step.
EA22	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, com transposição.		

Obs: EA = Estratégia de Alocação. P1, P2, P3, P4 e P5 são códigos de prioridades, de modo que P1 significa a prioridade mais alta (recebe água primeiro) e P5 a prioridade mais baixa (recebe água por último). Assim, temos $P1 > P2 > P3 > P4 > P5$.

Este estudo adotou os cenários climáticos presente (século XX) e futuro (B1 e A2) para simular a alocação de água, considerando a demanda do século XX (Figura 3). Optou-se por cenários com foco otimista (mais ambiental e global) e pessimista (mais econômico e regional) para avaliar o impacto das mudanças climáticas no atendimento as demandas de água do presente e na evolução volumétrica dos principais reservatórios dos hidrossistemas adotados (IPCC, 2002).



Figura 3 - Componentes do estudo e cenários: clima, hidrologia, demanda e alocação.

RESULTADOS

O período que representou o século XX foi 1971-2000 e o século XXI foi 2040-2071. As Tabela 2 e Tabela 3 apresentam em detalhes os aumentos e reduções percentuais em precipitação, evapotranspiração potencial e deflúvio superficial médios anuais para as duas bacias estudadas e cenários B1 e A2 (Banco Mundial, 2012).

Tabela 2. Aumentos e reduções percentuais em precipitação, evapotranspiração potencial e deflúvio superficial médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário B1 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.

Reservatório	P (mm)			ETP (mm)			Q (mm)		
	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR
Banabuiú	0,01	-0,04	-0,24	0,02	0,02	0,12	-0,05	-0,20	-0,73
Castanhão	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	0,13	0,01	-0,07	-0,26
Orós	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,13	0,00	-0,05	-0,21
A.R.G.	0,00	-0,05	-0,06	0,03	0,04	0,11	-0,15	0,06	-0,13
C.-M.	0,00	-0,13	-0,07	0,03	0,04	0,12	-0,14	-0,44	-0,47

Fonte: (Banco Mundial, 2012).

Tabela 3- Aumentos e reduções percentuais em precipitação, evapotranspiração potencial e deflúvio superficial médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário A2 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.

Reservatório	P (mm)			ETP (mm)			Q (mm)		
	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR
Banabuiú	0,06	0,02	-0,05	0,02	0,03	0,14	0,04	0,02	0,00
Castanhão	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,05	0,15	0,02	-0,01	0,02
Orós	0,01	0,05	-0,02	0,02	0,05	0,15	0,03	0,06	-0,09
A.R.G.	0,03	-0,03	-0,05	0,03	0,06	0,13	0,06	-0,01	-0,04
C.-M.	-0,01	0,00	-0,11	0,03	0,05	0,14	0,00	-0,02	-0,08

Fonte: (Banco Mundial, 2012).

Piranhas-Açu

As estratégias não apresentaram muitas diferenças no atendimento das demandas. Quanto a vulnerabilidade do sistema nos cenários de mudanças climáticas (Tabela 4), fica claro que o cenário A2, mais pessimista, representará também as piores condições de atendimento as demandas de uso da água e com os maiores, chegando a cerca de 82% abaixo do volume meta no reservatório Coremas-Mãe d'Água e 58% para o Armando Ribeiro Gonçalves, nas estratégia EA21 para o modelo MIMR. O uso mais vulnerável foi a irrigação, quando a prioridade de abastecimento é absoluta a falha chega a 57% modelo MIMR o que representa um déficit de 6,74 m³/s. Vale destacar que a demanda de irrigação do futuro tende a aumentar em virtude do possível aumento da área irrigada e da temperatura, frente a tendência de crescimento do PIB da bacia e das mudanças climáticas, respectivamente. O que traria uma situação preocupante para a região.

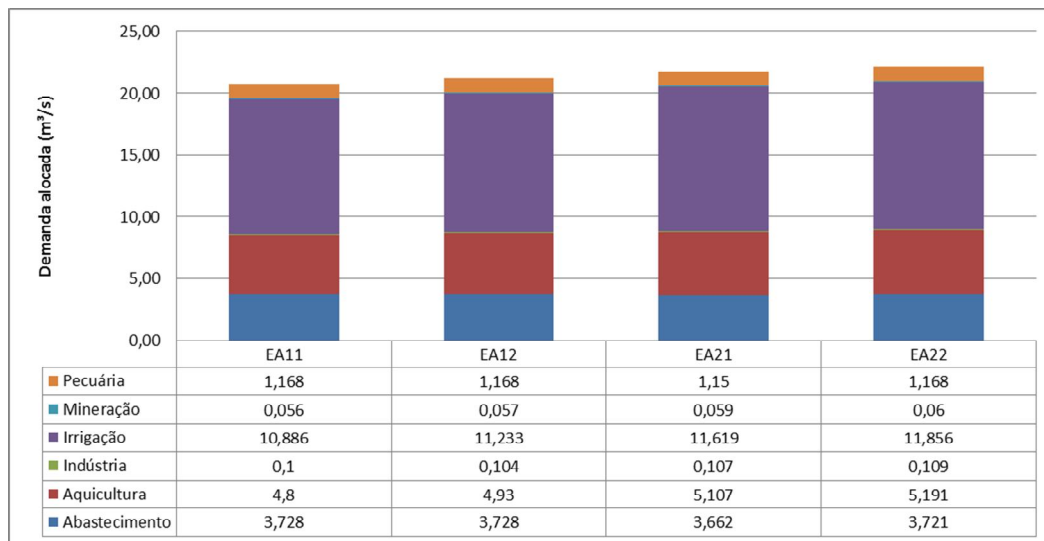


Figura 4 - Vazões médias alocadas por uso e por estratégia – Século XX – Piranhas-Açu (MIMR)

Tabela 4 - Vulnerabilidade Século XX e XXI– HS-PA modelo MIMR, BCM2

Cenário		Estratégia	BCM2			MIMR					
			Frequência abaixo do Volume Meta (%)		Falha Irrigação (%)	Falha abastecimento (%)	Frequência abaixo do Volume Meta (%)		Falha Irrigação (%)	Falha abastecimento (%)	
			COR-MÃE	ARG			COR-MÃE	ARG			
Século XX		EA11	4,89	6,32	7,09	0	7,47	6,61	8,05	0	
		EA12	3,16	3,74	4,7	0	4,02	4,89	5,43	0	
		EA21	12,07	12,07	1,22	0,62	15,23	12,36	1,82	1,49	
		EA22	9,77	11,21	0	0	7,47	7,47	0,31	0,1	
Século XXI		B1	EA11	6,67	7,22	7,43	0	39,44	2,5	19,17	0
			EA12	3,89	5,56	5,63	0	10,83	0	3,87	0
			EA21	11,67	8,06	2,45	1,62	53,06	15,28	7,22	6,81
			EA22	8,89	5,83	1,04	0,28	30,83	5,83	0	0
		A2	EA11	10,83	11,11	11,78	0	67,78	47,78	57,06	0
			EA12	5,56	6,11	6,78	0	42,78	43,06	44,45	0
			EA21	28,06	17,22	4,35	3,42	81,67	54,17	37,08	31,32
			EA22	13,33	13,61	1,69	0,69	80,83	52,78	28,73	11,64

Obs: COR-MAE = Coremas-Mãe d'Água; ARG=Armando Ribeiro Gonçalves.

Jaguaribe

O Hidrossistema Jaguaribe apresenta uma condição confortável no atendimento a suas demandas atuais para quase todas as estratégias de alocação simuladas (Figura 5). Observou-se que apesar das mudanças climáticas o sistema teria condições de atender as demandas com quase nenhuma falha para o modelo INCM3 (Tabela 5), enquanto que para o modelo MIMR têm-se impactos mais significativos para os cenários B1 e A2 com comportamento até semelhante. Os

resultados do modelo MIMR apresentam uma situação bem mais crítica do sistema, amenizada nas estratégias que incorporam o aporte da transposição, mas que pode representar um alerta aos tomadores de decisão da necessidade de planejar a implementação de medidas adaptativas e mitigadoras, como gestão da demanda de água, por exemplo.

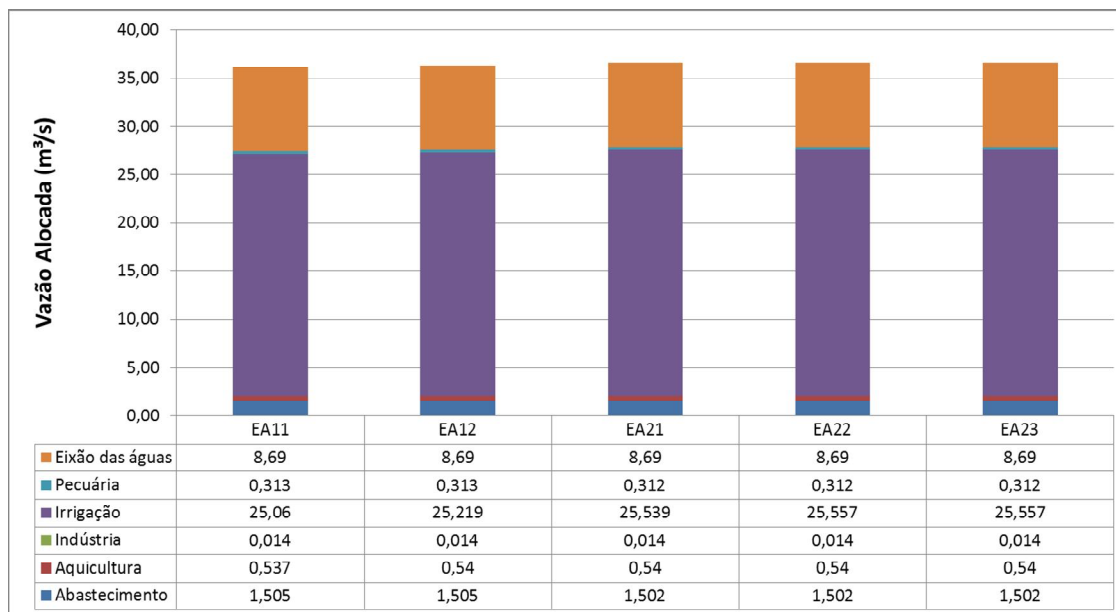


Figura 5 Vazões médias alocadas por uso e por estratégia – Século XX – Jaguaribe-MIMR

Tabela 5 Vulnerabilidade Século XX e XXI– HS-JA modelo MIMR, INCM3

Cenário		Estratégia	INCM3				MIMR						
			Frequência abaixo do Volume Meta (%)			Falha Irrigação (%)	Falha abastecimento (%)	Frequência abaixo do Volume Meta (%)			Falha Irrigação (%)	Falha abastecimento (%)	
			OROS	CAS	BAN			OROS	CAS	BAN			
Século XX		EA11	1,72	1,44	2,01	2,28	0	2,87	0	6,03	2,27	0	
		EA12	0	0	0	0	0	0	0	6,03	1,39	0	
		EA21	4,31	3,45	5,75	0	0	3,45	0	6,32	0,46	0,23	
		EA22	0	0	0	0	0	0	0	6,32	0,46	0,23	
Século XXI		B1	EA11	0	0	2,22	0,68	0	35,28	36,39	28,33	29,02	0
			EA12	0	0	0,56	0,15	0	0	5,28	25,56	10,02	0
			EA21	0	0	4,72	0	0	58,33	61,39	41,67	6,11	2,76
			EA22	0	0	1,11	0	0	6,94	15,83	38,33	4,51	2,08
		A2	EA11	0	0	0	0	0	33,06	30,28	26,11	29,34	0
			EA12	0	0	0	0	0	0	2,22	19,72	7,54	0
			EA21	0	0	0	0	0	57,5	61,11	54,44	6,07	2,49
			EA22	0	0	0	0	0	5	11,67	42,22	1,77	0,66

Obs: CAS = Castanhão; BAN = Banabuiú.

CONCLUSÕES

As principais “forçantes” da alocação são o clima, hidrologia e a demanda, alguns cenários apresentaram indicativos de criticidade para alguns modelos climáticos, para os ambos hidrossistemas, mas principalmente no Piranhas-Açu.

A diversidade de estratégias de alocação permitiu observar a necessidade de flexibilização das prioridades de atendimento dos usos, principalmente naquelas que consideraram a prioridade absoluta do abastecimento humano em relação a outros usos, e com isso era imposto a outros usuários de menor prioridade, especialmente irrigação, períodos de não atendimento da demanda. Este não atendimento, e seu consequente prejuízo poderiam (ou deveriam) ser compartilhados com outros usuários que têm elevado nível de perdas, como é o caso das redes de abastecimento humano.

Nas simulações também ficou evidente que o aporte hídrico do PISF foi fundamental para a segurança e atendimento das demandas para as duas bacias, nos cenários mais críticos.

Assim, fica evidente o papel fundamental da gestão de recursos hídricos, frente a maior vulnerabilidade dos sistemas hídricos no futuro, com foco no fortalecimento de elementos que favorecerão os ambientes de tomada de decisão e a adaptação às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- ANDREU, J. CAPILLA, J., SANCHIS, E. (1996) *Generalized decision support system for water resources planning and management including conjunctive water use*, Journal of Hydrology, 177, pp. 269-291.
- BANCO MUNDIAL (2012) *Planejamento de Recursos Hídricos e Adaptação à Variabilidade e Mudança Climáticas em Bacias Hidrográficas Seleccionadas no Nordeste do Brasil*. Relatório Final.
- CAP-NET (2008) *Integrated Water Resources Management for River Basin Organisations*. Training Manual.
- IPCC (2002). *Emissions Scenarios*. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- MATROSOV, E.S., HAROU, J., LOUCKS, D. P (2011) *A computationally efficient open-source water resource system simulator e Application to London and the Thames Basin*, Environmental Modelling & Software, 26, pp. 1599-1610.
- PORTO, R. L. L. (2002). *AcquaNet*. <http://www.labsid.eng.br/>. (Acesso em 30/03/2011).