

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA DOS CENÁRIOS ATUAL E FUTURO DO HIDROSSISTEMA DE CRUZETA – RN: ESTUDO DE CASO

*Samiria Maria Oliveira da Silva*¹; *Sandra Helena Silva de Aquino*; *Tomaz Antônio Sidrim
Carvalho*; *Francisco de Assis de Souza Filho*²

RESUMO – O estudo de caso de Cruzeta tem por objetivo realizar uma avaliação hidrológica do hidrossistema formado pelo reservatório de Cruzeta, o município de Cruzeta, o Perímetro Irrigado e uma Irrigação difusa a fim de, propor ações para reduzir o risco de não atendimento da demanda hídrica. A demanda hídrica foi obtida para o cenário atual e futuro do hidrossistema. No cenário atual considerou-se o perímetro de irrigação com e sem modernização. As projeções de demanda futura foram realizadas com base nos dados de evapotranspiração dos modelos BCM2, INCM3 e MIMIR para os cenários A2 e B1 de mudança climática. Com estas projeções percebeu-se que após a modernização há uma redução significativa da demanda hídrica, porém, como a parcela mais representativa da área plantada é de cultura perene faz-se necessário ter uma maior garantia de entrega de água para esses hidrossistema. A avaliação hidrológica mostrou que no cenário atual do hidrossistema a garantia antes da modernização é de 80% e após de 90%. Porém, nos cenários futuros ocorre uma redução de mais ou menos 10% da garantia em relação ao atual, aumentando os riscos de não atendimento futuro da demanda.

ABSTRACT– The case study of Cruzeta aims to realize a hydrological evaluation for propose actions to reduce the risk of unmet water demand. The water demand was for the current scenario and future of the social and ecological systems. In the current scenario was considered perimeter of the irrigation with and without modernization. The projections of the demand future were based on data evapotranspiration of the models BCM2, MIMR and INCM3 for scenarios A2 and B1 climate change. After the modernization occurred a significant reduction in water demand, however, as the parcela most representative of the area planted is of growth perennial it is necessary to have a assurance greater of water delivery for these social and ecological systems. The hydrologic evaluation showed that in the current scenario of the assurance hidrossistema before and after of the modernization is 80% and 90%, respectively. However, in future scenarios there is a reduction of about 10% of the assurance in relation to the current, increasing the potential unmet future demand.

Palavras-Chave – Hidrossistema, Garantia e Risco

1) Doutoranda em Engenharia Civil – Recursos Hídricos; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará. Campus do Pici, Bloco 713. Telefone: (85) 33669623; Fax: 33669627; samiriamaria@hotmail.com
2) Professor Adjunto II do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará. Campus do Pici, Bloco 713. Telefone: (85) 33669623; Fax: 33669627; assissouzafilho@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O efeito das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos recaem tanto sobre a oferta quanto na demanda, seja pela diminuição dos estoques de água dos reservatórios, seja pelo aumento da demanda dos diversos usuários de água.

Com isso, faz-se necessário conhecer a sensibilidade de um reservatório ou bacia hidrográfica em função da variabilidade climática para que seja identificado qual seu nível de resiliência.

De acordo com Holling (1996), resiliência é a capacidade intrínseca de um sistema em manter sua integridade no decorrer do tempo, sobretudo em relação a pressões externas. A principal característica de um sistema resiliente é sua capacidade de perceber ou eventualmente criar opções para enfrentar situações imprevistas e de risco.

A construção de sistemas resilientes requer melhorar as estruturas e os processos sociais e ecológicos que lhe permitem reorganizar-se após uma perturbação (Walker *et al.*, 2001). Deste modo, o primeiro passo para alcançar a sustentabilidade hídrica é visualizar o hidrossistema como um sistema sócio-natural e complexo.

Em geral, admite-se que com o aumento da infraestrutura hídrica há uma maior resiliência, porém, a gestão dos recursos hídricos impõe uma maior flexibilidade e eficiência para adaptar-se aos desafios das mudanças climáticas.

Desta forma, o estudo de caso de Cruzeta tem por objetivo realizar uma avaliação hidrológica de um hidrossistema composto por dois usuários de água (irrigação e abastecimento humano) e o um recurso hídrico a fim de propor ações para reduzir o risco de não atendimento da demanda hídrica.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CRUZETA

O município de Cruzeta está localizado no estado do Rio Grande do Norte e se distancia aproximadamente 220 km da capital Natal. Este município está inserido no Território do Seridó e se caracteriza por ser o segundo município deste território com maior número de estabelecimentos de uso de irrigação (223 estabelecimentos).

Ele possui uma população total de 7.967 habitantes (IBGE, 2010), sendo que desse total, 6.521 habitantes vivem na área urbana, evidenciando um forte processo de urbanização da cidade, conforme pode ser observado na Tabela 01.

A Tabela 01 mostra que na contagem total da população somente nos anos de 1970 haviam mais homens do que mulheres, embora a diferença fosse apenas de 141 pessoas. Nos demais anos, observa-se um crescimento gradual no número de mulheres na população total. Em 2010, a

população da cidade de Cruzeta tem seu perfil marcado por 49% de pessoas do sexo masculino e 51% do sexo oposto.

Tabela 01 – População Residente por sexo e situação do domicílio do município de Cruzeta, Rio Grande do Norte.

Ano	Sexo X Situação do domicílio						
	Total Geral	Homens			Mulheres		
		Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1970	6.483	3.177	1.423	1.754	3.306	1.576	1.730
1980	6.819	3.381	1.744	1.637	3.438	1.985	1.453
1991	7.885	3.924	2.517	1.407	3.961	2.717	1.244
2000	8.138	3.991	2.839	1.152	4.147	3.138	1.009
2010	7.967	3.906	3.135	771	4.061	3.386	675

Fonte: Adaptado das Séries históricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000).

Em geral, a população do município vem apresentando certo crescimento no período de 1970 a 2000. Contudo, em 2010 há um decréscimo populacional de 171 pessoas em relação ao ano de 2000. Esse decréscimo é também reflexo do processo de emigração que ainda ocorre em cidades do semiárido brasileiro, quando parte de sua população se desloca para outros lugares em busca de melhores condições de vida, mas também por motivos de estudo.

Os dados também revelam que somente em 1970 a população rural é maior em relação aos outros anos. Nos anos seguintes, observa-se um aumento da população nas zonas urbanas, evidenciando o fluxo migratório da população para essas áreas devido a possibilidades de melhoria na qualidade de vida.

Em relação às formas de abastecimento de água³ do Município de Cruzeta, a única fonte existente é o açude que também recebe a denominação Cruzeta (Figura 1), o qual foi construído pelo DNOCS em 1929, com capacidade de acumulação de 35 milhões de metros cúbicos. Atualmente, ele encontra-se assorido em função de problemas ambientais da região, alguns desses ocasionados, principalmente, pela atividade da pecuária tendo uma redução da sua capacidade para 23.545.745,33 milhões de metros cúbicos.

Conforme dados do Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (CPRM, 2005), foram identificados 36 pontos de água, sendo 14 poços escavados e 22 poços tubulares. Do total de pontos de água existentes, a maioria está localizada em terrenos particulares, totalizando 24 e os demais estão situados em áreas públicos.

³ No período de 2003 a 2009 foram construídas 121 cisterna por meio do Programa 1 Milhão de Cisternas e 161 pelo Programa de Desenvolvimento Sustentável – PDS.



Figura 1 – Reservatório Cruzeta no Município de Cruzeta, Rio Grande do Norte.
Fonte: Própria.

Quanto à qualidade desses poços cadastrados verificou-se a partir do estudo citado anteriormente que 79% têm sabor desagradável, podendo causar problemas digestivos na população, principalmente, em crianças, 52% da água foi considerada salobra, sendo, portanto, imprópria para consumo humano, 26% encontram-se salinas e apenas 22% foi considerada doce.

É importante destacar que o fato de 26% dos poços possuírem água salina, configura-se como uma preocupação relativa ao perigo de aumento da salinidade do solo se os rejeitos extraídos da água foram depositados em locais impróprios. Fato que poderá comprometer, mesmo que a longo prazo, a produtividade agrícola de solos. Gerando, dessa forma, problemas ambientais que agravam a situação do Município, uma vez que o mesmo integra o Núcleo de desertificação do Território do Seridó, juntamente com os municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Equador e Parelhas.

3. PERÍMETRO DE IRRIGAÇÃO DE CRUZETA

O perímetro irrigado de Cruzeta está localizado no Território do Seridó, especificamente na cidade de Cruzeta, Estado do Rio Grande do Norte com acesso disponível pela BR- 427.

Segundo o irrigante José Medeiros as obras para a implantação do deste perímetro foram iniciadas em 1970 com a terraplanagem da área, construção do canal de irrigação (Figura 2) e as demais infraestruturas.

Somente em 1976 foram assentadas as famílias no perímetro irrigado de Cruzeta, cujo sistema de irrigação adotado é infiltração por sulco desde a sua constituição por possuir menor custo em relação ao sistema de irrigação por aspersão, embora seja menos econômico do ponto de vista hídrico.



Figura 2 - Canal de Irrigação do Perímetro de Irrigação de Cruzeta no Município de Cruzeta, Rio Grande do Norte.

Fonte: Dados da pesquisa (2012).

A idéia inicial era assentar 25 famílias, mas apenas 23 foram assentadas, sendo que 21 foram assentadas em 1976 e as demais passaram a morar no perímetro no ano seguinte. No entanto, os irrigantes questionados sobre essa diferença não souberam informar o motivo da redução do número de famílias assentadas.

Vale salientar que ao longo do desenvolvimento do perímetro houve problemas relativos à escassez de água, fato que obrigou a paralização das atividades. Assim, no período de 1989 a 1992 houve racionamento de água na cidade, por conseguinte os irrigantes tiveram que se adaptar a essa nova realidade.

Conforme Rigare (2010), o período de 1997 a 2003 foi marcado por um novo corte no abastecimento de água para o Perímetro. No ano seguinte, a situação foi normalizada. Mas *“no final de 2005 um vereador impetrou uma ação para desligamento da água ao perímetro para se evitar o risco de não abastecimento da cidade”*. Com as chuvas de 2006, o DNOCS que administrou o perímetro até 1987, conseguiu a liberação do fornecimento de água e os irrigantes voltaram às suas atividades no Perímetro.

A produção inicial do perímetro girou em torno da cebola, tomate, feijão e banana. No entanto, o tomate representou a cultura que proporcionou maior produção e geração de renda. José Medeiros disse: *“O tomate era o carro chefe, era o que dava dinheiro. O resto era para manutenção. Tomate o ano todo tem colheita”*. Assim, o produto especializado, durante o período de 1979 a 2009, foi o tomate, sendo o mesmo produzido em sua totalidade para o mercado externo, segundo o chefe do Perímetro.

No final dos anos 70, anos 80 e 90 os colonos/irrigantes produziam arroz e mamão. Mas deixaram de produzir o arroz devido à quantidade de água necessária para irrigar o plantio do mesmo.

Na década de 80, o perímetro passou pela chamada emancipação, atendendo a uma determinação de uma política nacional que desobrigava o Estado de ser mantenedor dos perímetros irrigados instalados no país, bem como responsável por todo o seu funcionamento. Com este processo foi criada a Associação dos Colonos do Perímetro Irrigado Cruzeta - APICRUZ em 1988 sob a tutela do DNOCS, que ainda prestava alguns serviços como assessoria, escritório e contabilidade. Atualmente, a APICRUZ por meio da taxa de cada associado paga os serviços de uma contadora, um canaleiro e uma secretária, sendo esta última funcionária com carteira de trabalho assinada.

A taxa mensal gira em torno de R\$ 115,00 a 120,00 por cada irrigante. Nem todos contribuem regularmente, existem 5 irrigantes que se encontram inadimplentes com a associação conforme depoimento de membros da diretoria da associação.

Á água no perímetro é cobrada com base em dois fatores, um para manutenção (K1) do sistema e outro para amortização do capital (K2). Porém, atualmente é pago apenas o K1 que é função do uso da água e é estimado com base na área irrigada.

Vale destacar que no Perímetro há o desenvolvimento da pecuária com característica familiar por meio da criação de ovinos, caprinos e bovinos. Esta produção é orientada para a produção de leite e carne, sendo a maior parte do leite destinado para o consumo das famílias. Tanto que a queijaria implantada no Perímetro encontra-se arrendada para terceiros.

Atualmente, os principais problemas enfrentados no perímetro são a recuperação da infraestrutura de uso comum, os resíduos sólidos, o lançamento de efluente da cidade de Cruzeta no rio, a falta de hidrometração e a não titulação dos lotes.

4. CENÁRIO ATUAL DO HIDROSSISTEMA

O hidrossistema modelado é formado pelo reservatório de Cruzeta, o município de Cruzeta, o Perímetro Irrigado que se localiza a jusante do reservatório e uma Irrigação difusa que se encontra a montante do reservatório.

4.1. Oferta Hídrica

A oferta hídrica foi avaliada através dos dados de afluência ou aporte ao reservatório, das retiradas, da evaporação e da evapotranspiração.

O reservatório Cruzeta apresenta as afluências concentradas nos meses de janeiro a junho com vazão zero a partir desse mês (Figura 3). Ele possui uma vazão média anual afluyente de 2,13 m³/s com variabilidade em torno da média de 1,08 (Figura 4). O comportamento das vazões apresenta uma grande variabilidade temporal com ocorrência de alguns períodos de seca.

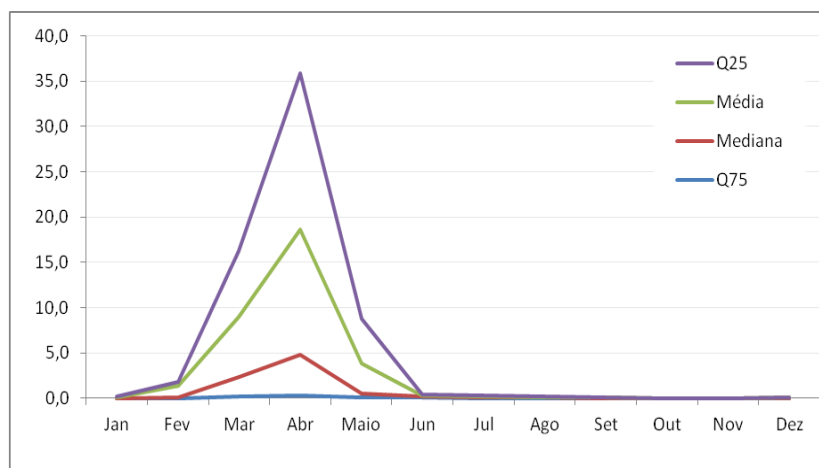


Figura 3 - Aflúências do reservatório de Cruzeta.
Fonte: Elaboração própria.

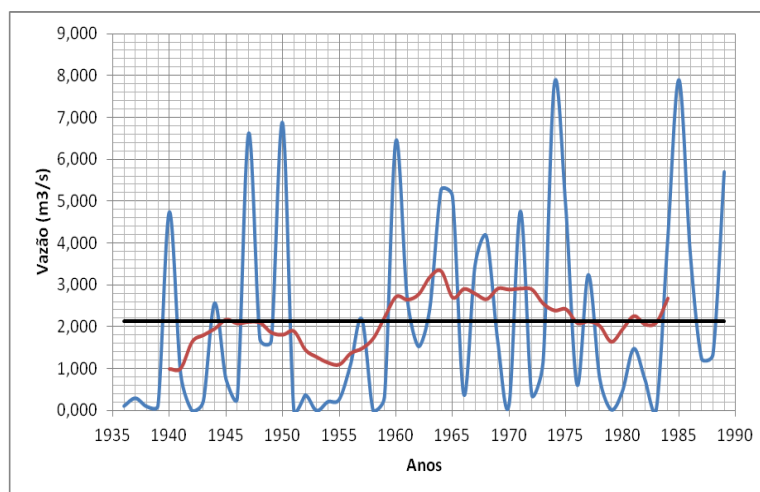


Figura 4 - Vazão média anual afluyente do reservatório de Cruzeta (1935 – 1990).
Fonte: Elaboração própria.

Os dados de evaporação para o município de Cruzeta foram obtidos nas Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990, sendo considerada a evaporação de Piché. Através desses dados verificou-se que a maior evaporação hídrica ocorre no mês de outubro e a menor em maio (Figura 5).

A cidade apresentou evaporação anual de 3.324mm e um nível de precipitação anual de 741mm, características climáticas típicas de região semi-árida.

A regularização do reservatório para vários níveis de garantia (Figura 6) foi obtida através de duas curvas cota-área-volume. A primeira curva (chamado de antiga) foi obtida na época de construção do reservatório, disponibilizada pelo DNOCS. A segunda curva foi construída da batimetria realizada em 2010 pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) em parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH).

Considerando a antiga curva e a nova, para uma garantia de 90%⁴ a retirada foi de 0,23 e 0,17 m³/s, respectivamente. Uma das hipóteses para a redução ocorrida na regularização é a diminuição da capacidade hídrica do reservatório em virtude de assoreamento.

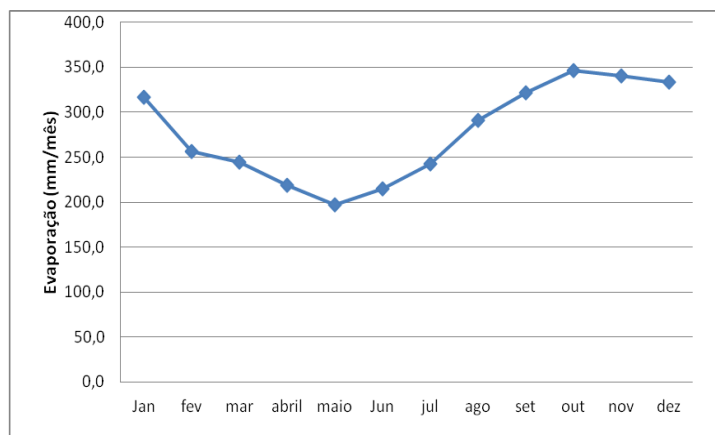


Figura 5 - Evaporação mensal do município de Cruzeta.

Fonte: Elaboração própria.

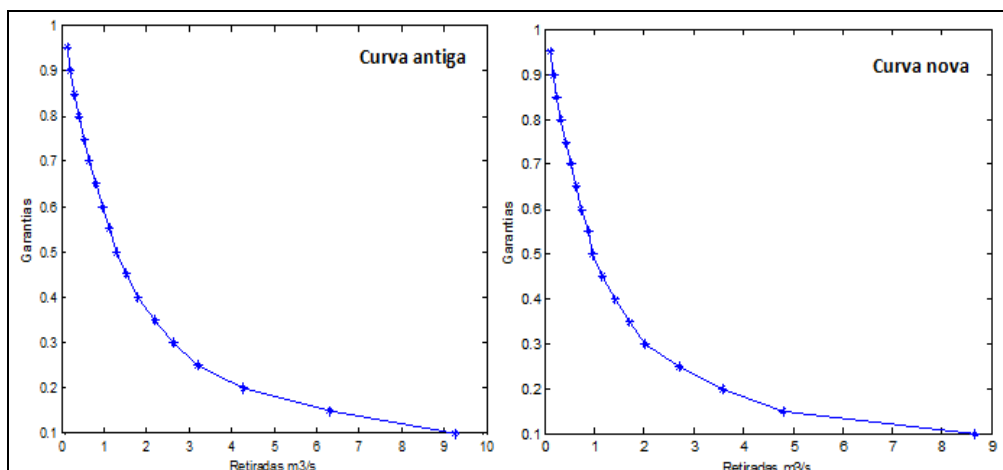


Figura 6 - Curva de regularização do reservatório Cruzeta.

Fonte: Elaboração própria.

Para mostrar as incertezas na vazão com 90% de garantia foi gerada uma curva de permanência (Figura 7) a partir de 100 séries sintéticas para vazões de 90%. Os resultados desta curva apontaram a existência de variabilidade década e que a probabilidade da vazão com 90% de garantia ser menor ou igual a 0,4 m³/s é de 90%.

As estimativas de retirada de água do reservatório foram realizadas a partir do balanço hídrico do reservatório usando a relação cota-área-volume. Com essas estimativas foi possível observar que

⁴ A vazão com 90% de garantia é usada para referência para legislação na área de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos em muitos Estados do Brasil.

as maiores retiradas ocorreram nos anos de 1998, 2009 e 2010 e que em mais de 50% dos anos a vazão de retirada é menor que $1\text{m}^3/\text{s}$.

Para estimar as vazões de Cruzeta adotou-se um procedimento de regressão linear para transformar as vazões anuais de Assu⁵ para Cruzeta, as quais foram posteriormente desagregadas pelos métodos dos fragmentos. Esse procedimento foi realizado considerando as seguintes hipóteses: invariabilidade da evapotranspiração, da demanda e da evaporação do reservatório em cenários futuros.

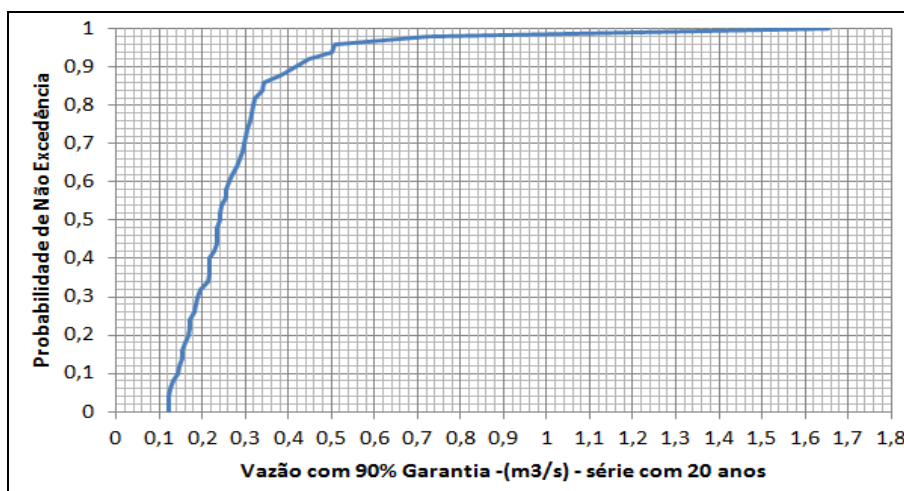


Figura 7 - Curva de permanência da vazão com 90% de garantia do reservatório Cruzeta.
Fonte: Elaboração própria.

Os dados de vazão de Cruzeta foram corrigidos com a curva de probabilidade acumulada (Figura 8). Com esta curva observou-se qual a probabilidade de ocorrer um evento climático em Cruzeta considerando os modelos climáticos BCM2, INCM3 E MIMR⁶ de Assu para os cenários A2 e B1 de mudança climática.

O ajuste das vazões de Cruzeta foi realizado para o século XX e XXI (Tabela 02). Com isso, percebeu-se uma redução significativa das vazões do século XX em relação ao século XXI em todos os modelos enquanto que, o coeficiente de variação sofreu acréscimo em alguns modelos e decréscimos em outros.

Com a obtenção dessas vazões determinou-se a vazão regularizada de Cruzeta para várias garantias. O resultado mostrou uma redução da disponibilidade hídrica em função das mudanças climáticas.

⁵ As vazões anuais de Assu foram concedidas pela FUNCEME.

⁶ Os dados dos modelos climáticos foram cedidos pelo Eduardo Sávio (FUNCEME).

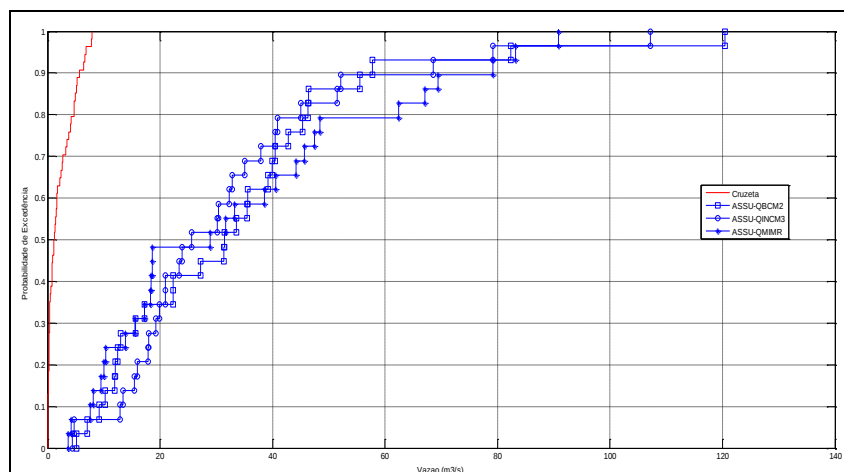


Figura 8 - Curva de probabilidade acumulada de Cruzeta e Assu para o século XX.
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 02 – Vazões de Cruzeta para os séculos XX e XXI (m³/s).

	SEC XX				SEC XXI - Cenário A2			SEC XXI - Cenário B1		
	Observação	QBCM2	QINCM3	QMIMR	QBCM2	QINCM3	QMIMR	QBCM2	QINCM3	QMIMR
Média	2,13	2,17	2,16	2,14	1,84	1,41	1,18	1,38	0,75	0,8
Desvio Padrão	2,31	3,23	3,29	2,54	1,97	2,37	1,93	1,29	0,64	0,58
CV	1,08	1,49	1,52	1,19	1,07	1,68	1,64	0,94	0,86	0,73

Fonte: Elaboração própria.

4.2. Demanda Hídrica

A demanda hídrica do hidrossistema foi calculada pela soma da demanda hídrica da cidade de Cruzeta, do perímetro de irrigação e da irrigação a montante.

A demanda anual da cidade de Cruzeta para o período de 1992 a 2010 está exposta na Figura 9. Para o período de junho de 2010, cada habitante de Cruzeta demandou 225l de água por dia.

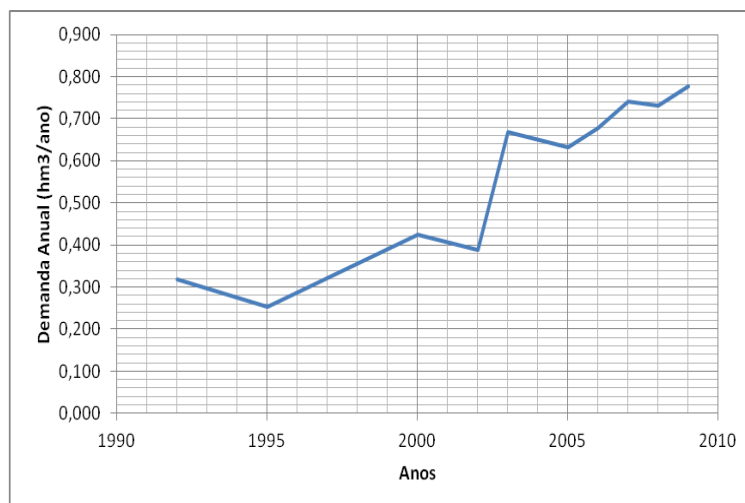


Figura 9 - Demanda hídrica do município de Cruzeta.
Fonte: Elaboração própria.

Para determinação da demanda hídrica para a irrigação foi considerado a evapotranspiração das culturas (ETc), desprezando a precipitação ocorrida na região. A ETc foi obtida através do produto da evapotranspiração potencial (ETP) pelo coeficiente de cultura (Kc). Nesse estudo foi utilizado a ETP calculada pelo método de Hargreaves através do Sistema de Estimativa de Evapotranspiração (SEVAP) da Universidade Federal de Campina Grande. Os valores médios de Kc foram provenientes do banco de dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Tendo a área plantada de cada cultura, a série de valores de ETc e a eficiência de aplicação do método de irrigação determinou-se a demanda hídrica do perímetro de irrigação, conforme equação 1.

$$Dem\ Irr = \frac{ETC \times \text{ÁREA}}{\text{Eficiência de irrigação}} \quad (1)$$

O perímetro de irrigação de Cruzeta possui uma superfície irrigável de 124,1 ha, mas, apenas 105 ha estão em produção. A área plantada de cada cultura foi obtida de Rigare (2010). As culturas plantadas atualmente no perímetro estão apresentadas na Figura 10. As culturas mais representativas são o feijão, o milho grão e o capim elefante com 40,3 ha, 22,5 ha e 13,7 ha, respectivamente. Com base a eficiência de aplicação do sistema de infiltração por sulcos de 40% ⁷, o perímetro possui uma demanda hídrica de 5.718.793,76 m³/ano para área plantada (105 ha) e de 6.759.069,58 m³/ano para área irrigável (124,1 ha) que é equivalente a 214 l/s.

⁷ Informação retirada do relatório técnico de Luis Loyola.

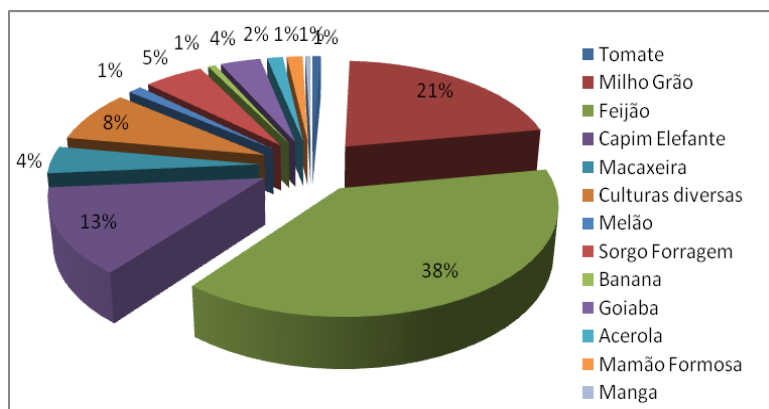


Figura 10 - Percentual da área das culturas plantadas atualmente no perímetro de irrigação de Cruzeta.
Fonte: Elaboração própria.

Do total da área plantada, a cultura temporária necessita 5.310.184,52 m³/ano e a cultura perene demanda 408.609,24 m³/ano (Tabela 03).

Considerando que seja implantado um projeto de modernização do perímetro que tem por objetivo melhorar a eficiência de irrigação haverá uma mudança do sistema de sulcos para um sistema de irrigação por gotejamento que tem uma eficiência de 75%, os produtores plantarão uma maior área com culturas perenes e toda a superfície irrigável será plantada, 124, 1 ha.

Com esta mudança, a área plantada com culturas temporárias e perenes será de 73,1ha e 51 ha, respectivamente. As culturas mais representativas (Figura 11) são o tomate (34,10 ha), as culturas diversas (28,90 ha), o mamão formosa (14,80 ha) e a goiaba (13,30 ha).

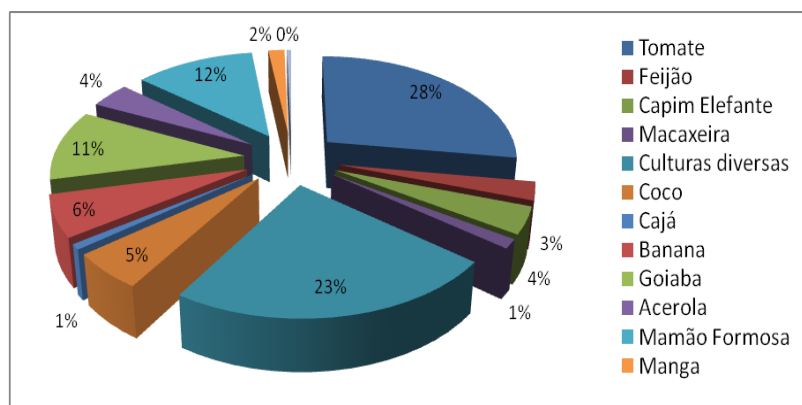


Figura 11 - Percentual da área das culturas plantadas no perímetro de irrigação de Cruzeta após a modernização.
Fonte: Elaboração própria.

A demanda estimada para o perímetro após a modernização é de 3.446.599,10 m³/ano ou 109 l/s (Tabela 04). A cultura perene sofre um aumento de 31% na demanda em relação ao período sem modernização.

Tabela 03 – Demanda hídrica atual das culturas temporárias e perenes do perímetro de Irrigação de Cruzeta (m³/ano).

Culturas temporárias	Área (ha)	Kc médio	Demanda hídrica (m³/ano)
Tomate	0,8	1,2	47.604,96
Milho Grão	22,5	1,15	1.283.102,44
Feijão	40,3	1,1	2.198.258,21
Capim Elefante	13,7	1	815.234,94
Macaxeira	4,4	0,95	207.279,93
Culturas diversas ⁸	8,4	1	416.543,40
Melão	1,3	1	64.465,05
Sorgo Forragem	5,6	1	277.695,60
Sub -Total	97		5.310.184,52
Culturas perenes	Área (ha)	Kc médio	Demanda hídrica (m³/ano)
Banana	0,7	0,85	29.505,16
Goiaba	3,8	1,15	216.701,75
Acerola	1,5	0,85	63.225,34
Mamão Formosa	1,5	1	74.382,75
Manga	0,5	1	24.794,25
Sub - Total	8		408.609,24
Perímetro			5.718.793,76

Fonte: Elaboração própria.

A irrigação difusa se estende por uma área de 52,25 ha e possui uma demanda hídrica anual de 1.036.400 m³. Este valor foi calculado com base no Kc médio para culturas forrageiras (Kc igual a 1). Esta área tem os maiores consumos de água nos meses de outubro, novembro e dezembro (Figura 12).

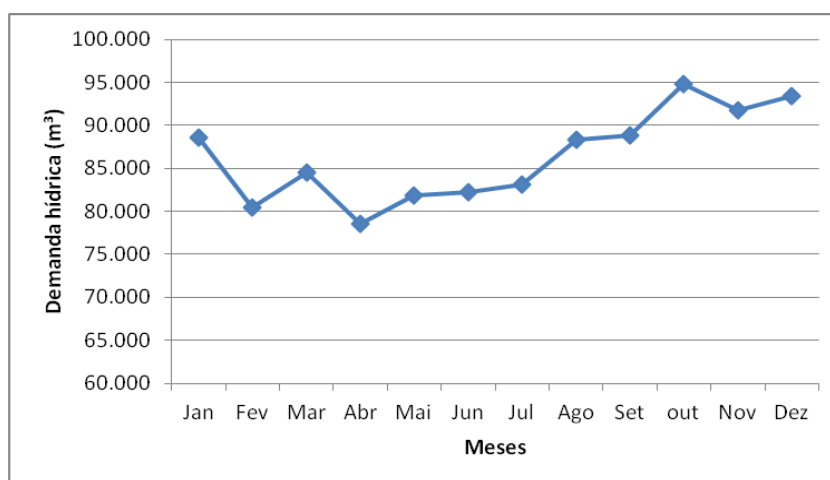


Figura 12 - Demanda hídrica mensal da Irrigação difusa no município de Cruzeta – RN.

Fonte: Elaboração própria.

⁸ Alho, quiabo, cebola, abóbora e hortaliças.

Tabela 04 – Demanda hídrica do perímetro de Irrigação de Cruzeta após a modernização (m³/ano).

Cultura Temporária	Área (ha)	Demanda hídrica (m³/ano)
Tomate	34,1	1.082.219,42
Feijão	3,4	98.912,53
Capim Elefante	5	132.236,00
Macaxeira	1,7	42.712,23
Culturas diversas ⁹	28,9	764.324,08
Sub-total	73,1	2.120.404,26
Cultura Perene	Área (ha)	Demanda hídrica (m³/ano)
Coco	6,7	159.476,62
Cajá	1	21.157,76
Banana	7,8	175.344,94
Goiaba	13,3	404.509,92
Acerola	4,9	110.152,59
Mamão Formosa	14,8	391.418,56
Manga	2	52.894,40
Graviola	0,5	11.240,06
Sub-total	51	1.326.194,84
Perímetro	124,1	3.446.599,10

Fonte: Elaboração própria.

5. DEMANDA HÍDRICA FUTURA DO HIDROSSISTEMA

As projeções de demanda hídrica futura foram realizadas com base nos dados de evapotranspiração (ETP) dos modelos¹⁰ BCM2, INCM3 e MIMIR para os cenários A2 e B1 de mudança climática (Figura 13) considerando a eficiência de aplicação e área plantada utilizadas na determinação da demanda hídrica atual. Para este cálculo foi, inicialmente, realizada uma correção de escala na ETP dos modelos do século XXI¹¹ em relação aos modelos do XX¹² (ETPobs).

$$ETP_{CORR} = (1 + \Delta\% ETP_{MOD}) \times ETP_{OBS} \quad (1)$$

Com este procedimento obteve-se as demandas futuras do perímetro de irrigação (Tabela 05) e da irrigação difusa (Tabela 06).

⁹ Pimentão, abóbora, melancia, milho grão, sorgo forragem e melão.

¹⁰ Informações cedidas pela FUNCEME.

¹¹ 2041-2070

¹² 1971-2000

Tabela 05 – Demanda hídrica futura do perímetro de Irrigação de Cruzeta - RN.

Cenários		Demanda			
		Antes da modernização		Após a modernização	
		m³/ano	l/s	m³/ano	l/s
Século XX	BCM2	5.548.664	175,83	2.829.387	89,66
	INCM3	5.551.565	175,92	2.830.866	89,71
	MIMR	5.588.292	177,09	2.849.594	90,3
Século XXI - A2	BCM2	8.032.355	254,54	4.095.875	129,79
	INCM3	8.807.247	279,09	4.213.440	133,52
	MIMR	8.807.247	279,09	4.491.010	142,31
Século XXI - B1	BCM2	7.995.804	253,38	4.077.237	129,2
	INCM3	8.118.701	257,27	4.139.905	131,19
	MIMR	8.652.128	274,18	4.411.912	139,81

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 06 – Demanda hídrica futura da Irrigação difusa na cidade Cruzeta - RN.

Cenários		Demanda (m³/ano)	Demanda (l/s)
Século XX	BCM2	973.549,21	30,85
	INCM3	978.999,72	31,02
	MIMR	980.086,34	31,06
Século XXI - A2	BCM2	928.440,61	29,47
	INCM3	946.729,25	30,1
	MIMR	1.031.574,62	32,64
Século XXI - B1	BCM2	1.226.033,85	30,42
	INCM3	1.244.878,31	30,1
	MIMR	1.326.671,17	33,27

Fonte: Elaboração própria.

6. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO PONTO DE VISTA HIDROLÓGICO

Os resultados das demandas do hidrossistema estão expostos na Tabela 07 e 08. Com essa análise percebe-se que após a modernização há uma redução significativa da demanda hídrica, porém, como a parcela mais representativa da área plantada é de cultura perene faz-se necessário ter uma maior garantia de entrega de água para esses hidrossistema.

De posse dos dados realizou um balanço hídrico de longo prazo através do cruzamento dessas demandas com as vazões regularizadas (Figura 14) plotadas para vários níveis de garantia verifica-se que o cenário atual a garantia antes da modernização é de 80% e após de 90%. Nos cenários futuros ocorre uma redução de mais ou menos 10% da garantia em relação ao atual, aumentando os riscos de não atendimento futuro da demanda.

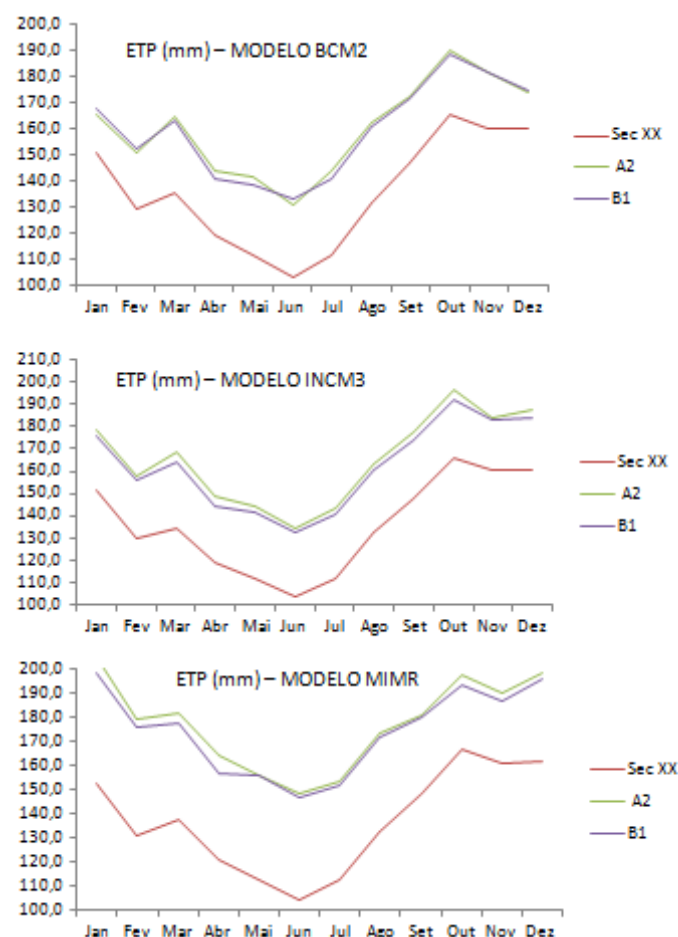


Figura 13– Evapotranspiração (ETP) de Cruzeta considerando os modelos BCM2, INCM3 E MIMR para os cenários A2 e B1 de mudança climática.

Fonte: Elaborado própria.

Grantia	Atual	Sec XX			SecXXI_A2			SecXXI_B1		
		BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR
0,10	8,65	11,37	9,89	13,26	9,85	7,83	7,48	9,11	5,31	5,17
0,15	4,81	7,02	6,14	7,97	6,83	4,46	4,01	6,39	3,76	3,99
0,20	3,58	4,95	4,30	4,47	4,61	3,16	2,66	4,20	2,68	2,97
0,25	2,71	3,79	3,11	3,22	3,74	2,21	1,76	3,07	2,13	2,40
0,30	2,03	2,71	2,50	2,68	2,72	1,83	1,40	2,56	1,71	1,88
0,35	1,71	1,94	1,91	1,92	2,17	1,43	0,97	1,92	1,35	1,50
0,40	1,42	1,80	1,54	1,51	1,89	1,11	0,78	1,63	1,10	1,25
0,45	1,15	1,41	1,39	1,25	1,45	0,91	0,67	1,41	0,92	1,09
0,50	0,97	1,14	1,11	1,09	1,32	0,74	0,54	1,12	0,85	0,94
0,55	0,87	0,96	0,96	0,89	1,10	0,63	0,43	0,93	0,72	0,84
0,60	0,74	0,88	0,85	0,77	0,91	0,50	0,33	0,87	0,62	0,72
0,65	0,62	0,74	0,74	0,65	0,81	0,37	0,25	0,73	0,55	0,66
0,70	0,53	0,59	0,62	0,50	0,73	0,29	0,19	0,63	0,44	0,56
0,75	0,43	0,38	0,50	0,36	0,60	0,21	0,14	0,46	0,31	0,44
0,80	0,32	0,25	0,39	0,28	0,48	0,15	0,10	0,34	0,24	0,33
0,85	0,25	0,16	0,30	0,19	0,37	0,11	0,07	0,22	0,17	0,26
0,90	0,17	0,09	0,19	0,13	0,25	0,06	0,04	0,15	0,11	0,18
0,95	0,10	0,04	0,08	0,07	0,16	0,02	0,01	0,07	0,06	0,12

XXXX Sem Modernização
XXXX Com Modernização

Figura 14 - Balanço hídrico de longo prazo.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 07– Demanda hídrica do Hidrossistema sem a modernização do perímetro de Irrigação.

Cenários		Perímetro de Irrigação		Irrigação à montante		Cidade de Cruzeta		Demanda do hidrossistema	
		Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)
Atual		6,75	214	1,036	33	0,7	22	8,5	269
Século XX	BCM2	5,55	175,8	0,97	30,85	0,7	22	7,2	228,7
	INCM3	5,55	175,9	0,98	31,02	0,7	22	7,2	228,9
	MIMR	5,59	177,1	0,98	31,06	0,7	22	7,3	230,1
Século XXI - A2	BCM2	8,03	254,5	0,93	29,47	0,7	22	9,7	306
	INCM3	8,81	279,1	0,95	30,1	0,7	22	10,5	331,2
	MIMR	8,81	279,1	1,03	32,64	0,7	22	10,5	333,7
Século XXI - B1	BCM2	8	253,4	1,23	30,42	0,7	22	9,9	305,8
	INCM3	8,12	257,3	1,24	30,1	0,7	22	10,1	309,4
	MIMR	8,65	274,2	1,33	33,27	0,7	22	10,7	329,4

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 08 – Demanda hídrica do Hidrossistema após a modernização do perímetro de Irrigação.

Cenários		Perímetro de Irrigação		Irrigação à montante		Cidade de Cruzeta		Demanda do hidrossistema	
		Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)	Demanda (hm³/ano)	Demanda (l/s)
Atual		3,45	109	1,036	33	0,7	22	5,2	164
Século XX	BCM2	2,83	89,7	0,97	30,85	0,7	22	4,5	142,5
	INCM3	2,83	89,7	0,98	31,02	0,7	22	4,5	142,7
	MIMR	2,85	90,3	0,98	31,06	0,7	22	4,5	143,4
Século XXI - A2	BCM2	4,1	129,8	0,93	29,47	0,7	22	5,7	181,3
	INCM3	4,21	133,5	0,95	30,1	0,7	22	5,9	185,6
	MIMR	4,49	142,3	1,03	32,64	0,7	22	6,2	197
Século XXI - B1	BCM2	4,08	129,2	0,96	30,42	0,7	22	5,7	181,6
	INCM3	4,14	131,2	0,95	30,1	0,7	22	5,8	183,3
	MIMR	4,41	139,8	1,05	33,27	0,7	22	6,2	195,1

Fonte: Elaboração própria.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a avaliação hidrológica percebe-se que mesmo que seja implantado o projeto de modernização do perímetro de irrigação faz – se necessário desenvolver mecanismos de gestão de risco visto que será necessário uma maior garantia de entrega de água para o perímetro.

O gerenciamento de risco em recursos hídricos requer a construção de um sistema sócio-natural resiliente para mitigar o risco e adaptar a nova situação. As medidas de redução de risco podem ser do tipo estrutural e não estrutural. As medidas estruturais estão relacionadas com a alteração da infraestrutura para suportar os eventos extremos, como diques, barragens, canalização entre outros. As medidas não-estruturais são as que permitem conviver com o sistema, preparando e reduzindo os eventos adversos através de medidas como o seguro, a previsão e a realocação. As primeiras medidas envolvem maiores custos e estão limitados quanto à segurança a um nível de risco.

Desta forma, para minimizar o risco de falhas no abastecimento de Cruzeta e buscando identificar estratégias para adaptar o hidrossistema estudado às mudanças climáticas sugere-se algumas ações:

- ✓ Incorporar a avaliação da mudança climática no planejamento dos recursos hídricos;
- ✓ Avaliação das possibilidades de compensação econômica do setor urbano para o setor rural devido a transferência de riscos hidrológico;
- ✓ Utilizar salvaguardas na operação do sistema de reservatórios e compatibilizar a operação de curto e longo prazo;
- ✓ Conservar a água com vistas à redução de riscos;
- ✓ Projetar sistemas mais resilientes no planejamento das culturas (permanentes e temporárias) irrigadas;
- ✓ Recuperação da Infraestrutura de uso comum da irrigação;
- ✓ Avaliação do barramento do ponto de vista da segurança.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos se destinam ao Banco Mundial e a FUNCEME pela assistência dada a elaboração deste estudo.

BIBLIOGRÁFICAS

HOLLING, C. S. “*Surprise for science, resilience for ecosystems and incentives for people*”. Ecological Applications, v. 6, n. 3, p. 733-735, 1996.

IBGE. “*Produção Agrícola Municipal*”. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/lojavirtual/fichatecnica.php?codigoproduto=90217>> Acesso em: 25.11.2011

_____. “Censo Demográfico 2010”. Disponível em: <
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em:
18.11.2011

_____. “Censo Demográfico 2000”. Disponível em: <
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em:
21.11.2011

MDA/SDT. “Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável do Território do Seridó”, 2007.

RIGARE. “Relatório Final, Tomo I”. Consultoria Especializada para Elaboração de Projetos Executivos de Irrigação Localizada do Perímetro Irrigado de Cruzeta, no Rio Grande do Norte, 2010, 40p.

SEVAP. “Sistema de estimativa da evapotranspiração”. Disponível em:< www.dca.ufcg.edu.br.>
Acesso em: 05.12.2012

WALKER, B.; CARPENTER, S.; ANDERIES, J.; ABEL, N.; CUMMING, G.; JANSSEN, M.; LEBEL, L; NORBERG, J. G.; PETTERSON, D.; PRITCHARD, R. “Resilience management in social - ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach”. Conservation Ecology, v. 6, n. 1, art. 14, 2002.