

## APLICAÇÃO DE INDICADORES HÍDRICOS GEOREFERENCIADOS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE ELEVADO RISCO HÍDRICO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

Ney A. Murtha<sup>1</sup>; Klebber T. M. Formiga<sup>2</sup>; Joaquim G. C. Gondim Filho<sup>3</sup> & Marco A. Silva<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho propõe a delimitação de Áreas de Elevado Risco Hídrico no Semi-Árido brasileiro a partir de fatores como precipitação média, índice de aridez, presença de sistemas aquíferos sedimentares e de rios perenes. Motiva-o a necessidade de estabelecer uma estratégia diferenciada para o abastecimento de água bruta a sedes municipais, de acordo com suas disponibilidades e limitações geoclimáticas.

As variáveis selecionadas no trabalho adicionam à precipitação (entrada), tradicional indicador, novas dimensões geoclimáticas que melhor traduzem a dinâmica da água, como capacidade de armazenamento no solo (permanência), a presença de cursos d'água perenes (passagem) e a evapotranspiração potencial (saída).

**Abstract** – This work is aimed at a delimitation of Areas of High Water Scarcity Risk in Brazilian Semi-Arid Zone using factors as average precipitation, aridity index, presence of sedimentary groundwater systems and perennial rivers. It was carried out to make possible the establishment of a suitable strategy for the raw water supply to municipal headquarters, in accordance with its geoclimatics availabilities and limitations.

The selected variables in the work add to the precipitation (inflow), traditional indicator, new geoclimatics dimensions that better translate the dynamics of the water as storage capacity of the ground (permanence), the presence of perennial rivers (flow) and the potential evapotranspiration (outflow).

**Palavras-chave:** Semi-Árido, Atlas, Aridez, Risco Hídrico, Nordeste

---

<sup>1</sup> Agência Nacional de Águas - Superintendência de Usos Múltiplos, SPO, Área 5, Quadra 3, Bloco L, Asa Sul, Brasília-DF, CEP 70610-200  
Tel (61)-445-5367, Fax (61) - 445-5330 murtha@ana.gov.br

<sup>2</sup> Idem, klebber.formiga@ana.gov.br

<sup>3</sup> Idem, joaquim@ana.gov.br

<sup>4</sup> Idem, marcosilva@ana.gov.br

## INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva estabelecer a delimitação de Áreas de Elevado Risco Hídrico - AERH a partir de fatores como precipitação média, índice de aridez, presença de sistemas aquíferos sedimentares e de rios perenes. Motiva este trabalho a necessidade de estabelecer uma abordagem diferenciada para estas áreas na elaboração do Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semi-Árida.

O Atlas constitui elemento de diagnóstico e de proposição de intervenções prioritárias relativas ao abastecimento de água bruta das sedes municipais com mais de 5.000 habitantes e dos polos econômicos, além de representar uma contribuição à gestão integrada de recursos hídricos na região Semi-Árida do Brasil. Compõe o Programa de Desenvolvimento Hídrico Sustentável do Nordeste e vem sendo desenvolvido pela Agência Nacional de Águas.

Entende-se que para um cenário de criticidade de disponibilidade hídrica deve haver uma abordagem diferenciada e adequada à realidade local, buscando enfoques de uso racional, moderado e conservativo dos recursos hídricos nas localidades inseridas nas AERH.

A Superintendência de Usos Múltiplos, na condição de co-partícipe do esforço da Agência Nacional de Águas para elaboração do Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semi-Árida, e tendo em vista sua experiência na elaboração de estudos na área de eventos críticos procura contribuir com a elaboração dos trabalhos na definição das AERH.

## METODOLOGIA

Para definir os contornos das AERH foram estabelecidas as seguintes variáveis de referência:

i) precipitação média, ii) índice de aridez, iii) presença de sistemas aquíferos sedimentares e iv) presença de rios perenes.

Estas variáveis foram trabalhadas por superposição de camadas no software Arcview 3.2 e a delimitação foi estabelecida a partir de uma análise multicriterial tendo como referências centrais a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e a presença de sistemas aquíferos.

Como se trata de uma análise regionalizada, que não contou com balanços hídricos pormenorizados ou visitas técnicas e estudos de demanda, corre-se o risco de as AERH não incluírem algumas sedes municipais com graves carências hídricas, mas ressalta-se que estes casos são as exceções à regra, e fogem do escopo da proposta original, de analisar grandes variáveis, de alcance regional.

Sobre as variáveis consideradas, devem ser efetuados os seguintes comentários:

### **Precipitação média**

Os dados de precipitação empregados nesta análise derivam do trabalho conduzido pela Superintendência de Usos Múltiplos (FORMIGA ET AL 2004) [3] e foram obtidos após tratamento de dados da base do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA - Hidro, tendo sido consultados 3.463 postos pluviométricos.

Para se manter uma uniformidade nos dados, foi efetuada uma triagem de postos, considerando o período de registro das séries e a extensão das falhas. Foram selecionadas séries de 1.943 postos pluviométricos, empregadas na elaboração das isoietas de precipitação e de índice de aridez utilizados neste trabalho. As séries utilizadas foram limitadas entre os anos de 1961 e 1990.

Em função da existência de várias discontinuidades e falhas observadas nas informações dos registros disponíveis de precipitação, fez-se necessária, a análise de consistência dos dados, a detecção e tratamento dos erros e o posterior preenchimento das falhas.

Neste trabalho, adotou-se como indicador de referência para avaliação multicriterial a isoietas de 700 mm, ilustrada na figura 1. A área delimitada por esta isoietas representa regiões com baixa precipitação relativa, o que por si só não representa criticidade de disponibilidade hídrica, mas combinada com outros fatores como elevada evapotranspiração e baixa capacidade de acumulação hídrica do solo pode caracterizar tal situação.

O valor de 700 mm foi arbitrado com base em sua abrangência espacial, e na necessidade de priorizar áreas em um universo de estudo que a isoietas de 800 mm abarcaria quase toda a região Semi-Árida do Nordeste. Os autores compreendem as limitações decorrentes de tal escolha, mas procuram cercar eventuais distorções com a análise dos demais critérios.

### **Índice de aridez**

A região Semi-Árida brasileira, por sua localização geográfica, ao norte do trópico de Capricórnio e próxima da linha do Equador apresenta grande insolação e altas temperaturas durante o ano todo. É cortada por ventos fortes, e apresenta baixos valores de umidade relativa do ar por longos períodos. Esses fatores concorrem para a predominância de elevados valores de evapotranspiração potencial, um eficiente indicador de perdas hídricas para determinadas regiões.

A definição de aridez deriva de metodologia desenvolvida por Thornthwaite [8], posteriormente ajustado por Penman [6] com a finalidade de estabelecer classificação climática das regiões, apresentada no quadro 1. Conforme esta definição, o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva e da perda máxima possível de água através da

evapotranspiração potencial, tendo sido o índice de aridez (IA) definido como a razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial.

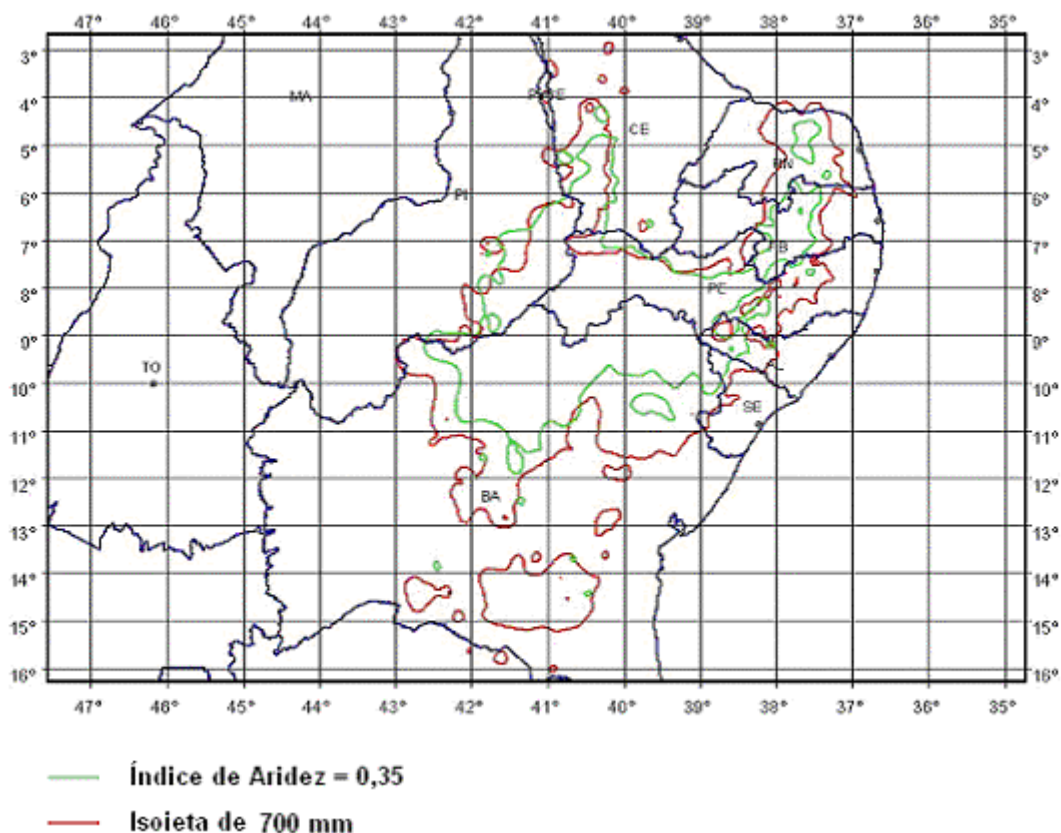


Figura 1 - Isoieta de 700 mm e delimitação da área com Índice de Aridez inferior a 0,35.

Os dados de precipitação empregados no cálculo do IA foram os mesmos usados para o cálculo da isoieta de 700mm. Os dados de evapotranspiração potencial, calculados segundo o método de Penman [7], empregando a metodologia da FAO [1], foram obtidos do estudo “Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional” [5].

O valor de referência adotado para a análise de delimitação das AERH foi 0,35, valor central da faixa de classificação da região Semi-Árida (média entre 0,20 e 0,50). Novamente, o valor foi arbitrado, mas referenciado numa classificação climática reconhecida no meio técnico.

Quadro 1 - Classificação climática com base no índice de aridez

Índice de aridez	Classificação
$IA < 0,05$	Hiper árido
$0,05 < IA < 0,20$	Árido
$0,20 < IA < 0,50$	Semi-árido
$0,50 < IA < 0,65$	Sub-úmido seco
$0,65 < IA < 1,00$	Sub-úmido úmido
$IA > 1,00$	Úmido

Fonte: FUNCEME [4]

Em síntese, optou-se por selecionar como regiões mais críticas no balanço precipitação - evapotranspiração aquelas caracterizadas como áridas e como a metade mais crítica na faixa de classificação do semi-árido. Não foi verificada a ocorrência de regiões hiper áridas no Nordeste brasileiro.

### Presença de sistemas aquíferos sedimentares

A presença de aquíferos sedimentares foi considerada na delimitação das AERH, uma vez que representa potencial fonte de abastecimento e de segurança hídrica para os municípios. A principal referência utilizada no trabalho foi o Mapa geológico do Brasil, em escala 1:2.500.000, produzido pela CPRM [2], com informações tratadas por Zoby [9]. A figura 2 ilustra a sobreposição dos indicadores selecionados com a localização dos sistemas aquíferos.

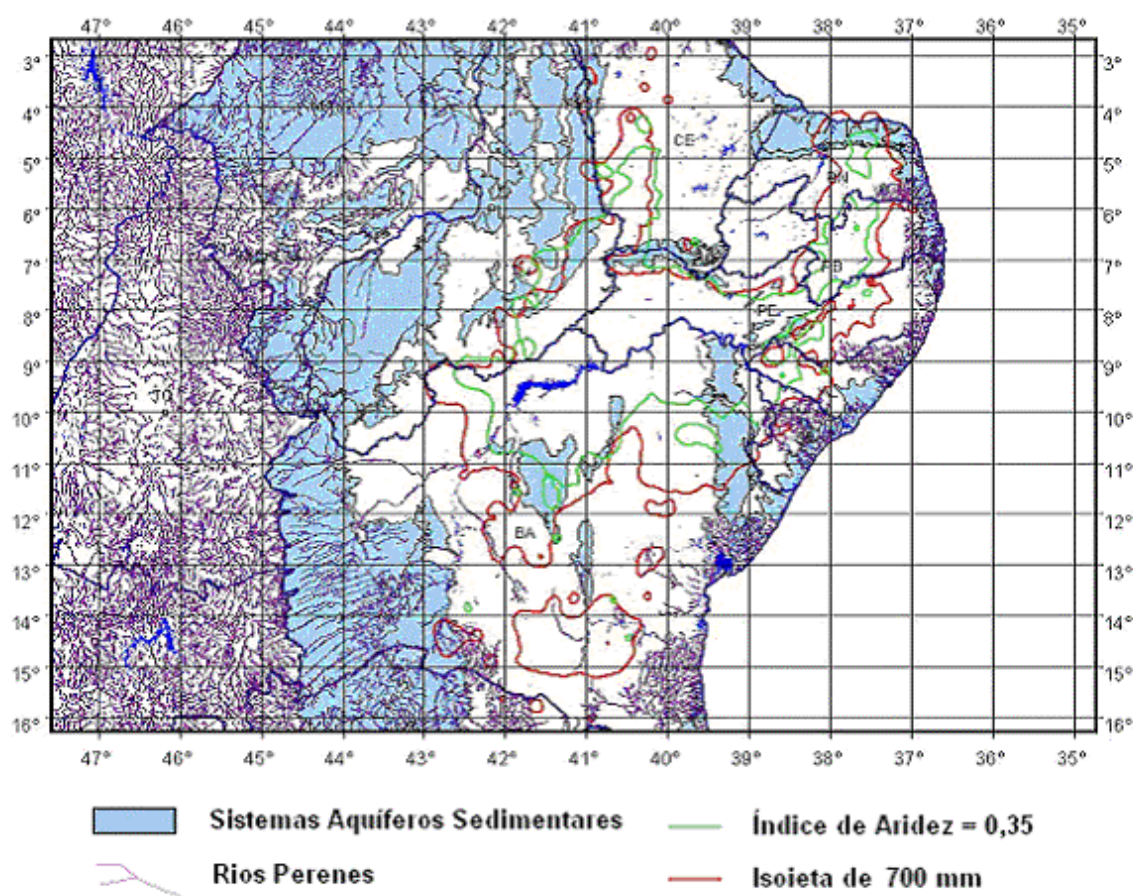


Figura 2 - Sistemas aquíferos sedimentares e rios perenes

Os principais sistemas aquíferos presentes nas áreas delimitadas pela isoieta de referência e/ou pelo índice de aridez de referência foram o Bambuí na província hidrológica São Francisco, o Serra Grande na província hidrológica Parnaíba, o Exú na província hidrológica Escudo Oriental, o Marizal, o Exú e o Jandaíra na província hidrológica Costeira, conforme figura 3.



Os limites das AERH foram estabelecidos considerando a presença destes aquíferos, que foram definidores nos casos dos sistemas Serra Grande, Marizal e Jandaíra. Áreas com precipitações reduzidas e índices de aridez críticos foram excluídas das AERH em virtude da presença destes sistemas aquíferos sedimentares, que representam boa alternativa de abastecimento de água bruta.

Os municípios localizados no sistema aquífero Bambuí não foram excluídos das AERH para manter a continuidade do polígono, mas numa futura priorização de investimentos ou definição de critérios de criticidade deverá ser considerada a presença deste significativo sistema aquífero.

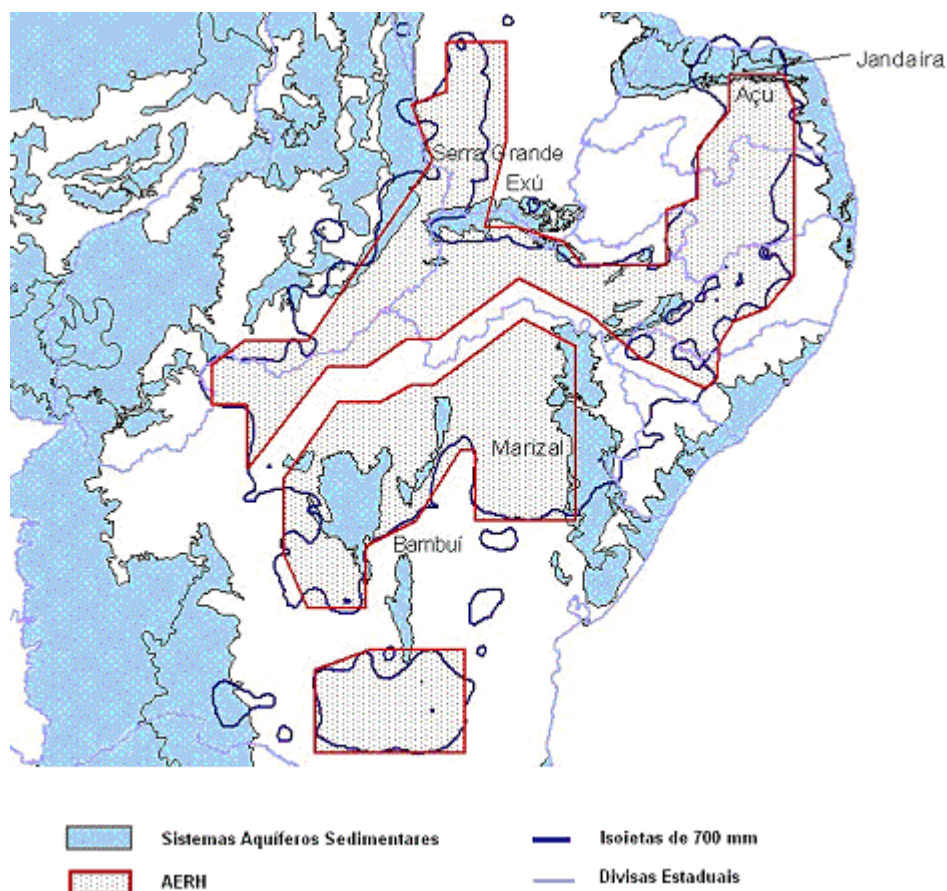


Figura 3 - Sistemas aquíferos sedimentares na área do trabalho

### Presença de rios perenes

A presença de rios perenes com elevado porte ou com grande capilaridade também foi avaliada como fator de segurança hídrica. A base utilizada deriva de digitalização da base cartográfica do IBGE (escala 1:1.000.000) com esta temática.

Foram excluídas as áreas com grande densidade de drenagem de rios perenes como as localizadas ao longo do litoral Leste do nordeste, entre os estados do Rio Grande do Norte e Bahia,

notadamente áreas localizadas no oeste do estado de Sergipe, e áreas lindeiras do rio São Francisco, numa faixa de 50 km de largura, tendo como centro o eixo do próprio rio.

Foi ainda baseado neste critério, que foi excluído o município de Jequié na Bahia, que, mesmo estando no limite da isoietas de 700 mm, localiza-se às margens do Rio de Contas.

Há que se ressaltar que a delimitação das áreas foi estabelecida com referencial indicador básico, a pluviometria, tendo sido arbitrado o limite de 700 mm, a partir do qual foram sendo adicionadas ou subtraídas áreas a partir da sobreposição dos demais indicadores.

Conforme se pode observar na figura 1, as curvas de índice de aridez igual a 0,35 delimitam uma área crítica muito parecida com a delimitada pela isoietas de 700 mm, embora menor. Isso era esperado, uma vez que a precipitação é o numerador da razão que define o índice de aridez, contudo, serviu apenas para confirmar a criticidade em grande parte da área delimitada pela precipitação média de 700 mm. Não foram acrescentadas ou subtraídas áreas significativas em função da distribuição espacial do índice de aridez.

Quanto ao traçado dos polígonos há que se ressaltar que foi feita uma opção por traçados regulares, com o menor número de vértices possível sem que, no entanto, houvesse comprometimento da filosofia original de delimitação.

## **RESULTADOS**

Resultaram do traçado três polígonos com área total de 321.711 km<sup>2</sup>, atingindo sete Estados da região Nordeste, Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte, num total de 359 municípios, dentre os quais 172 estão incluídos no escopo dos serviços do Atlas. O Polígono Norte (1), possui uma área total de 181.423 km<sup>2</sup>, o Polígono Central 106.127 km<sup>2</sup> e o Polígono Sul 34.161 km<sup>2</sup> (ver figura 4).

Conforme se pode verificar no quadro 2, os Estados com maior número de municípios no Atlas nas AERH são Bahia e Pernambuco. Dos estados abrangidos pelo Atlas, Maranhão, Sergipe e Minas Gerais não possuem municípios nas AERH.

**Quadro 2 - Distribuição de sedes municipais nas AERH por Estado.**

<b>Estado</b>	<b>Municípios nas AERH</b>	<b>Municípios do Atlas nas AERH</b>
Alagoas	18	7
Bahia	90	56
Ceará	18	11
Paraíba	80	25
Pernambuco	74	53
Piauí	34	3
Rio Grande do Norte	45	17
<b>Total</b>	<b>359</b>	<b>172</b>

O quadro 3 apresenta a distribuição de municípios por porte, considerando a população total (soma da urbana com a rural), considerando as projeções populacionais do IBGE para o ano de 2004. Somente Campina Grande na Paraíba e Caruaru em Pernambuco possuem população superior a 100.000 habitantes.

**Quadro 3 - Distribuição de sedes municipais nas AERH por porte.**

<b>População</b>	<b>≤ 5000 hab</b>	<b>5.000 &lt; Pop ≤ 50.000 hab</b>	<b>50.000 &lt; Pop ≤ 100.000 hab</b>	<b>Pop &gt; 100.000 hab</b>
Municípios (Projeção IBGE 2004)	67	270	20	2

As projeções populacionais para 2004 indicam uma população residente na área de cerca de 6.396.700 habitantes, com uma expectativa de vida de 62,57 anos e índice de desenvolvimento humano (IDH) médio igual a 0,6036.



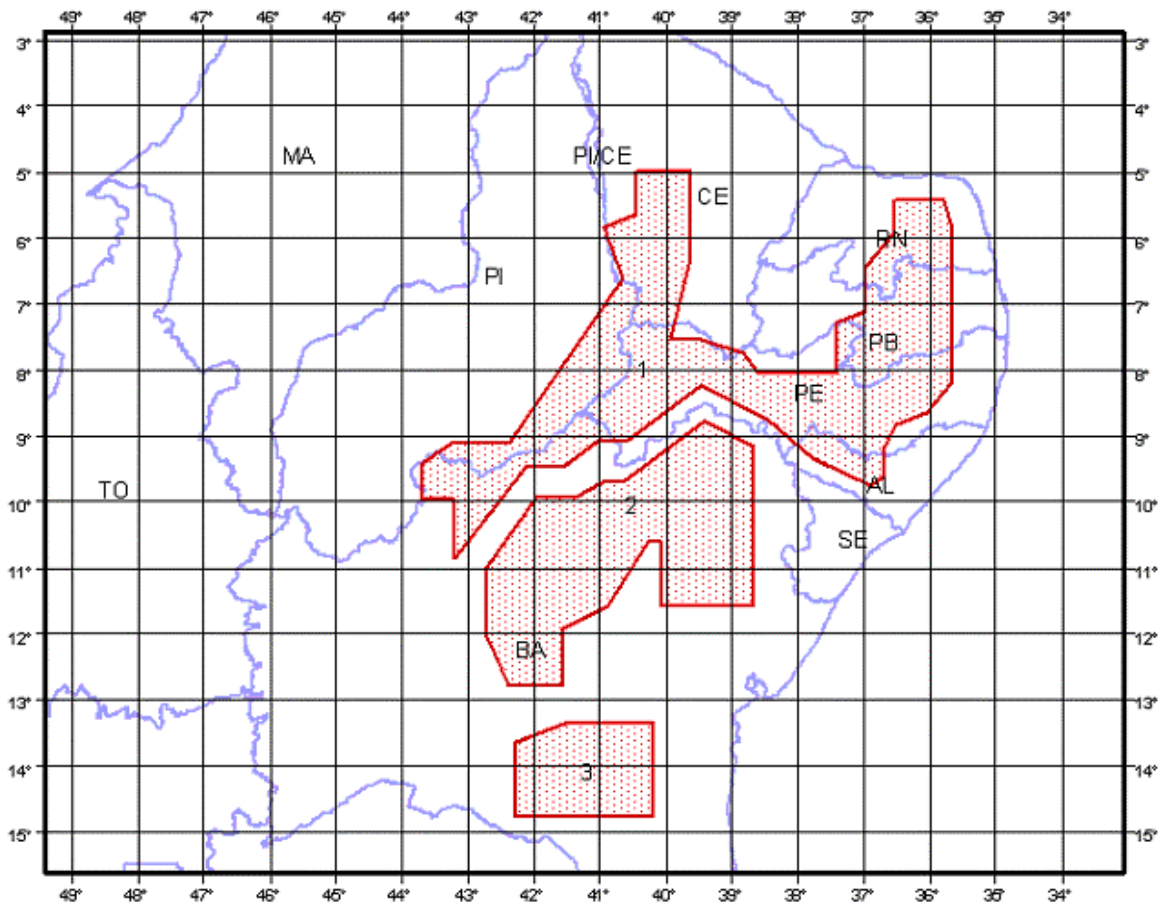


Figura 4 - Abrangência das áreas de elevado risco hídrico

A figura 5 mostra o Polígono Central e, dentre outras coisas, os municípios com população urbana superior a 5.000 habitantes. Há que se notar a concentração de significativo número destes municípios sobre a área do aquífero bambuí e fora da área delimitada pelo índice de aridez 0,35. Isso reforça a tese de que estas variáveis representam indicadores hídricos adequados para a avaliação da viabilidade de assentamentos humanos na região. Ainda que submetidos a precipitações médias anuais inferiores a 700 mm, pode-se perceber que a presença do aquífero Bambuí provavelmente viabilizou a ocupação nesta região específica.

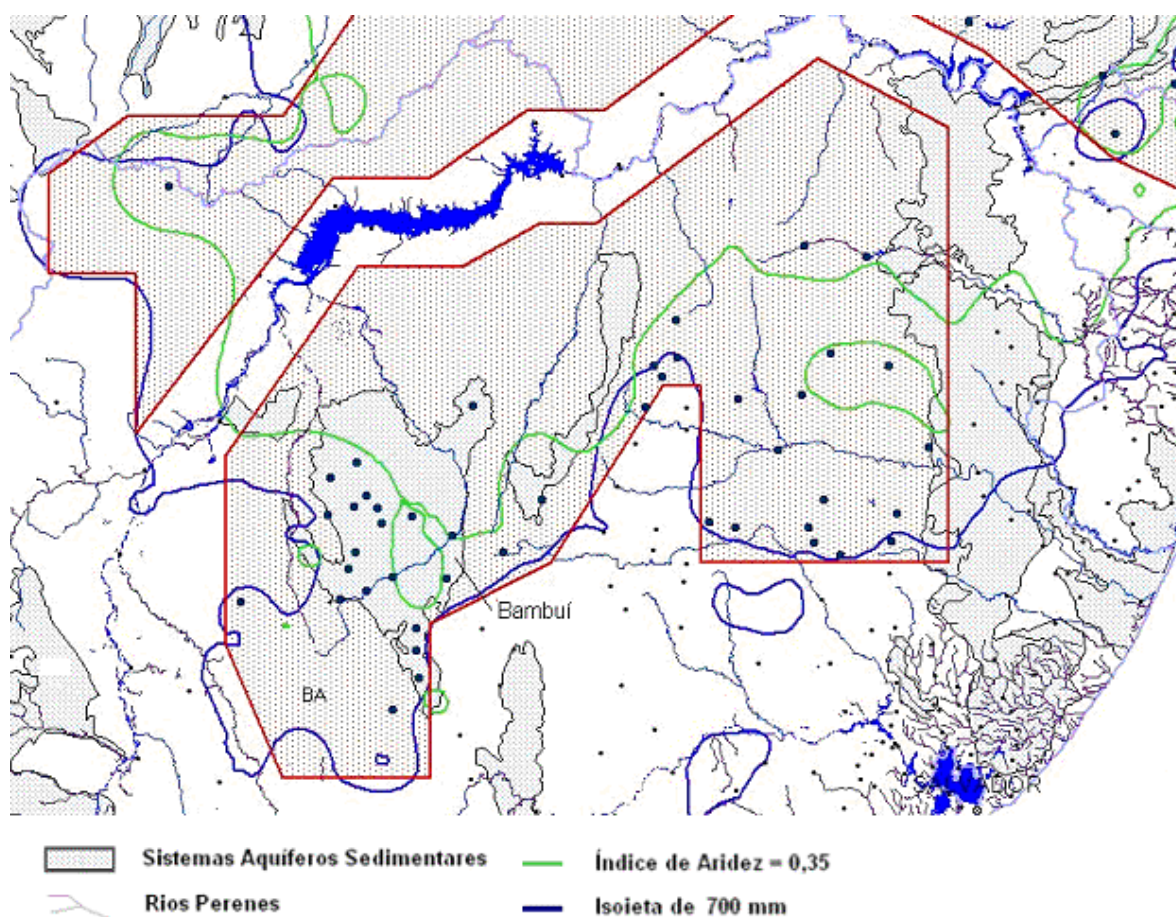


Figura 5 – Polígono Central e distribuição espacial dos municípios do Atlas

A figura 6 mostra o mapa resultante do trabalho de delimitação das AERH e as variáveis hídricas espacializadas consideradas. Já o mapa da figura 7 apresenta os limites das AERH e a hidrografia da região.

As figuras apenas ilustram os mapas, que foram originalmente elaborados em formatos A3, em escala adequada à visualização de seus elementos gráficos.

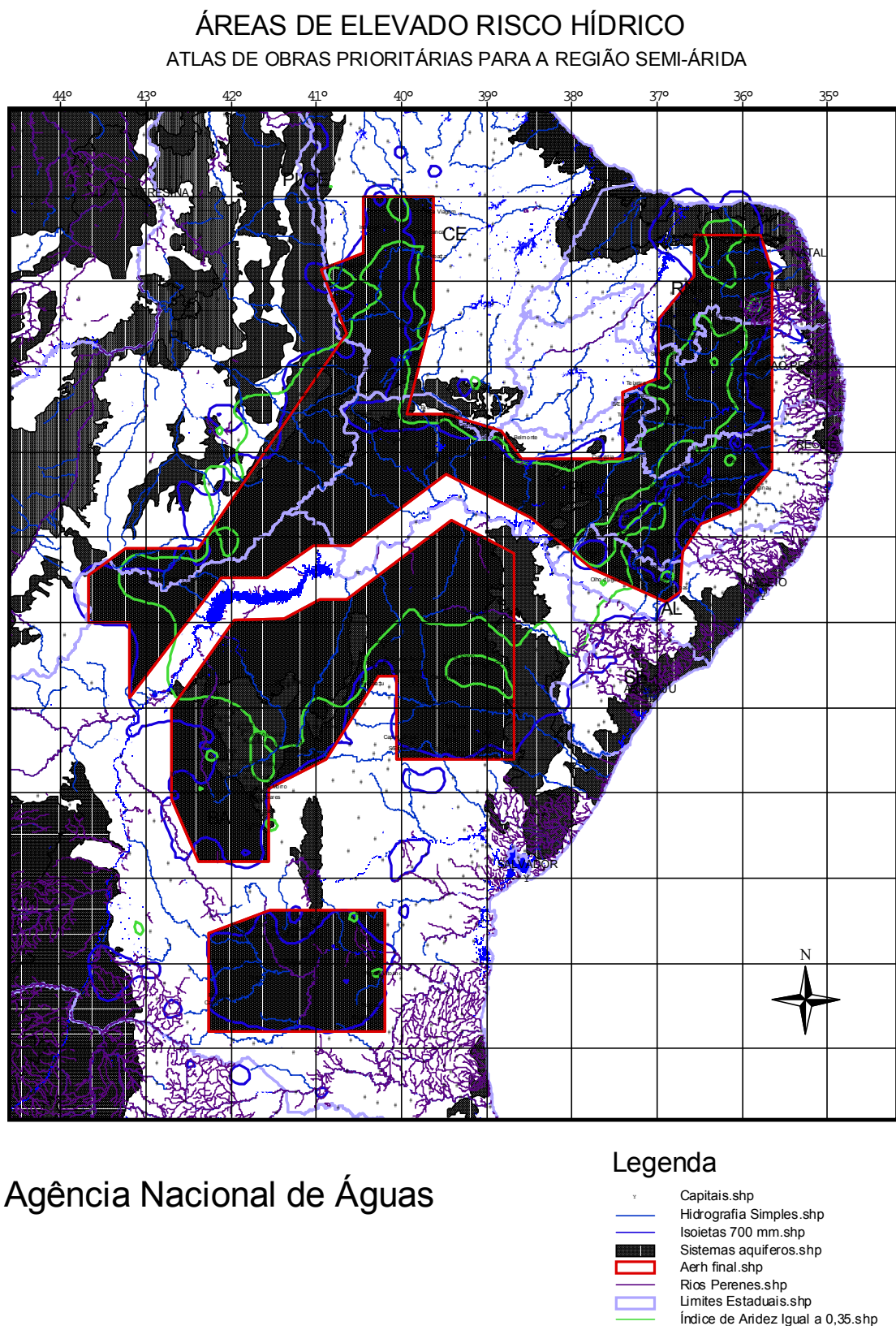


Figura 6 - Mapa com AERH e variáveis hídricas consideradas

## ÁREAS DE ELEVADO RISCO HÍDRICO

ATLAS DE OBRAS PRIORITÁRIAS PARA A REGIÃO SEMI-ÁRIDA

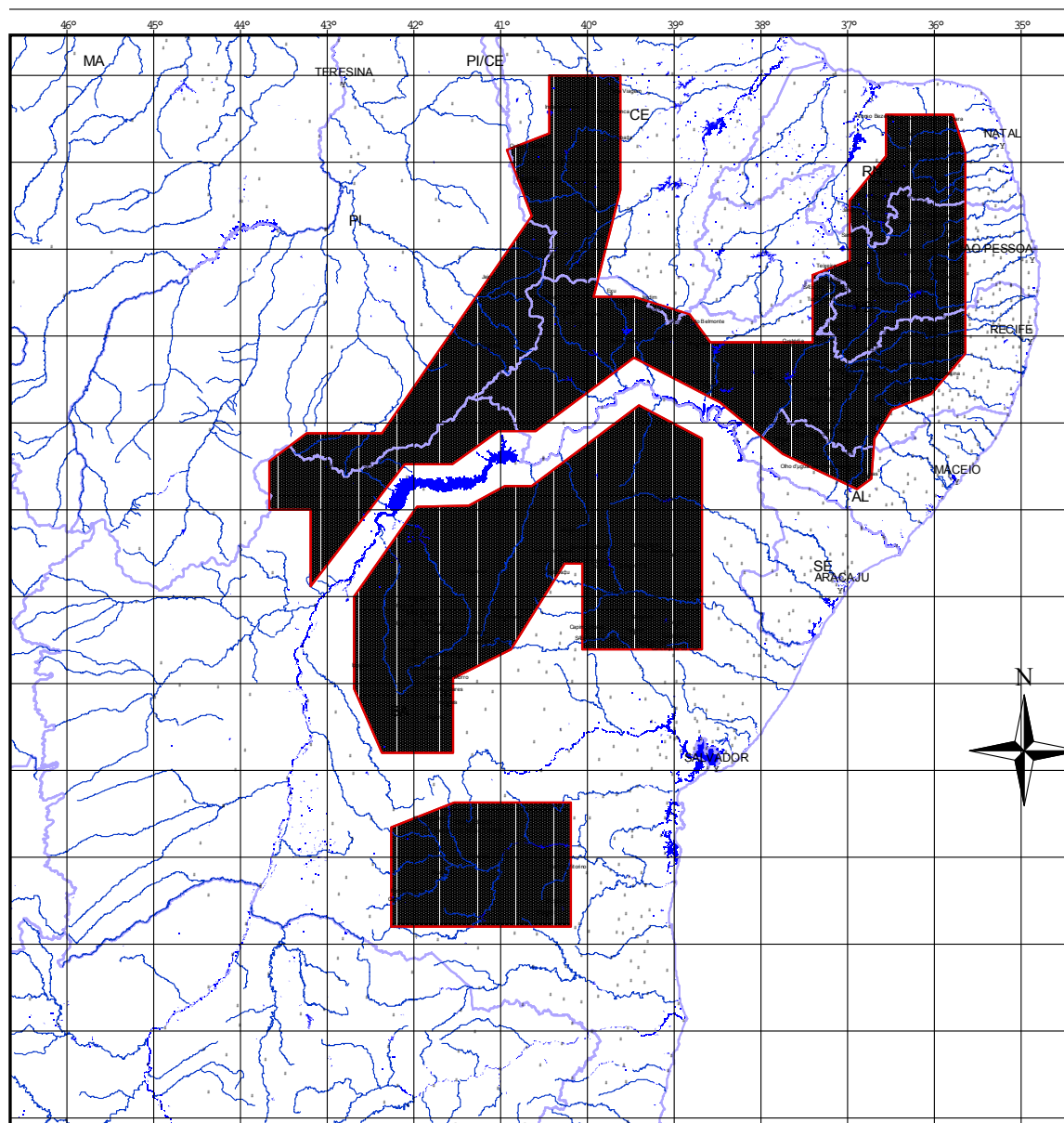


Figura 7 - Mapa com AERH e hidrografia



O quadro 4 mostra a listagem de municípios localizados nas AERH e objeto de estudo para elaboração do Atlas, discretizados por estado.

Quadro 4 Distribuição de sedes municipais abrangidas pelo Atlas nas AERH por Estado.

Nº	Nome	UF	58 Tucano	BA	117 Floresta	PE
1	Craíbas	AL	59 Uauá	BA	118 Iati	PE
2	Inhapi	AL	60 Uibaí	BA	119 Ibimirim	PE
3	Major Isidoro	AL	61 Umburanas	BA	120 Inajá	PE
4	Maravilha	AL	62 Valente	BA	121 Ipubi	PE
5	Olho d'Água das Flores	AL	63 Várzea Nova	BA	122 Itaíba	PE
6	Ouro Branco	AL	64 Araripe	CE	123 Itapetim	PE
7	Santana do Ipanema	AL	65 Assaré	CE	124 Jataúba	PE
8	América Dourada	BA	66 Boa Viagem	CE	125 Jupi	PE
9	Antônio Gonçalves	BA	67 Campos Sales	CE	126 Lajedo	PE
10	Araci	BA	68 Catarina	CE	127 Mirandiba	PE
11	Barra da Estiva	BA	69 Independência	CE	128 Moreilândia	PE
12	Barra do Mendes	BA	70 Parambu	CE	129 Ouricuri	PE
13	Barro Alto	BA	71 Pedra Branca	CE	130 Parnamirim	PE
14	Brumado	BA	72 Quiterianópolis	CE	131 Pedra	PE
15	Caculé	BA	73 Saboeiro	CE	132 Pesqueira	PE
16	Cafarnaum	BA	74 Tauá	CE	133 Poção	PE
17	Campo Alegre de Lourdes	BA	75 Alagoa Nova	PB	134 Riacho das Almas	PE
18	Campo Formoso	BA	76 Arara	PB	135 Salgueiro	PE
19	Canarana	BA	77 Araruna	PB	136 Salóá	PE
20	Cansanção	BA	78 Areia	PB	137 Sanharó	PE
21	Canudos	BA	79 Aroeiras	PB	138 Santa Cruz do Capibaribe	PE
22	Capim Grosso	BA	80 Barra de Santa Rosa	PB	139 São Bento do Una	PE
23	Central	BA	81 Boqueirão	PB	140 São Caitano	PE
24	Conceição do Coité	BA	82 Cacimba de Dentro	PB	141 São José do Belmonte	PE
25	Euclides da Cunha	BA	83 Campina Grande	PB	142 São José do Egito	PE
26	Ibipeba	BA	84 Cuité	PB	143 Sertânia	PE
27	Ibititá	BA	85 Esperança	PB	144 Surubim	PE
28	Ipupiara	BA	86 Juazeirinho	PB	145 Tacaimbó	PE
29	Iraquara	BA	87 Lagoa Seca	PB	146 Taquaritinga do Norte	PE
30	Irecê	BA	88 Monteiro	PB	147 Toritama	PE
31	Itiúba	BA	89 Nova Floresta	PB	148 Trindade	PE
32	Jaguarari	BA	90 Picuí	PB	149 Tupanatinga	PE
33	João Dourado	BA	91 Pocinhos	PB	150 Tuparetama	PE
34	Jussara	BA	92 Queimadas	PB	151 Venturosa	PE
35	Lapão	BA	93 Remígio	PB	152 Vertentes	PE
	Livramento de Nossa		94 Santa Luzia	PB	153 Fronteiras	PI
36	Senhora	BA	95 Serra Branca	PB	154 Jaicós	PI
37	Manoel Vitorino	BA	96 Solânea	PB	155 Paulistana	PI
38	Maracás	BA	97 Soledade	PB	156 Acari	RN
39	Monte Santo	BA	98 Sumé	PB	157 Afonso Bezerra	RN
40	Morro do Chapéu	BA	99 Taperoá	PB	158 Carnaúba dos Dantas	RN
41	Mulungu do Morro	BA	100 Agrestina	PE	159 Cruzeta	RN
42	Pindobaçu	BA	101 Águas Belas	PE	160 Currais Novos	RN
43	Planalto	BA	102 Alagoinha	PE	161 Jaçanã	RN
44	Poções	BA	103 Altinho	PE	162 Jardim do Seridó	RN
45	Presidente Dutra	BA	104 Araripina	PE	163 João Câmara	RN
46	Queimadas	BA	105 Arcoverde	PE	164 Lagoa Nova	RN
47	Retirolândia	BA	106 Belo Jardim	PE	165 Lajes	RN
48	Rio de Contas	BA	107 Bezerros	PE	166 Parelhas	RN
49	Rio do Antônio	BA	108 Bodocó	PE	167 Pedro Avelino	RN
50	Santaluz	BA	109 Brejo da Madre de Deus	PE	168 Santa Cruz	RN
51	São Gabriel	BA	110 Buíque	PE	169 São José do Campestre	RN
52	São José do Jacuípe	BA	111 Cachoeirinha	PE	170 São Paulo do Potengi	RN
53	Seabra	BA	112 Caetés	PE	171 São Tomé	RN
54	Senhor do Bonfim	BA	113 Caruaru	PE	172 Tangará	RN
55	Souto Soares	BA	114 Cedro	PE		
56	Tanhaçu	BA	115 Cumaru	PE		
57	Teofilândia	BA	116 Custódia	PE		

## DISCUSSÃO

A proposta de delimitação de Áreas de Elevado Risco Hídrico no Semi-Árido brasileiro contribui para a análise de variáveis regionais afim de estabelecer classificações geoclimáticas que podem ser adotadas no estabelecimento de estratégias de uso racional e conservativo da água, de uso e ocupação espacial na região e de priorização de investimentos governamentais.

As variáveis selecionadas no trabalho adicionam à precipitação, tradicional indicador adotado para delimitação de áreas críticas e medida de entrada de água, novas dimensões geoclimáticas que melhor traduzem a dinâmica da água, como i) capacidade de armazenamento no solo, um indicador de permanência da água; ii) a presença de cursos d'água perenes, indicador do trânsito da água e iv) a evapotranspiração potencial, indicador de perdas.

Este trabalho não pode ser confundido com indicador de disponibilidade hídrica local, uma vez que não foram utilizados indicadores de demanda hídrica, mas considera-se que este esforço deve ser adotado como indicador regional de risco de escassez hídrica baseado em fatores geoclimáticos. Outro aspecto a ser ressaltado é a necessidade de melhor caracterização das disponibilidades de sistemas aquíferos locais em termos quantitativos e qualitativos na análise de alternativas de suprimento de água bruta.

## CONCLUSÕES

- A metodologia de análise regional do risco de escassez no Semi-Árido pode servir à priorização de intervenções e definição de estratégias governamentais para a região;
- a adoção do índice de aridez para avaliação de risco hídrico mostrou-se adequada à caracterização climática da região e sua relação com a densidade de aglomerações urbanas;
- a concentração de municípios sobre o aquífero Bambuí indica que a presença de sistemas aquíferos sedimentares podem viabilizar a ocupação urbana apesar da baixa precipitação;
- outro indicador que pode ser incrementado à análise em estudos futuros é a profundidade do solo e a natureza de sua formação geológica, uma vez que aumenta o conhecimento sobre a capacidade de armazenamento da água no solo.;
- a análise indica a necessidade de se estabelecer uma estratégia diferenciada para o abastecimento de água bruta a sedes municipais, de acordo com suas disponibilidades e limitações geoclimáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERRIER, A. “*An update for the calculation of reference evapotranspiration.*” ICID BULLETIN, 1994b, v.43, n.2, p.35-91.
- [2] CPRM, “*Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil SIG –Mapas na escala 1:2.500.000*”, em CD-ROM, 2001.
- [3] FORMIGA, K.T.M. et al. ; GONDIM FILHO, JOAQUIM G. C.; MURTHA, NEY A. e LIMA JR, JOSÉ A. “*Utilização do Índice de Aridez Associado a Níveis de Risco como Subsídio na Delimitação do Semi Árido*”, VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.
- [4] FUNCEME, “*Índice de Aridez para o Ceará*”. Disponível em <http://www.funceme.br/dehid/aridez/index.htm> em agosto de 2004.
- [5] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, “*Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN*”, Brasília, 2003.
- [6] PENMAN, H. L. “*The Physical Bases of Irrigation Control*”, Report 13th Int. Hort. Congr, London: Royal Horticultural Society, 1953, v. 2, p. 913-924.
- [7] PENMAN, H. L. “*Evaporation: in introductory survey*”, Netherlands Journal of Agricultural Science, Wageningen, 4, 1956. p. 09-29.
- [8] THORNTHWAITE, C. W. “*Atlas of climatic types in the United States 1900-1939*”, U. S. Dept. of Agri. Miscellaneous Publications No. 421, 1941, 9 pp. text, 48 pp. maps.
- [9] ZOBY, JOSÉ L. G. “*Mapa dos principais sistemas aquíferos do país em Arcview*” - Nota Técnica 025 / Spr / 2003 Agência Nacional de Águas, Brasília, Julho 2003.