

# Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE<sup>1</sup>

## Characterization of the groundwater availability in the Trussu Valley-CE

Helba Araújo de Queiroz Palácio<sup>2</sup>, José Alves Carneiro Neto<sup>2</sup>, Adunias dos Santos Teixeira<sup>3</sup>  
e Eunice Maia de Andrade<sup>3</sup>

### RESUMO

O regime irregular de chuvas e a elevada evaporação que caracterizam a região Nordeste do Brasil e seu clima semi-árido, tendem a limitar significativamente a disponibilidade hídrica ao longo da estação seca e causar alterações na concentração de sais na água. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar as potencialidades de uso das águas empregadas na irrigação no vale do Trussu-CE quanto à sua qualidade e disponibilidade. Durante o ano de 2003, foram realizadas três medições (junho, setembro e dezembro) de rebaixamento do lençol freático e realizada a avaliação da salinidade da água durante a estação seca em poços rasos (cacimbões) da região no aluvião do rio Trussu, município de Iguatu, Ceará, Brasil. Através da utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi gerado um mapa com as áreas homogêneas de qualidade e disponibilidade de água. Os resultados mostraram que 10,4% da área apresentaram águas com condutividade elétrica (CE) de 0 a 0,5 dS.m<sup>-1</sup> e rebaixamento de lençol freático de 0 a 1,0 m; 17,5% da área apresentam águas com CE variando de 0,5 a 0,7 dS.m<sup>-1</sup> e um rebaixamento entre 0 e 1,5 m; e os 72,1% restantes apresentaram águas com CE entre 0,7 e 3,0 dS.m<sup>-1</sup> e rebaixamento de lençol freático variando até 2,26 m. Os recursos gráficos disponibilizados pelo geoprocessamento na geração do modelo numérico do terreno - MNT em conjunto com dados coletados em campo utilizados na elaboração dos mapas temáticos permitiram a delimitação de áreas homogêneas quanto à disponibilidade hídrica.

**Termos para indexação:** Qualidade de água, SIG, água subterrânea.

### ABSTRACT

The Northeast area of Brazil, with semi-arid climate, is characterized by the variability of its regime of rains and the high evaporation that tend to limit significantly water availability during dry seasons and generate gradients on salts concentration. On this paper groundwater depletion and water salinity were evaluated at the end of the dry season by taking samples in shallow wells, in the alluvium area of the Trussu river (Iguatu County, Ceará, Brazil). Using geoprocessing tools, maps for homogeneous areas of water quality and availability was generated. Results showed that 10.41% of the area in study present waters with electric conductivity (EC) ranging from 0 to 0.5 dS.m<sup>-1</sup> and water depletion from 0 to 1.0 m; 17.50% of the area presented EC ranging from 0.5 to 0.7 dS.m<sup>-1</sup> and water depletion from 0 e 1.5 m. The remaining 72.09% presented EC from 0.7 to 3.0 dS.m<sup>-1</sup> and water depletion up to 2.26 m. Thus geoprocessing tools applied to the digital elevation map, along with data collected in the field were able to rank areas by its groundwater availability.

**Index terms:** Water quality, GIS, groundwater.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em: 21/07/2004. Aprovado em: 14/09/2004.

<sup>2</sup> Licenciada em Ciências Agrícolas. Profa da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-Ce. Mestranda em Irrigação e Drenagem - CMID/UFC. E-mail: helbaaraujo@bol.com.br

<sup>3</sup> Eng. Civil, Mestrando em Irrigação e Drenagem - CMID/UFC. E-mail: aneto@sobral.org

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof do Departamento de Eng. Agrícola, CCA/UFC. E-mail: adunias@ufc.br

## Introdução

As regiões áridas e semi-áridas do mundo representam aproximadamente um terço do globo terrestre (Schilfgarde, 1995). Estas zonas se caracterizam por uma alta variabilidade temporal na distribuição das chuvas, com valores de evapotranspiração potencial, em algumas situações, superiores a 2.000 mm.ano<sup>-1</sup> (IPLANCE, 1997). O semi-árido do Brasil, que ocupa uma superfície equivalente a 54% da região Nordeste, sempre apresentou problemas sócio-econômicos influenciados muito mais pela má distribuição temporal e espacial das precipitações do que pela insuficiência global deste recurso (Feldmann, 1994). Para aumentar as limitações da região, 85% da área encontra-se sobre rochas cristalinas impermeáveis, onde a água subterrânea de má qualidade encontra-se nas fraturas das rochas. Associado à escassez de água, ocorre o problema da falta de garantia de oferta hídrica, uma vez que no semi-árido ocorrem os fenômenos das secas e, em sua grande maioria, os rios não são perenes.

Nas regiões semi-áridas, durante a estação seca, a prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola em bases sustentáveis e com segurança (Souza, 2000). A agricultura irrigada se constitui numa importante alternativa, como forma de garantir a produção de alimentos, mesmo em períodos de escassez de chuvas, onde ocorre deficit hídrico para as plantas, uma vez que a taxa de evapotranspiração excede a de precipitação durante a maior parte do ano (Hargreaves, 1974).

As precipitações ocorridas no decorrer da estação chuvosa são responsáveis pela recarga dos aquíferos aluviais. Durante o período seco, ocorre a redução do rebaixamento do lençol freático em decorrência da evaporação, evapotranspiração e uso da água através de poços rasos (cacimbões) para o consumo humano, agrícola e pecuária. A forma como as mudanças na água do aquífero fluem durante uma estação é gradual. Porém, é possível estudar a água subterrânea fazendo uso das condições médias de recarga e o declínio ou elevação do nível de lençol freático naquele período (Martinez, 2003; Rastogi, 1991).

Com a redução na disponibilidade de água subterrânea, ocorrida ao longo da estação seca, há, também, o aumento na concentração de sais. Cruz e Melo (1974), citado por Silva Júnior (1999), afir-

maram que o processo de evaporação é um dos fatores responsáveis pela salinização das águas subterrâneas do cristalino no Nordeste brasileiro.

Os parâmetros de condutividade elétrica (CE) e as variações no nível freático são empregados como indicadores da disponibilidade hídrica por Montenegro et al. (2003) a partir do monitoramento de poços de observação localizados em pontos estratégicos ou distribuídos ao acaso em áreas aluviais. Através de um Sistema de Informações Geográficas que é basicamente um banco de dados espaciais, podem-se acoplar diversos módulos de entrada ou importação de dados, manipulação e edição, análises espaciais, originando saídas em diversos formatos (Bohrer, 2001).

Com o uso do ArcView 3.2, que é um importante instrumento de análise espacial, pode-se criar mapas interativos utilizando-se dados de quaisquer recursos virtuais e plataformas computacionais mais populares. O ArcView dispõe de recursos para realizar diversas operações com mapas, tabelas de bancos de dados e gráficos e de inúmeras alternativas para a edição e visualização de mapas de dados, dentre eles, mapas temáticos (Rose, 2001). Assim, este estudo tem por objetivo estabelecer a potencialidade de uso das águas subterrâneas existentes nos aluviões da parte baixa da bacia do rio Trussu, utilizando ferramentas de geoprocessamento.

## Material e Métodos

### Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Iguatu-CE entre as latitudes 6° 17' 24" - 6° 21' 36" S e as longitudes 39° 16' 48" - 39° 25' 48" W, correspondendo a uma área de 11.068 hectares. Encontra-se na zona fisiográfica do Sertão Cearense, na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, sub-bacia do rio Trussu e afluente da margem esquerda do rio Jaguaribe (Figura 1).

Esta área foi escolhida por tratar-se de uma região de alto potencial para irrigação, devido a sua topografia, solos e disponibilidade de água. Com a construção do açude Roberto Costa (Trussu) em outubro de 1990, o trecho a jusante da barragem até o ponto em que o rio Trussu deságua na margem esquerda do Jaguaribe passou a ser perenizado.

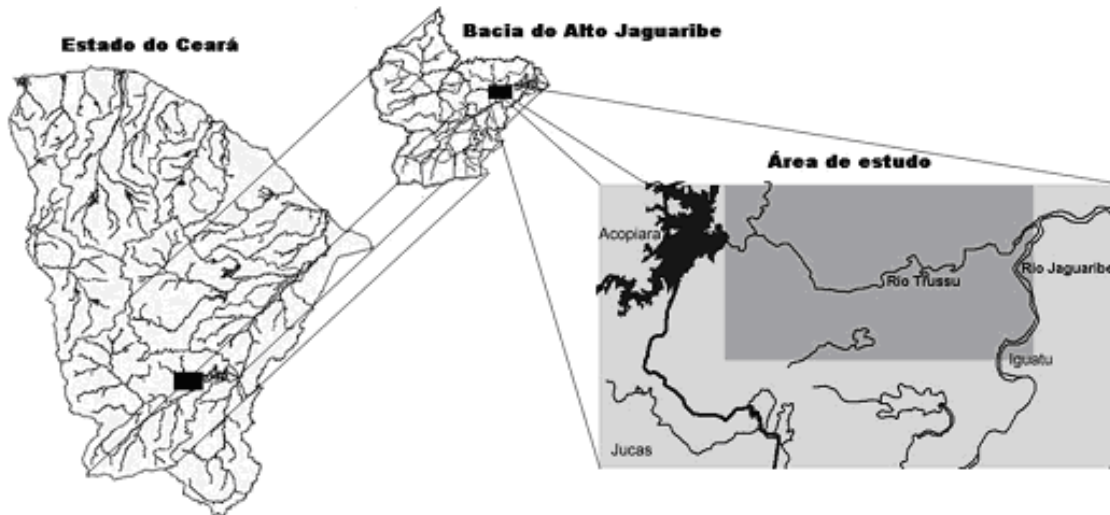


Figura 1 – Localização da área de estudo.

### Amostragem

Para coletar as informações referentes aos parâmetros de salinidade e rebaixamento do lençol freático, foram selecionados, aleatoriamente, 26 poços rasos (Figura 2), distribuídos nas duas margens do rio, ao longo de toda a extensão do aluvião. Para monitorar o rebaixamento do lençol freático, foram realizadas três leituras das cotas do nível freático ao longo da estação seca (nos meses de junho, setembro e dezembro de 2003). Foi gerado, também, o modelo numérico do terreno (MNT). Para o cálculo

do rebaixamento do lençol freático, tomou-se como base a altitude dos pontos onde estavam localizados os poços e a variação no nível do lençol freático, para as diferentes amostragens. Para a análise da salinidade dos poços, foi realizada uma coleta no final da estação seca. Esta coleta reflete o estado salino da água no seu período mais crítico, em termos de concentração de sais. As medições de condutividade elétrica foram determinadas com o auxílio de um condutivímetro portátil. A posição geográfica de cada poço pode ser vista na Tabela 1 e os dados coletados nos poços estão apresentados na Tabela 2.

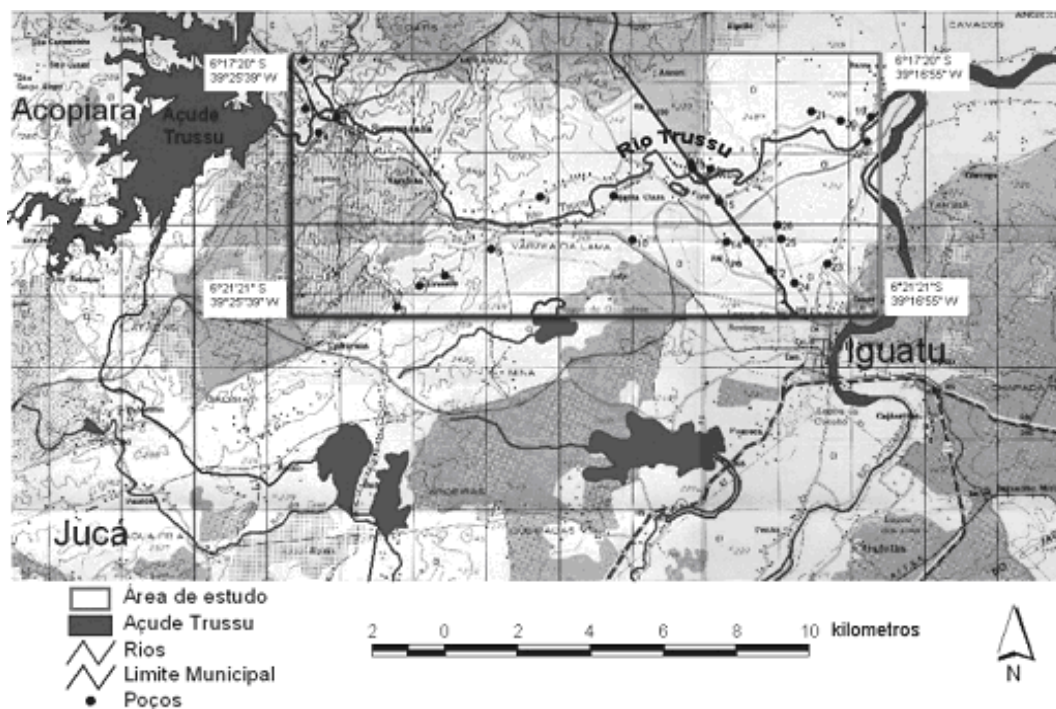


Figura 2 - Localização dos poços monitorados.

**Tabela 1** - Localização dos poços rasos na área do aluvião do rio Trussu.

Poços	UTM N	UTM E	Altitude (m)	Poços	UTM N	UTM E	Altitude (m)
01	9303247	453033	206	14	9299464	464641	245
02	9304613	452984	207	15	9300611	464420	198
03	9303000	453893	207	16	9301510	463711	195
04	9302550	453413	207	17	9301516	464185	196
05	9299259	458165	254	18	9301690	463665	195
06	9298508	456881	206	19	9303000	468610	227
07	9298239	456179	214	20	9302889	467791	228
08	9297638	455548	212	21	9303148	466966	229
09	9300737	459491	254	22	9300960	468322	230
10	9299531	462051	249	23	9298843	467406	229
11	9300760	461522	248	24	9298293	466509	245
12	9298677	465841	247	25	9299541	466131	245
13	9299526	465185	200	26	9299951	466049	243

**Tabela 2** – Dados dos poços da área em estudo. Aluvião do rio Trussu.

Poços	Jun/2003 Cotas (m)	Set/2003 Cotas (m)	Dez/2003 Cotas (m)	Var. do Nível Freático (m)	Dez/2003 CE (dS.m <sup>-1</sup> )
01	205,61	204,76	203,33	2,28	0,22
02	223,86	222,94	221,89	1,97	0,84
03	212,28	211,78	210,70	1,58	0,69
04	205,44	204,69	203,88	1,56	0,40
05	245,84	245,12	244,34	1,50	0,79
06	210,17	209,57	208,93	1,24	0,93
07	205,63	204,96	204,45	1,18	0,85
08	190,20	189,80	189,05	1,15	0,37
09	226,60	226,18	225,46	1,14	1,55
10	223,27	223,18	222,15	1,12	0,94
11	192,62	191,82	191,52	1,10	0,68
12	190,50	189,95	189,48	1,02	0,71
13	249,37	249,13	248,38	0,99	0,30
14	250,69	250,13	249,77	0,92	1,37
15	242,62	242,22	241,73	0,89	0,19
16	240,94	240,64	240,21	0,73	1,58
17	195,62	195,26	194,92	0,70	0,39
18	241,18	240,92	240,54	0,64	0,62
19	242,93	242,67	242,33	0,60	1,05
20	193,37	193,11	192,83	0,54	0,23
21	239,02	238,90	238,48	0,54	1,60
22	242,66	245,28	242,17	0,49	0,33
23	201,44	201,39	201,09	0,35	1,39
24	223,81	223,66	223,51	0,30	1,00
25	222,41	222,10	222,26	0,15	0,73
26	206,09	206,12	206,04	0,05	0,28

Para definir as classes de qualidade das águas quanto à salinidade, tomou-se como base os valores de CE estabelecidos por Brasil/CONAMA (1986) para a classe 1. Nesta classe, estão enquadradas as águas adequadas para o consumo humano e a condutividade elétrica não pode ultrapassar  $0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ . Para as demais classes, foram adotados os limites de salinidade da água para irrigação estabelecidos pela University of California Committee of Consultants (Ayers e Westcot, 1999). A Tabela 3 apresenta as classes adotadas com os respectivos intervalos da condutividade elétrica.

Dado que os solos da área de estudo são em sua quase totalidade Neossolos flúvicos, possuindo uma camada saturada com espessura média de cinco metros (Ceará, 1992), e que o rebaixamento máximo para o período foi de 2,26 m, foram definidas cinco classes para estratificar o rebaixamento do lençol freático conforme Tabela 4.

Em seguida, realizou-se uma nova classificação de critérios múltiplos, utilizando os parâmetros da Tabela 5, para obter o mapa de potencialidade de uso das águas aluviais do vale perenizado do rio Trussu.

**Tabela 3** - Critérios para classificação da área quanto as limitações de uso apresentadas pela condutividade elétrica da água.

Classe	Condutividade elétrica ( $\text{dS.m}^{-1}$ )
1	0 – 0,5
2	0,5 – 0,7
3	0,7 – 3,0
4	>3,0

Fonte: Ayers e Westcot (1999).

**Tabela 4** – Critérios para classificação da área quanto ao parâmetro de disponibilidade hídrica.

Classe	Rebaixamento do lençol freático (m)
1	< 0,5
2	0,5 – 1,0
3	1,0 – 1,5
4	1,5 – 2,0
5	> 2,0

**Tabela 5** - Critérios para classificação da potencialidade de uso das águas do baixo Trussu quanto aos parâmetros de qualidade e disponibilidade de água.

Classe	Condutividade	Rebaixamento do
	Elétrica ( $\text{dS.m}^{-1}$ )	lençol freático (m)
Excelente	< 0,5	< 1,0
Boa	< 0,7	< 1,5
Regular	> 0,5 e < 3,0	< 2,0
Inapropriada	> 3,0	> 2,0

## Geoprocessamento

Através do modelo numérico do terreno, determinou-se a localização dos poços monitorados e suas respectivas altitudes. Com base nos dados coletados em campo, geraram-se as grades de CE e rebaixamento de lençol freático através do método de interpolação por krigagem e, variograma linear.

De posse das matrizes de pontos, foram feitas as classificações das áreas consideradas similares com relação à CE, de acordo com a Tabela 3. Já com relação à disponibilidade hídrica, adotaram-se os níveis de rebaixamento da Tabela 4 na definição das regiões homogêneas. Em seguida, foram gerados mapas de condutividade elétrica e disponibilidade hídrica da área em estudo. Tendo como base os dois mapas anteriores, gerou-se um novo mapa de áreas homogêneas quanto à qualidade e à disponibilidade de água para a região em estudo, definindo-se assim, o mapa de potencialidade de uso das águas de acordo com a Tabela 5.

## Resultados e Discussão

A distribuição irregular dos poços pode ter provocado alguma distorção nas interpolações, tanto para a CE como para o rebaixamento diferenciado do lençol. Além disso, a intensidade diferenciada no uso do poço introduz variação na disponibilidade, influenciando no fator recarga natural. Mesmo assim, quando foram feitas as interpolações, foi possível definir regiões onde a condutividade elétrica apresentava valores inferiores aos encontrados em campo (Figura 3). Ainda pela referida figura, pode-se observar a definição de cinco regiões distintas com relação aos valores de condutividade elétrica.

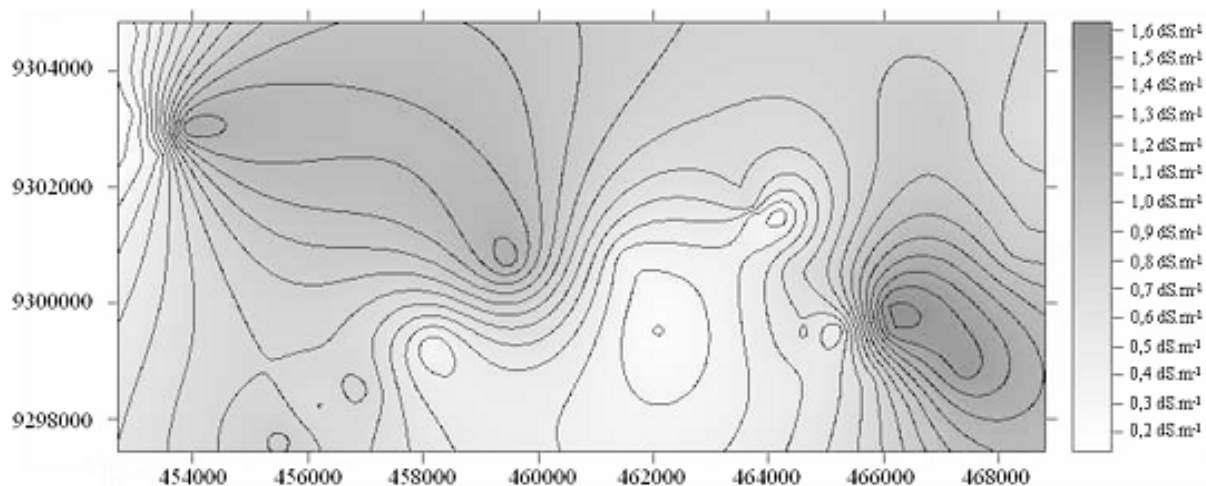


Figura 3 - Mapa dos níveis de condutividade elétrica para aluviões das áreas baixas do rio Trussu.

Através do mapa que categoriza as áreas em relação ao parâmetro condutividade elétrica (Figura 4), observou-se que a classe 1 ( $CE < 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ ) é composta por duas áreas as quais correspondem a 18% da área aluvial do baixo Trussu. Essas águas são consideradas sem restrição para uso na irrigação, em termos de salinidade (Ayers e Westcot, 1999). A classe 2, com 13%, compreende as águas com condutividade elétrica de  $0,5$  a  $0,7 \text{ dS.m}^{-1}$ , valores que são considerados com ligeiras restrições de uso para a irrigação de culturas sensíveis por Ayers e Westcot (1999). Para os 69% restantes da área, as águas foram enquadradas na classe 3, ou seja, águas

com condutividade elétrica entre  $0,7$  a  $3,0 \text{ dS.m}^{-1}$ .

Segundo os autores supra citados, o emprego destas águas, para a irrigação de culturas sensíveis, apresenta restrição de uso de ligeira a moderada. Segundo os valores estipulados pela Tabela 3, obteve-se um total de 3.426 ha com águas de boa qualidade para o consumo humano (Brasil/CONAMA, 1986) e/ou irrigação (Ayers e Westcot, 1999) no que diz respeito à salinidade. Nesta área se encontra inserido um total de 14 poços dos 26 amostrados. O restante da área (7.643 ha) armazena águas que podem ser utilizadas para a irrigação com certo grau de restrição de uso.

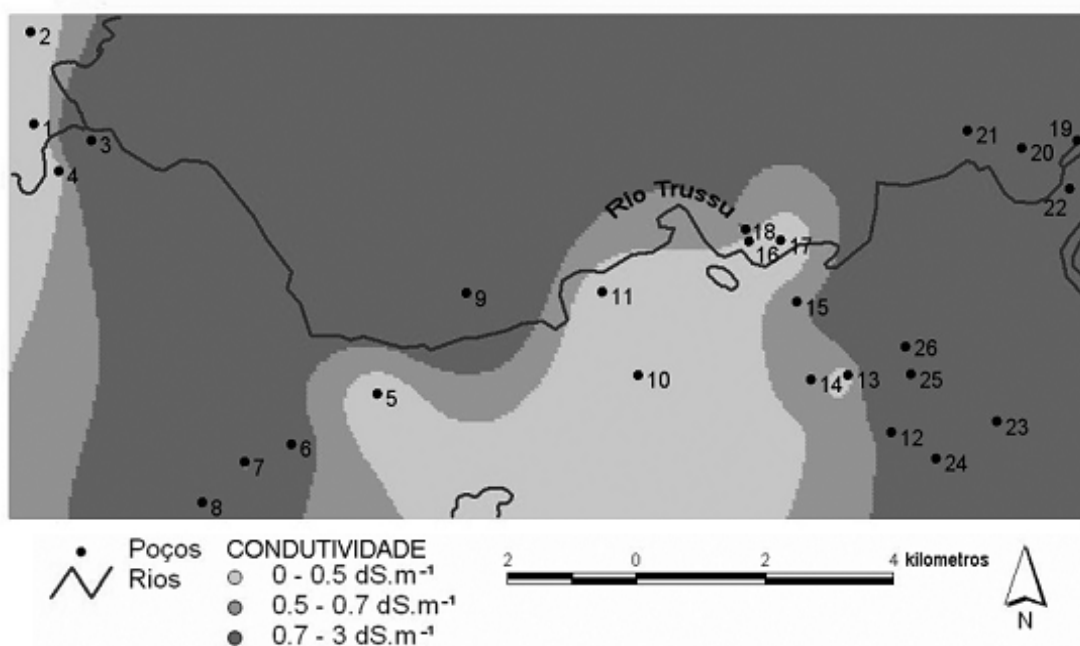


Figura 4 - Mapa de categorização de áreas aluviais do rio Trussu, quanto aos valores de condutividade elétrica.

A Figura 5 apresenta as zonas similares de rebaixamento do lençol freático delimitadas por krigagem. Verificam-se variações de apenas 0,4 m, localizadas na parte superior da área, à margem esquerda do rio Trussu. Acredita-se que tal fato possa vir a ser decorrência da pequena concentração de poços nesta região, com apenas dois poços nesta área. Já as áreas localizadas, principalmente, à margem esquerda do rio Trussu apresentaram um rebaixamento variando de 0,4 a 1,3 m, o que corresponde à área com maior concentração de poços. Encontraram-se também outras áreas de rebaixamento entre 1,3 e 2,2 m, distribuídas em pequenas manchas, bem como uma área de rebaixamento entre 0 e 0,4 m próximo ao açude em uma região de maior altitude.

Através da definição das categorias de variação do lençol freático (Figura 6), pode-se observar que as zonas com um rebaixamento inferior a 0,5 m corresponde a 28% da área em estudo. Acredita-se que, nesta situação, houve distorção dos valores reais, pois nesta região localizam-se as maiores altitudes da área (Figura 6). Encontra-se mais na região central e à margem direita do rio Trussu outra área homogênea apresentando rebaixamento de lençol entre 0,5 e 1,0 m. Esta área representa 41% do total da superfície, possui uma topografia suave ondulada e registra as menores altitudes do terreno; concentrando também a grande maioria dos poços, num total de 11. Com o rebaixamento variando entre 1,0 e 1,5 m, correspondendo a 26% foram identificadas algumas áreas adjacentes com características simi-

lares. Observa-se ainda que 5% do terreno apresenta rebaixamento entre 1,5 e 2,26 m e localiza-se na parte mais elevada do terreno, próximo ao açude Trussu e em outra pequena área próximo à foz do rio.

Ao fazer o cruzamento das áreas categorizadas para qualidade, quanto ao parâmetro condutividade elétrica, e rebaixamento do lençol freático, segundo os critérios da Tabela 4, obteve-se o mapa de classificação da potencialidade de uso das águas quanto aos dois parâmetros analisados (Figura 7).

O mapa mostra a existência de duas regiões de excelente potencial de uso da água: a região próxima ao açude Trussu com 73 ha, entre as coordenadas 452709 – 9304830 e 9303844 – 453423 e a região entre as localidades de Santa Clara e Areias, entre as coordenadas 460495 – 9301426 e 9297677 – 464333, com 1.218 ha. Estas duas regiões correspondem a 10% da área. Encontramos ainda outras manchas classificadas como excelentes, de pequena extensão, correspondendo a 0,5% da área.

As regiões classificadas como de boa potencialidade de uso fazem a transição das áreas supra citadas para as áreas de regular potencial de uso, e abrangem 3.089 ha, correspondentes a 18% da área em estudo. Os 7.979 ha restantes, que correspondem a 72% da área de estudo, apresentaram um potencial de uso da água regular, sendo classificadas como salobra segundo Brasil/CONAMA (1986), mas que podem ser utilizadas para irrigação com ligeiro a moderado grau de restrição segundo os autores Ayers e Westcot (1999).

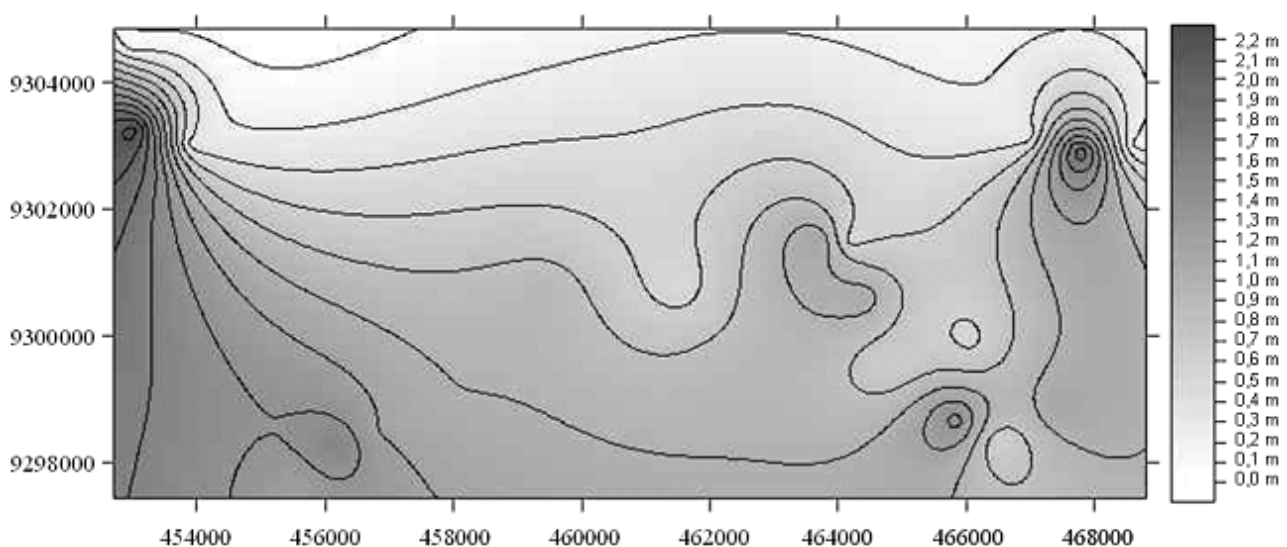


Figura 5 - Mapa de rebaixamento do lençol freático de áreas aluviais do rio Trussu.

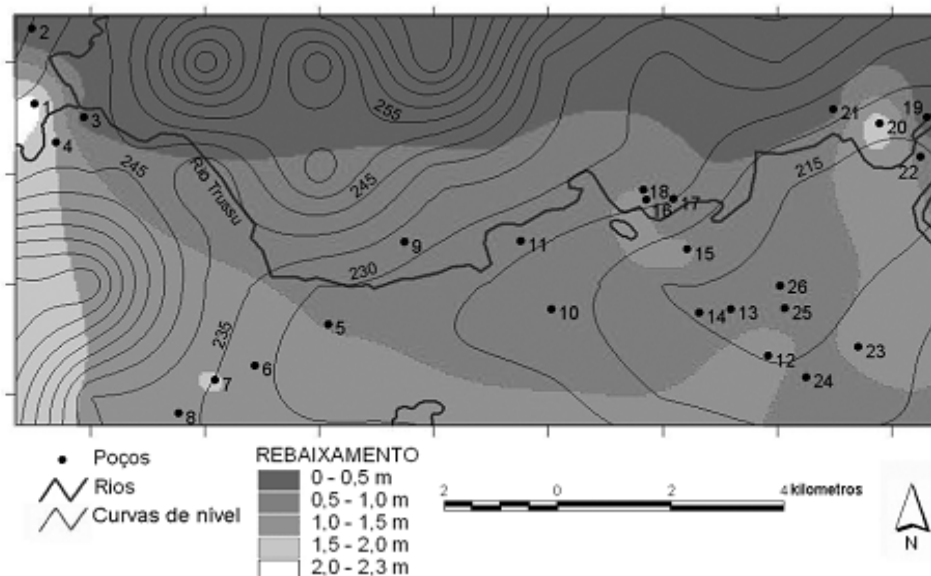


Figura 6 - Mapa de categorias dos níveis de rebaixamento do lençol freático em áreas aluviais do rio Trussu.

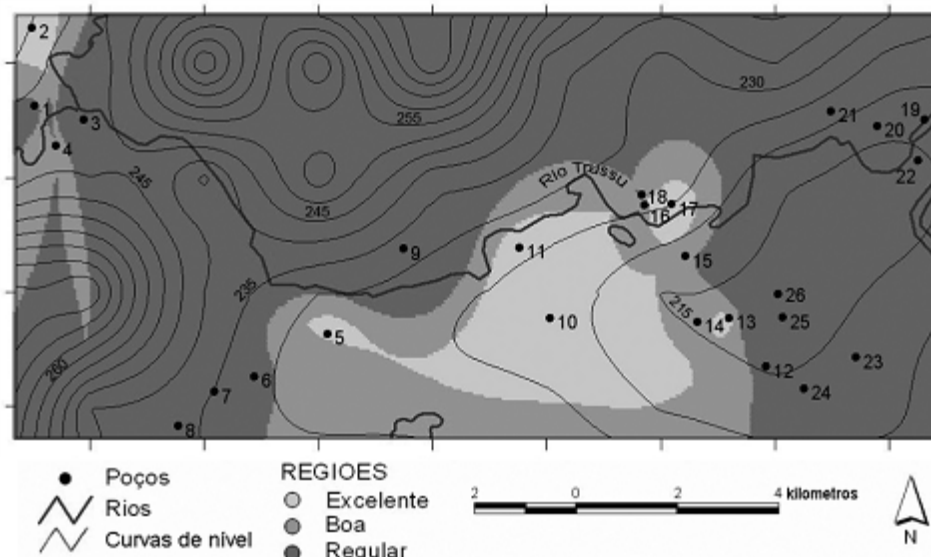


Figura 7 - Classificação da potencialidade de uso das águas em áreas aluviais do rio Trussu.

## Conclusão e recomendações

A área pode ser considerada de boa qualidade de água, tendo em vista que não apresentou águas enquadradas na classe inapropriada e que 28% da sua área foram enquadradas nas classes excelente e boa quanto ao potencial de uso da água.

Vale ressaltar que as áreas com as melhores águas apresentam baixa exploração, com apenas seis poços. Devendo ser melhor exploradas, tendo em vista tratar-se de uma área rural com topografia suave e adequada

à prática de irrigação. Recomenda-se que no futuro os poços a serem escavados estejam preferencialmente nas áreas de melhor qualidade e disponibilidade de água. Assim, este recurso que é tão escasso nas regiões áridas será melhor aproveitado e o retorno dos investimentos nesta área será maximizado.

Os recursos gráficos disponibilizados pelo geoprocessamento, na geração do MNT e elaboração dos mapas temáticos, mostraram-se eficientes na caracterização da realidade de campo a partir de um número limitado de observações.



## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

## Referências Bibliográficas

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande. UFPB, 1999. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.

BOHRER, C. B. A.; FIORAVANTE, H.; OLIVEIRA, L. de C.; FARIA, C. de P.; SILVA, A. L. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Espaciais Ambientais e Sócio Econômicas para a Amazônia Legal: o SIG -AML In: Seminário de Acompanhamento NEMESIS, 8. / Seminário de Estudos Regionais e Urbanos, 1., 2001, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Nemesis/FEA/FGV, 2001. Disponível em <<http://www.nemesis.org.br>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

BRASIL (1986). CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 20 de junho de 1986**. Estabelece a classificação das águas do Território Nacional e disciplina o enquadramento dos cursos de água. Brasília. p.43-53.

CEARÁ, Secretária de Recursos Hídricos. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Fortaleza: SRH, 1992. v.2, 1471p.

FELDMANN, F. Revisão constitucional e recursos hídricos. In: MILLAR, A. A. **O gerenciamento dos recursos hídricos e o mercado de águas**. Brasília: Secretaria de Irrigação, 1994. p.9-19.

HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for**

**agricultural production in Northeast Brazil**. Logan: Utah State University. 1974. 6p.

IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: Ed Iplance. 1997. 1 CD.

MARTINEZ, K. The use of a geographic information system in groundwater modeling. In: **Texas Department of Health - University of Texas at Austin**, 1996. Disponível em <<http://www.ce.utexas.edu>> - Acesso em: 01 out. 2003.

MONTENEGRO, M. G. L.; MONTENEGRO, A. A.; MACKAY, R.; OLIVEIRA, A. S. O. Dinâmica hidro-salina em aquífero aluvial utilizado para agricultura irrigada familiar em região semi-árida. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.85-92, abr./jun. 2003.

RASTOGI, A.K. Computation of average seasonal groundwater flows in phreatic aquifer river system. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.123, n.3-4, p.355-365, march 1991.

ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicado aos transportes**. 2001. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil- Área de concentração: Transportes)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

SCHILFGARDE, J. V. Water management in semiarid environments. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v.50, n.5, p.420-431, set./out. 1995.

SILVA JÚNIOR, L. G. de A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química das águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.3, n.4, p.11-17, out.dez. 1999.

SOUZA, F. **Irrigação, desenvolvimento e tecnologia**. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 1. ed. 2000. 94p.