

# VARIABILIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SALITRE

L. T. de L. BRITO<sup>1</sup>; V. S. SRINIVASAN<sup>2</sup>; A. de S. SILVA<sup>3</sup>;  
C. de O. GALVÃO<sup>2</sup>; P. H. B. RIBEIRO<sup>4</sup>

**RESUMO** - A implementação de uma efetiva política de gestão dos recursos hídricos deve ter, entre suas prioridades, o conhecimento da qualidade das águas. Na bacia hidrográfica do Salitre, as primeiras ações estão sendo iniciadas com a formação do comitê da bacia. Para caracterizar a qualidade da água do Baixo Salitre, foram realizadas oito campanhas, avaliando-se 18 variáveis em quatro pontos distintos do rio no período de um ano. A partir dos resultados, foram observados aumentos significativos na maioria das variáveis analisadas entre os períodos das campanhas e os pontos monitorados. Na primeira campanha (C0), os aumentos entre os pontos P1 (CURRALV) e P3 (ALEGRE) foram significativos e corresponderam a DT=31%; SDT=52%; RAS=152% e Cl=220%. Corroborando com estes resultados, a análise fatorial priorizou no Fator 1 variáveis que definem a concentração de sais na água (Cl, Na, RAS, SDT, CE, Mg, SO<sub>4</sub>, Ca), respondendo por 48,33% da variância total; o Fator 2 apresenta expressiva associação com a vazão do rio Salitre e com as variáveis NH<sub>4</sub>-N, OD e NO<sub>3</sub>-N; o Fator 3 agrupou CO<sub>3</sub>, T, pH e, de forma indireta, o HCO<sub>3</sub>. A análise de cluster apresentou variabilidade entre as classes de qualidade das águas, a partir do ponto 1, que pode estar associada tanto à diminuição das vazões do rio no período estudado, como à influência da agricultura irrigada.

**Palavras-chave:** Monitoramento, gestão recursos hídricos, análise fatorial, cluster.

---

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup>. Agrícola, Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG-PB/Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. [luizatlb@cpatsa.embrapa.br](mailto:luizatlb@cpatsa.embrapa.br)

<sup>2</sup>Prof. Titular, Ph.D., Área de Recursos Hídricos/DEC, UFCG, PB

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Dr., Recursos Naturais. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

<sup>4</sup>Engo. Civil, Superintendência Recursos Hídricos do Estado da Bahia (RAA-5), Juazeiro-BA.

## INTRODUÇÃO

A qualidade das águas para diferentes usos é definida por sua composição físico-química e biológica e, conseqüentemente, pelos efeitos que seus constituintes podem causar ao ambiente. Na região Semi-Árida do Nordeste brasileiro, concentrações de solutos nas águas são favorecidas pelas altas taxas evapotranspirométricas e pelas baixas precipitações, que, associadas às atividades antrópicas, contribuem com os processos de poluição e/ou contaminação da água, afetando não só a biota aquática como também os demais seres que dependem deste ecossistema. Estudos realizados por SOUZA e MOTA (1995) ressaltam processos crescentes de contaminação dos recursos hídricos causados por esgotos domésticos e industriais, matadouros, lixo, fertilizantes químicos e pesticidas em importantes bacias hidrográficas como São Francisco e Parnaíba.

No contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos, as diretrizes de ação estabelecem a gestão integrada dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos; portanto, a implementação de políticas de gestão e monitoramento da qualidade das águas são ações prioritárias para auxiliar na definição de medidas de prevenção e conservação dos recursos hídricos, visando à melhoria da qualidade e, conseqüentemente, aumento da disponibilidade. No monitoramento da qualidade das águas de grandes bacias hidrográficas brasileiras, são utilizados indicadores básicos como pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura e coliformes fecais e totais (ARAÚJO *et. al*, 1999). Porém, essas informações, muitas vezes, não estão disponíveis em nível de pequenas bacias, onde pode estar também a origem dos problemas de contaminação.

Estudos para caracterização da qualidade das águas, normalmente, envolvem um grande número de variáveis que, muitas vezes, são fortemente correlacionadas, dificultando o entendimento de suas inter-relações. Com a utilização de técnicas de análise multivariada, é possível reduzir o número de variáveis, potencializando aquelas com maior contribuição para a qualidade da água, reduzindo custos, como também agrupar as fontes hídricas de acordo com o grau de similaridade ou dissimilaridade (ANDRADE, 1989), auxiliando na implementação de medidas diferenciadas de mitigação/prevenção da contaminação dos recursos hídricos.

Aplicando técnicas de análises multivariada, SILVA (1997) avaliou os impactos ambientais do uso do solo e da água no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, em

Petrolina-PE, classificando os agricultores em grupos, permitindo a definição De medidas de redução de impactos ambientais EM nível do projeto.

ORTIZ-ESTARELLES et al. (2001), com auxílio da análise multivariada, avaliaram a qualidade da água de uma estação de tratamento e recomendam que esta metodologia seja automatizada e implementada em análise de rotina de laboratórios, utilizando sistema de alarme, visando prevenir conseqüências negativas no uso da água e/ou minimizar custos de análises de variáveis com baixa participação no conjunto de variáveis que definem a qualidade da água, aumentando, assim, a eficiência do sistema.

Este estudo teve por objetivo avaliar a variabilidade da qualidade da água do baixo rio Salitre, identificando-se as variáveis de maior contribuição para sua qualidade, auxiliando nas medidas de gestão e monitoramento.

## **METODOLOGIA**

O rio Salitre nasce na Chapada Diamantina, em Morro do Chapéu-BA e deságua no rio São Francisco a 20 km à montante de Juazeiro-BA, e caracteriza-se por apresentar regime intermitente (CEI, 1986). Sua bacia hidrográfica está subdividida em Alto, Médio e Baixo Salitre. Na parte baixa, a partir do distrito de Abreus (Campo Formoso), ele recebe água do riacho Pacuí, apresentando escoamento superficial na maioria dos meses do ano; daí a potencialidade de desenvolvimento da agricultura irrigada, principalmente frutas e hortaliças, com a predominância do sistema de irrigação por sulcos, principalmente por pequenos irrigantes.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado durante o período de abril de 2001 a abril de 2002, compreendendo um trecho de aproximadamente 35 quilômetros em quatro pontos distintos: Curral Velho (CURRALV), Goiabeira (GOIAB), Alegre (ALEGRE) e Pau Preto (PPRETO). Foram medidas as vazões do rio em cada trecho e analisadas variáveis no próprio local (T, CE, SDT, pH, OD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), utilizando sondas multiparâmetros e feitas coletas de água para caracterização de alguns parâmetros físico-químicos (Ca, Mg, K, Na, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>), sendo as análises realizadas no Laboratório da Embrapa Semi-Arido.

Foram aplicadas técnicas de análise multivariada, utilizando-se o Statistic Analysis System, constituindo-se de análise fatorial em componentes principais e de agrupamento ou cluster.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores médios para estas variáveis, obtidos no período de monitoramento. Foram observados aumentos significativos na maioria das variáveis analisadas entre os períodos e os pontos monitorados na parte baixa do rio Salitre. Na primeira campanha, realizada em abril de 2001, após a ocorrência das precipitações pluviométricas, os aumentos das variáveis do ponto 1 (CURRALV) para o ponto 3 (ALEGRE) foram DT=31% (290,24 a 380,32 mg.L<sup>-1</sup>); SDT=52% (410 a 627,00 mg.L<sup>-1</sup>); RAS=152% (0,51 a 1,29 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1/2</sup>) e, Cl=220% (1,20 a 3,85 mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>). Comparando estes resultados com os obtidos em dezembro do mesmo ano, antes das chuvas, esses aumentos foram de 18%, 61%, 201% e 299%, respectivamente.

**Tabela 1. Valores médios dos indicadores de qualidade da água do baixo rio Salitre obtidos durante o monitoramento**

Local	SDT	Cl	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	DT	RAS	pH
	------(mg/L)-----					(mmol <sub>c</sub> /L) <sup>-1/2</sup>	
C. Velho (P1)	527,63	1,86	4,02	58,97	298,43	0,62	7,63
Goiabeira (P2)	501,75	2,99	3,85	79,48	324,71	0,83	7,71
Alegre (P3)	684,19	5,52	3,24	44,46	396,65	1,66	7,68
P. Preto (P4)	861,64	6,96	6,43	105,06	462,47	1,88	7,61

Nas campanhas que antecederam o período chuvoso, baixos valores de amônio (NH<sub>4</sub>-N) foram obtidos em todos os pontos monitorados. As fortes chuvas que ocorreram em janeiro de 2002 favoreceram o carreamento de solutos das áreas irrigadas para o rio, proporcionando aumentos significativos nos resultados do amônio e, por cadeia, do nitrato (NO<sub>3</sub>-N), atingindo o máximo de NO<sub>3</sub>=344,30 mg.L<sup>-1</sup>-N na última campanha no ponto 4. Considerando-se que a água do rio Salitre é usada, também, para consumo humano e animal, este valor é bastante elevado, uma vez que o CONAMA e a OMS recomendam como limite NO<sub>3</sub>-N=10 mg.L<sup>-1</sup>. O nitrato, quando presente na água em níveis elevados, pode afetar adversamente a saúde do homem, principalmente de crianças (ONGLEY, 2000).

A partir dos resultados da análise fatorial em componentes principais, observa-se que foram priorizadas no Fator 1 variáveis que definem a concentração de sais na água,

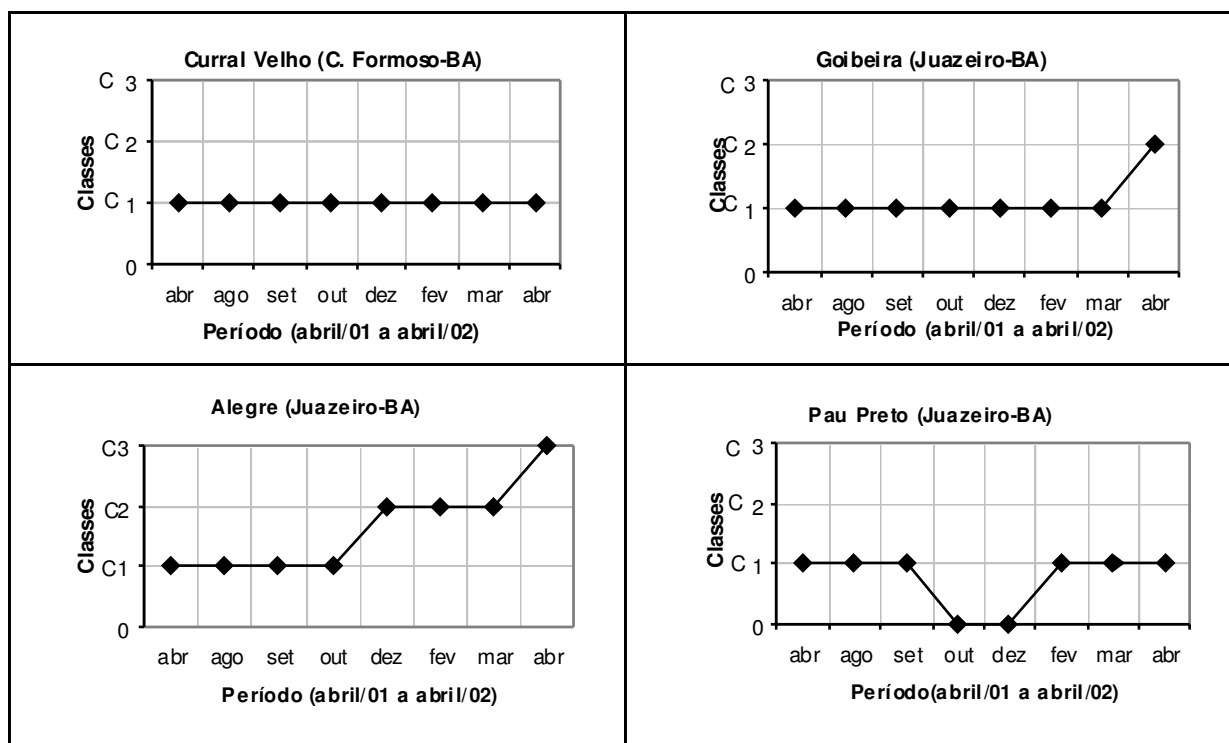
respondendo por 48,33% da variância total, cujas cargas fatoriais são elevadas e variaram de 0,971 (Cl) para 0,635 (Ca). Por sua vez, o Fator 2 apresenta expressiva associação com a vazão do rio e com as variáveis NH<sub>4</sub>-N, OD e NO<sub>3</sub>-N, relacionando-se à carga nutricional da água. O Fator 3 agrupa variáveis como CO<sub>3</sub>, T, pH e, de forma indireta, com HCO<sub>3</sub>, estando associado à alcalinidade, como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2. Cargas Fatoriais, em ordem decrescente, para as variáveis de qualidade da água do Baixo rio Salitre, obtidas por análise fatorial.**

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	C. Final (%)
Cl	<b>0,971</b>	0,066	-0,108	95,96
Na	<b>0,964</b>	-0,029	-0,127	94,75
RAS	<b>0,938</b>	-0,143	-0,105	91,25
SDT	<b>0,919</b>	0,133	-0,111	87,53
CE	<b>0,911</b>	0,332	-0,150	87,15
DT	<b>0,894</b>	0,345	-0,106	93,02
Mg	<b>0,836</b>	0,053	0,344	82,01
SO <sub>4</sub>	<b>0,754</b>	0,394	-0,057	72,68
Ca	<b>0,635</b>	0,503	-0,502	90,87
Vazão	-0,309	<b>0,826</b>	0,268	84,95
NH <sub>4</sub> -N	0,304	<b>0,775</b>	-0,235	74,79
OD	0,417	<b>0,672</b>	0,124	64,19
NO <sub>3</sub> -N	0,369	<b>0,449</b>	-0,264	40,79
K	0,527	<b>-0,605</b>	-0,171	67,35
CO <sub>3</sub>	-0,131	-0,116	<b>0,883</b>	72,54
T	0,246	-0,034	<b>0,829</b>	75,05
pH	-0,095	0,091	<b>0,522</b>	29,02
HCO <sub>3</sub>	0,219	0,305	<b>-0,372</b>	27,97
Variância explicada por cada Fator (%)				
	48,33	15,40	11,02	
Variância acumulada (%)				
	48,33	63,72	74,75	

A Figura 1 contém as classes de qualidade da água definidas pela análise de agrupamento, onde se observa que a classe 1 (C1) se caracteriza por apresentar os mais baixos valores para as variáveis analisadas, quando comparada com as demais classes, não significando, porém, que esta é uma água de excelente qualidade; a classe 2 (C2), valores intermediários e a classe 3 (C3), água de qualidade inferior. Esta classificação tem como

Figura 1. Variações das classes de qualidade das águas no baixo Salitre, utilizando análise de agrupamento.



parâmetro básico de avaliação a salinidade da água, que, embora apresentando classes diferenciadas, os valores médios dos sólidos dissolvidos totais foram superiores ao recomendado para consumo humano. Apenas o ponto 1 (CURRALV) permaneceu como C1 durante todo o período de monitoramento; a partir deste ponto, foi ocorrendo degradação da qualidade da água, sendo classificadas também como C2 e C3. Esta mudança de qualidade da água pode estar associada às variações das vazões do rio Salitre durante o período, como também à influência da agricultura irrigada, apresentando tendências de aumentos em todas as variáveis à medida que os pontos se aproximam da foz, principalmente para  $CE$ ,  $Na$ ,  $HCO_3$  e  $Cl$  (Figura 2 a, b).

Por causa dos elevados níveis de salinidade da água do rio Salitre, medidas de prevenção e redução da salinidade dos solos devem ser priorizadas e implementadas, principalmente aquelas relacionadas ao manejo da água no sistema solo-planta, visando à manutenção de sua capacidade produtiva, como, também, a redução dos riscos de contaminação, uma vez que a água do rio Salitre é usada, também, para consumo humano.

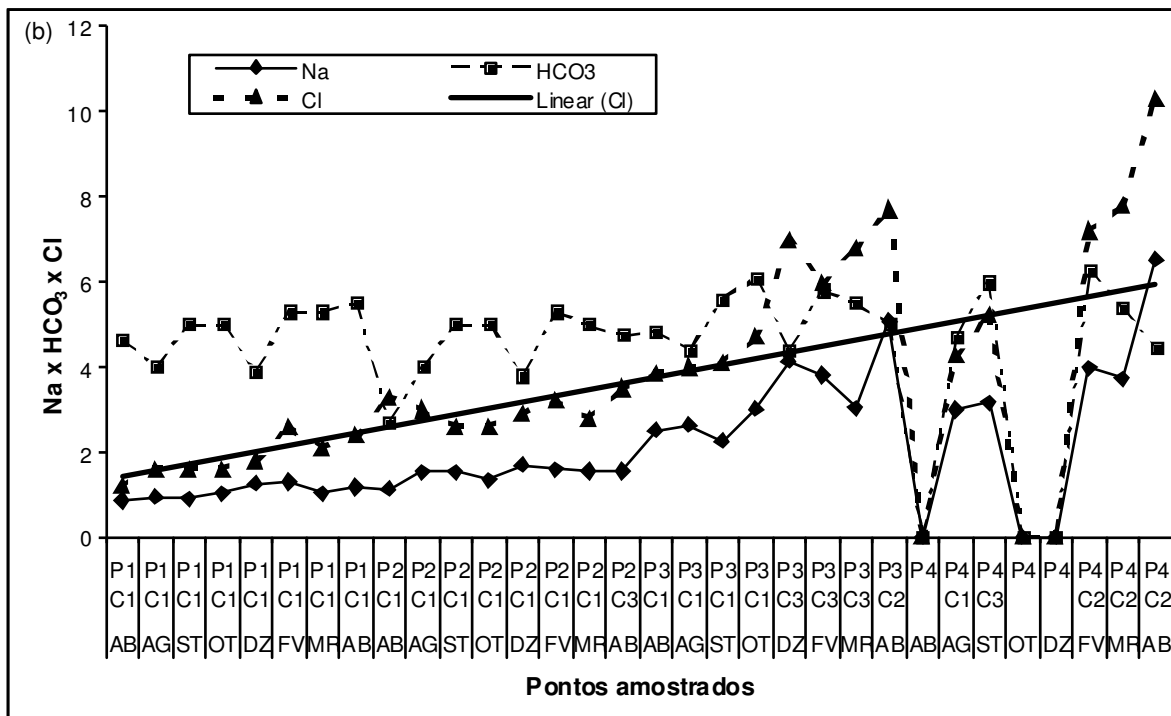
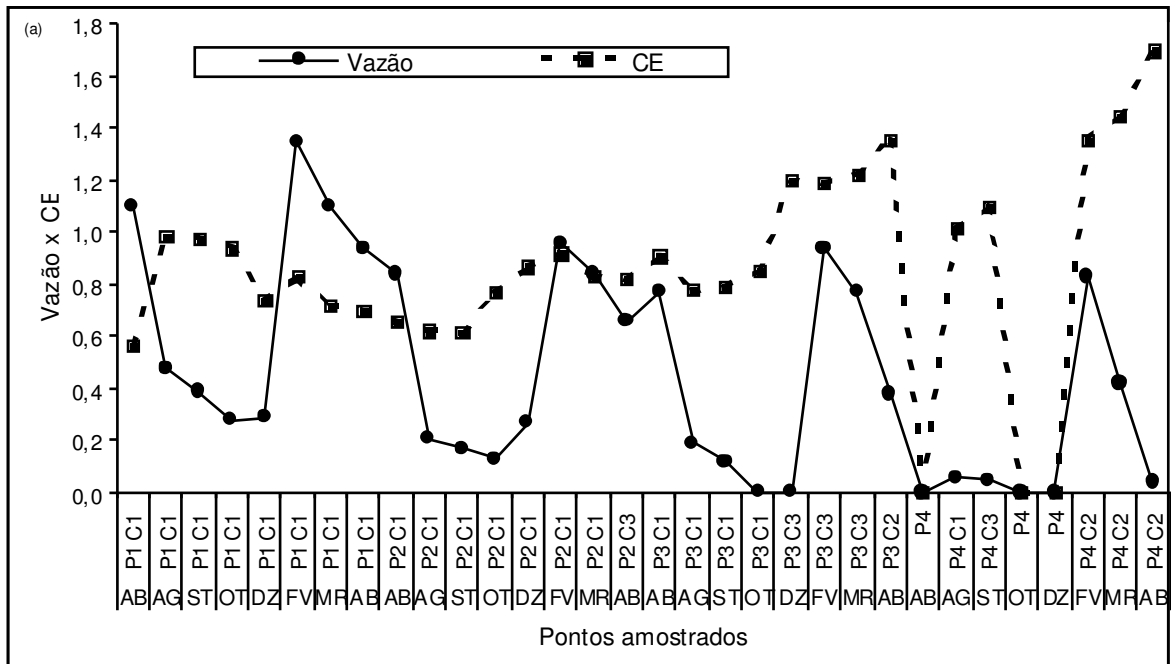


Figura 2. Variações da vazão e da CE (a), Na, HCO<sub>3</sub> e Cl (b) ocorridas no período do monitoramento das águas da parte baixa do rio Salitre.

## CONCLUSÕES

A análise fatorial priorizou variáveis relacionadas à concentração de sais (Cl, Na, RAS, SDT, CE, Mg, SO<sub>4</sub>, Ca) nas águas, as quais devem ser incluídas em programas de monitoramento de qualidade das águas;

À medida que se aproxima da foz, ocorrem reduções na vazão e aumentos nos valores das variáveis como salinidade, sódio, cloreto, bicarbonato, nitrato, contribuindo com a salinização dos solos e da água de áreas à jusante, provocando variações nas classes definidas pela análise de agrupamento;

Medidas de redução da salinidade da água devem ser implementadas visando à melhoria de sua qualidade em função dos usos, à redução dos riscos de salinização dos solos e à manutenção de sua capacidade produtiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, T. A. Métodos estatísticos e econométricos aplicados à análise regional. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. (Ed.). **Economia regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989. p. 427-507.
- ARAÚJO, I. de C. P.; FREITAS, M. A. V. de; RIBEIRO, E. S.; SABBAG, S. K. Monitoramento da qualidade das águas no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MMEMMA-SRH/OMM, 1999. p.175-183. il.
- BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Tradução M. Penchel, Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980. 116 p.
- CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO. **Avaliação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas do Estado da Bahia: Bacia do rio Salitre**. Salvador, 1986. 2v.
- ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**. Tradução H. R. Ghevy; H.R., F. A. V. Damaceno; L. T. de L. BRITO; Campina Grande: UFPB, 2001. 92 p. (FAO. Irrigação e Drenagem; 55).
- ORTIZ-ESTARELLES, O.; BIOSCA, Y. M.; HERNANDEZ, M. J. M.; SAGRADO, S.; DOMINGO, E. B. Multivariate data analysis of quality parameters in drinking water. **Analyst**, v. 126, p. 91-96, 2001.
- SILVA, A. de S. **Impacto ambiental del uso de los recursos suelo y agua en áreas agrícolas bajo riego: estudio aplicado a zonas áridas brasileñas y españolas**. 1997. 217 f. il. Tese (Doutorado) – Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.
- SOUZA, R. O.; MOTA, F. S. B. **Qualidade e conservação de água com vistas ao desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino**. Brasília: SEPLAN//Projeto Aridas, 1995.