

VI-250 - AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO EM UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN

Cibele Gouveia Costa Chianca⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN. Doutoranda em Manejo de Solo e Água na Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). Professora do Curso de Engenharia Civil da UFERSA.

Alice Andrade Souza⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela UFERSA

Cássio Kaique da Silva⁽³⁾

Graduando em Engenharia Civil pela UFERSA

Micael Medeiros André⁽⁴⁾

Graduando em Bacharel em Ciência e Tecnologia pela UFERSA

Anderson Millano de Sousa Fernandes⁽⁵⁾

Graduando em Engenharia Civil pela UFERSA

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Orlando de Azevedo, 1947, Residencial Maria Azevedo, Apto. 600 – Capim Macio – Natal – RN – CEP: 59082-050 – Brasil – Tel. (84) 99991-8653 – email: cibeled.chianca@ufersa.edu.br

RESUMO

As barragens subterrâneas vêm sendo largamente implantadas no interior do estado do Rio Grande do Norte, com o objetivo de atenuar os efeitos provocados pela escassez de água nessas áreas. A determinação do local de implantação e o manejo desses barramentos são primordiais para evitar a salinização do solo e poluição de sua água. Sendo assim, recomenda-se o monitoramento a cada dois anos, de forma a prevenir possíveis problemas de salinização. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a condutividade elétrica do solo, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, em toda área de uma barragem subterrânea, no município de Caraúbas-RN, durante o período de seca, de forma a indicar possíveis áreas com maiores concentrações de sais dentro de um mesmo barramento. Para avaliar essa variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo, foram utilizadas técnicas da geoestatística, com auxílio dos softwares geoR e GS+. Os resultados mostraram que o método da máxima verossimilhança foi considerado adequado para o ajuste dos semivariogramas da condutividade elétrica do solo, sendo o modelo gaussiano o que apresentou melhor grau de dependência espacial da variável, nas duas profundidades do solo estudadas. Os resultados apontaram que as barragens subterrâneas tendem a acumular uma maior quantidade de sais no centro do curso d'água e na camada mais superficial. Observou-se, também, que a barragem implantada em trecho curvilíneo do rio tende a ter uma maior condutividade elétrica na camada superficial desse trecho e no lado convexo.

PALAVRAS-CHAVE: Condutividade Elétrica, Geoestatística, Krigagem

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas do Brasil são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das precipitações no decorrer do tempo e espaço e elevada evapotranspiração, os quais proporcionam escassez de água na região. Dentre as alternativas que buscam minimizar os efeitos provocados por essa escassez, têm-se difundido a construção de barragens subterrâneas por ser estruturas de baixo custo e fácil operação (Brito et al., 1989).

Segundo a Embrapa (2011) a barragem subterrânea é uma técnica com o objetivo de barrar o fluxo de água de chuva que escoar na superfície e dentro do solo, armazenando-a, através de um septo impermeável que favorece o acúmulo da água durante o período de estiagem. Do local do barramento para montante a água vai sendo acumulada, enquanto para jusante, o nível irá continuar baixando com o tempo, devido ao escoamento e evaporação. Existem quatro modelos de barragem subterrâneas no Brasil, dentre eles destaca-se a COSTA & MELO, a qual tem caracterizada-se pela escavação de uma trincheira, retilínea perpendicular à direção do escoamento do riacho; aplicação do septo impermeável sob a trincheira; construção do poço amazonas à

montante; construção de enrocamento de pedras sob a superfície próximo ao septo; e instalação de, pelo menos, um piezômetro na bacia hidráulica.

A instalação do poço amazonas à montante da barragem proporciona a retirada de água para consumo humano, dessedentação de animais ou irrigação de áreas próximas, renovando assim a água barrada e reduzindo a possibilidade de ocorrência de salinização da área da barragem. Segundo Almeida (2010) quando águas com elevada concentração de sais se encontram próximas a superfície do terreno (menos de 3 m), este pode salinizar-se como consequência da contribuição capilar de sais procedentes dessa água freática, os quais se acumulam nos horizontes superiores. A salinidade pode ocasionar diminuição da disponibilidade de água no solo, através da elevação de tensão osmótica na solução do mesmo, diminuindo o crescimento e produtividade das plantas (CORDEIRO, 2003).

Lima (2013) afirma que a determinação do local de implantação e o manejo da barragem subterrânea são primordiais para evitar a salinização do solo e poluição de sua água. Sendo assim, as mesmas devem ser implantadas em solos aluviais, arenosos e com certa espessura antes do barramento; solos que não apresentem características salinas; e, instalação de poços para facilitar o uso da água e sua renovação. Com relação ao manejo, o mesmo não recomenda a utilização de fertilizantes industrializados e nem a criação ou o trânsito de animais sobre a área da barragem; os esgotos sanitários também devem ser mantidos a uma certa distância da área da barragem, de forma a evitar a contaminação da água. Deve haver rotação de culturas, de forma a empregar cultivos tolerantes a salinidade.

Silva et al (2011) recomenda ainda que as barragens devem ser monitoradas a cada dois anos, de forma a prevenir possíveis problemas de salinização.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a condutividade elétrica do solo em toda área de uma barragem subterrânea, no município de Caraúbas-RN, durante o período de seca, de forma a indicar possíveis áreas com maiores concentrações de sais dentro de um mesmo barramento.

METODOLOGIA UTILIZADA

A barragem subterrânea do Sítio Boágua I está localizada na área rural do município de Caraúbas-RN, na coordenada 65°35'13" de latitude leste e 93°61'09,8" de latitude sul. Essa região caracteriza-se por possuir uma precipitação média anual de 710,9 mm (PADRE, 2015) e uma taxa anual de evaporação de cerca de 2000 mm (INMET, 2016). A barragem avaliada é do tipo COSTA & MELO (Figura 1), com 48 metros de comprimento e 1 metro de profundidade, a parede do barramento é revestida com lona plástica e dispõe de um poço à montante da barragem, construído em alvenaria com profundidade de 2,5 metros. A água armazenada é destinada para consumo humano e dessedentação de animais.

Como pode-se observar na Figura 2, a barragem subterrânea encontra-se a jusante de um barramento superficial, porém o mesmo não impede a capacidade de armazenamento de água e nem cessa a recarga da barragem subterrânea, uma vez que a mesma conseguiu disponibilizar água ao sítio durante todo o período de seca, mesmo após o açude superficial secar.

Para o estudo da salinidade foram coletadas 30 amostras de solo, sendo 20 amostras na área de acumulação de água da barragem e 10 amostras fora dessa área (Figura 2), em duas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. As amostras foram coletadas no período de seca, no dia 21 de outubro de 2016, e avaliada sua condutividade elétrica (CE) em solução do solo, segundo EMBRAPA (1997). Para cada amostra foram realizadas três medições.



Figura 1 – Barragem subterrânea do sítio Boagua. (a) Barramento. (b) Poço Amazonas.

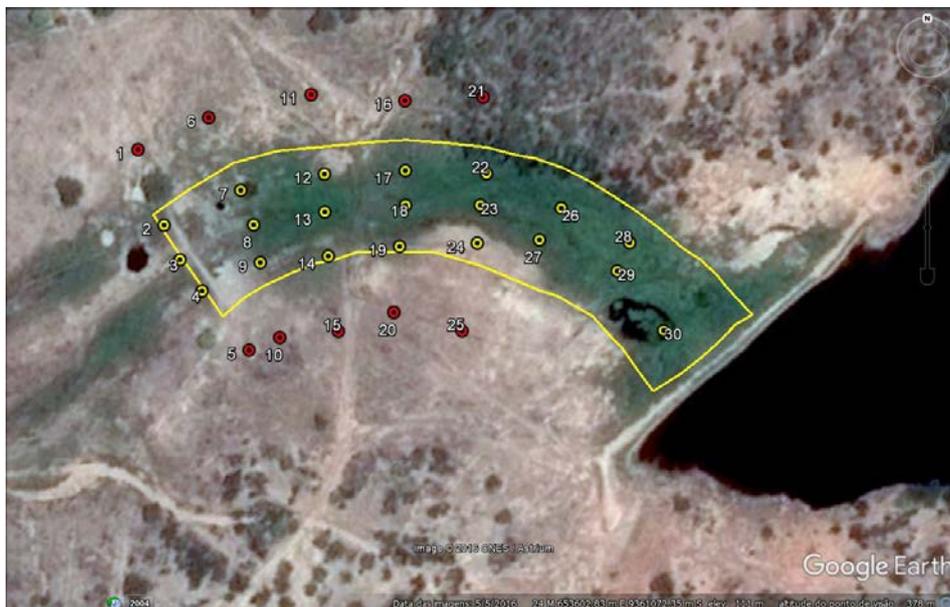


Figura 2 – Pontos de coleta na barragem subterrânea do sítio Boagua.

Com os dados da condutividade elétrica, georreferenciados em coordenadas UTM (Datum Córrego Alegre), foram realizadas análises geostatísticas com auxílio dos softwares geoR e GS+, de forma a construir os semivariogramas experimentais. Tentou-se ajustar os semivariogramas teóricos para os modelos exponencial, esférico e gaussiano, que proporcionaram a máxima correlação, obtida pela validação da regressão - R^2 , entre os pontos dos semivariogramas experimentais. Para interpolação dos resultados pelo processo de Krigagem, foram calculados o efeito pepita e o patamar ($C_0/C+C_0$) para cada modelo, de forma a obter o grau de dependência espacial do parâmetro avaliado. A partir dos dados apresentados, foram gerados mapas de variabilidade espacial da condutividade elétrica.

RESULTADOS OBTIDOS

Os gráficos boxplot apresentam a dispersão dos dados em torno da média e sua distribuição (simétrica ou assimétrica), mostrando a tendência de concentração. Como observado na figura 3 existem dados “outliers” (sendo 5 tanto na profundidade de 0-20 cm como na profundidade 20-40 cm), ou seja, dados discrepantes na amostra que se utilizados podem produzir alta variabilidade e distorção dos dados em torno da média, prejudicando a normalidade. Esses pontos estão situados nas bordas da área da barragem e serão retirados dos dados.

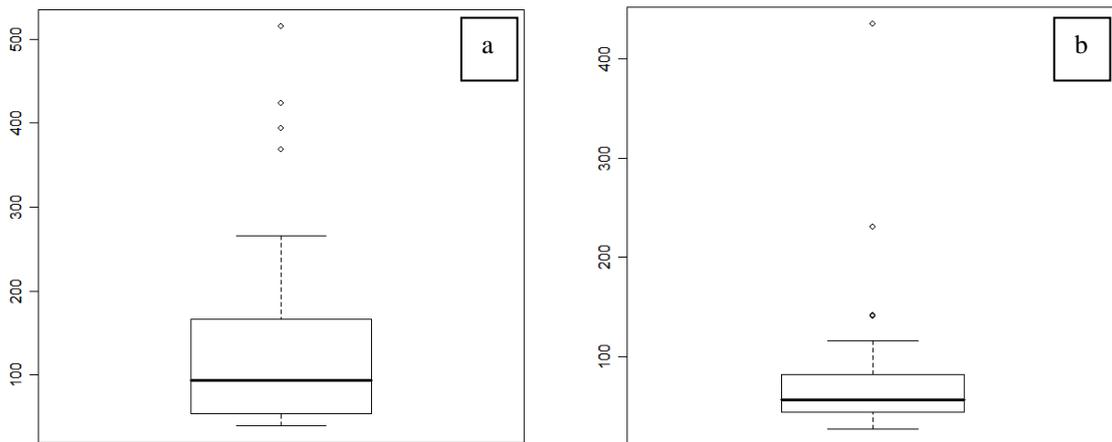


Figura 3 – Boxplot dos dados de Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). (a) Profundidade 0-20 cm. (b) Profundidade 20-40 cm.

Ao considerar somente a condutividade elétrica do solo da barragem, pode-se classificar o solo como normal (não salino, condutividade inferior a $4\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) segundo classificação de Richards (1954).

Na figura 4 e 5 estão apresentados o comportamento da variável regionalizada para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente. Nota-se que os maiores valores de condutividade elétrica para camada, de 0 -20 cm, se encontram no centro e na parte inferior do leito barrado. Isso ocorre provavelmente por essa área está situada no lado convexo da curva natural do rio (Figura 2), sendo caracterizada por uma maior deposição de sedimentos. Já na camada de 20 - 40 cm, os maiores valores se encontram no centro do leito do rio.

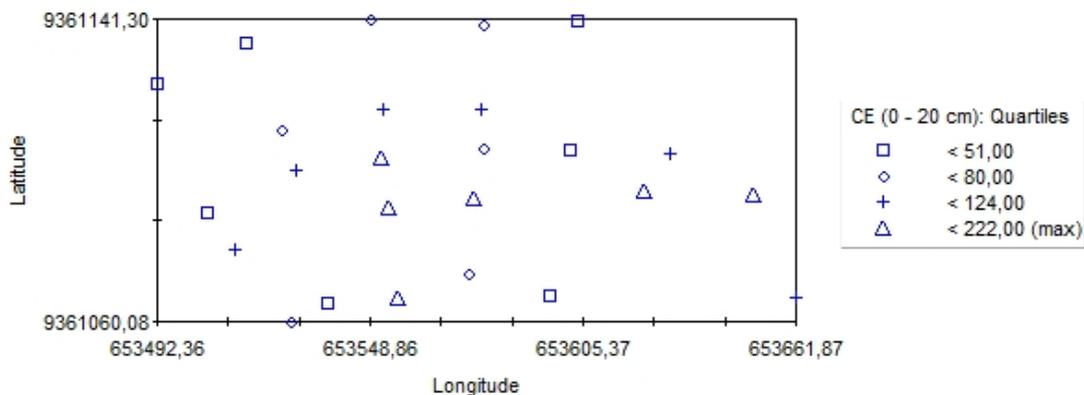


Figura 4 – Comportamento da condutividade elétrica regionalizada na profundidade de 0 – 20 cm.

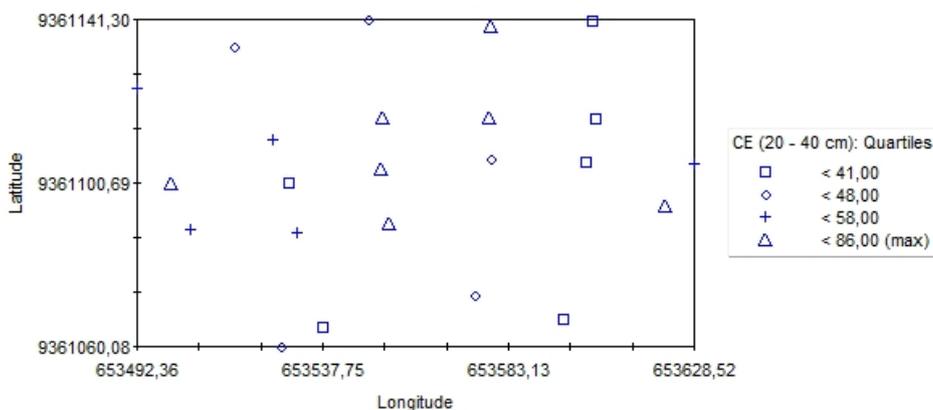


Figura 5 – Comportamento da condutividade elétrica regionalizada na profundidade de 20 – 40 cm.

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises da estatística clássica da variável CE para a área em estudo. Para essa análise já foram retirados os “outliers”. Ao observar os valores médios, máximos e mínimos para condutividade elétrica da barragem percebe-se que os mesmos são maiores na camada mais superficial do solo, como previsto por Almeida (2010), devido a contribuição capilar de sais procedentes da água freática. Ainda nessa mesma tabela pode-se verificar que pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk a variável condutividade elétrica não apresenta normalidade na camada de 0-20 cm, o mesmo não ocorre na camada de 20- 40 cm, sendo considerada uma distribuição normal, a qual é importante no ajuste dos semivariogramas pela metodologia da máxima verossimilhança.

Tabela 1 - Valores da média aritmética (μ), desvio padrão (d), valor máximo ($V_{\text{máx}}$), valor mínimo ($V_{\text{mín}}$) e p-value para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

VARIÁVEL	CAMADA	M	D	$V_{\text{máx}}$	$V_{\text{mín}}$	p-value
CE	0 – 20 cm	94,85	53,65	222,2	38,93	0,0071
	20 – 40 cm	53,63	17,63	86,65	26,34	0,3609

Dos modelos testados (exponencial, esférico e gaussiano), pela máxima verossimilhança (MV), o que apresentou melhor grau de dependência espacial (GD), determinada por Cambardella *et al.* (1994) e Gomes (2005) foi o gaussiano, para ambas profundidades. A tabela 2 apresenta os valores do efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$), alcance (A) e grau de dependência espacial (GD) obtidos com esse modelo e a validação da regressão pelo R^2 .

Tabela 2 - Valores do efeito pepita (C_0), Patamar ($C_0 + C$), Alcance (A), grau de dependência espacial (GD) e R^2 obtidos no modelo gaussiano, pelo método da máxima verossimilhança (MV), para as profundidades estudadas.

CAMADA	C_0	$C_0 + C$	A	$GD = [C_0/(C_0+C)]$ (%)	R^2
0 – 20 cm	10	3766	27,02	0,26	0,847
20 – 40 cm	9	384,6	28,23	2,34	0,937

Os dados obtidos no modelo gaussiano e apresentados na tabela indicam uma alta (forte) dependência espacial, visto que o valor do efeito pepita (C_0) foi inferior a 25% do valor do patamar. Nota-se também que a validação da regressão, através do R^2 , foi considerada boa, sendo assim, este modelo apresenta-se como uma alternativa viável na avaliação da salinidade dessa área.

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os mapas de krigagem, nos quais são apresentadas a distribuição espacial da condutividade elétrica para as camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente, de profundidade do solo.

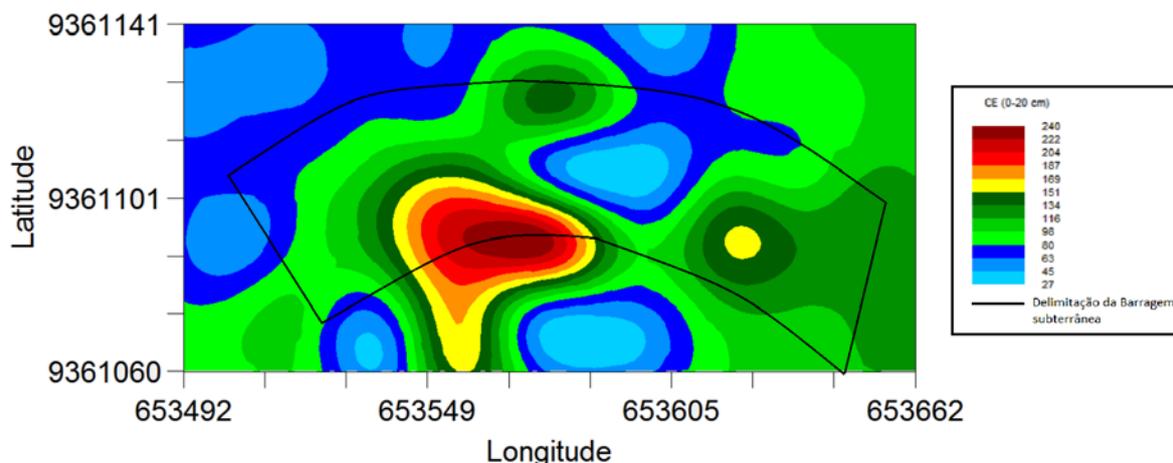


Figura 5 – Distribuição espacial da condutividade elétrica para camada de solo de 0 a 20 cm.

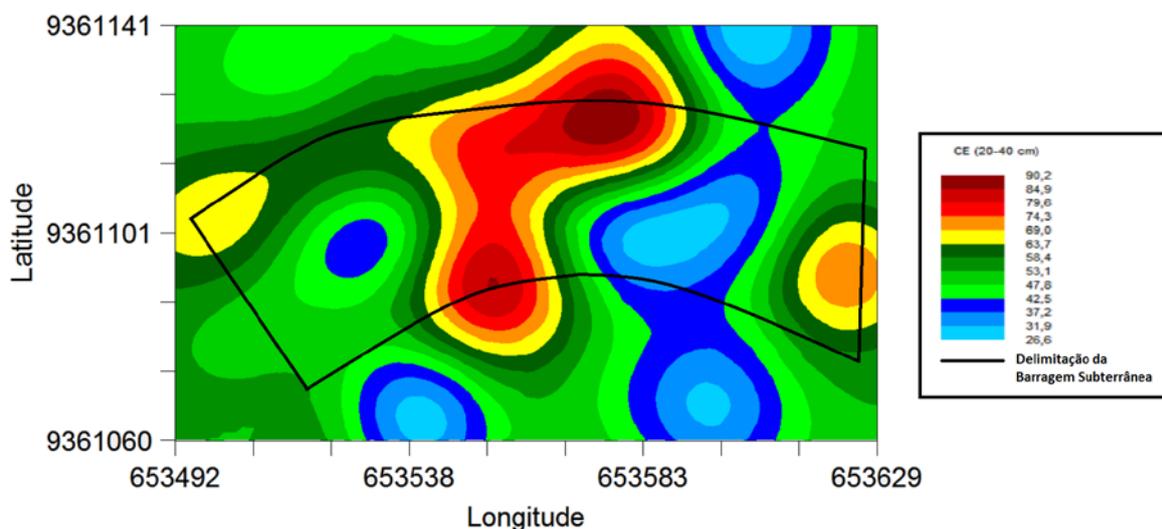


Figura 6 – Distribuição espacial da condutividade elétrica para camada de solo de 20 a 40 cm.

No mapa de krigagem apresentado na Figura 5, percebe-se que fora da área da barragem subterrânea o solo possui valores mais baixos de condutividade elétrica, se comparados a área da barragem. Como observado na figura 4, na camada superficial os maiores valores de condutividade elétrica são obtidos na parte inferior do leito barrado, situada numa área de deposição de sedimentos devido a curvatura natural do rio (Figura 2).

Ao analisar o mapa de krigagem para condutividade elétrica na profundidade de 20 a 40 cm nota-se uma maior condutividade elétrica na área central da barragem, em toda sua largura, a qual tende a reduzir no sentido do barramento subterrâneo e no sentido do barramento superficial. Percebe-se que próximo ao poço existente na barragem subterrânea a condutividade elétrica tende a ser menor, esse fato pode ocorrer devido a constante renovação de água nesse ponto.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método da máxima verossimilhança foi considerado adequado para o ajuste dos semivariogramas da condutividade elétrica do solo, sendo o modelo gaussiano o que apresentou melhor grau de dependência espacial da variável.

A técnica da krigagem, mostrou ser importante ferramenta na compreensão da dinâmica da condutividade elétrica na barragem subterrânea, podendo ser fundamental no auxílio à tomada de decisões, no que concerne à implantação e a gestão da barragem.

Os resultados apontaram que as barragens subterrâneas tendem a acumular uma maior quantidade de sais no centro do curso d'água e na camada mais superficial.

Por estar situada em um trecho curvilíneo do curso d'água, a barragem subterrânea em estudo apresentou um acúmulo maior de sais na camada superior no lado convexo da curva natural do rio, ocasionada provavelmente por ser uma área de deposição de sedimentos.

Recomenda-se fazer o estudo geostatístico em outras barragens situadas em partes retilíneas do curso d'água de forma a observar o comportamento da salinidade nas mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003.
2. BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. Barragem subterrânea I: construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 36, 38 p., il., 1989.

3. CORDEIRO, G. G. Salinidade em áreas irrigadas
4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA.. Instruções técnicas da Embrapa Semiárido: Barragens Subterrâneas. n° 49, Petrolina, 2011.
5. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
6. GOMES, N. M. Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela na Região do Alto Rio Grande, MG. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - UFLA, Lavras, MG.
7. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Evaporação Total. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2016.
8. LIMA, A. O. Nova abordagem metodológica para locação, modelagem 3D e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. 2013. 243f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.
9. PADRE, L. A. A. B. Avaliação técnica e econômica da implantação de um sistema de coleta de águas pluviais na UFERSA – Campus Caraúbas. Caraúbas/RN, 2015.46f.
10. RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: USSL, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
11. SILVA, M. S. L., PARAÍBA, R. B. V., OLIVEIRA NETO, M. B., ANJOS, J. B., CUNHA, T. J. F., CARDOSO, L. B., MOTA, C. L. Avaliação da qualidade da água para fins de irrigação em áreas de barragem subterrânea no semiárido do nordeste brasileiro. Embrapa Comunicado Técnico 64, 6p, 2011.