

Identificação da proposta	
Título do projeto de pesquisa:	ANÁLISE MULTIVARIADA DA ÁGUA DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE
Grande área/área da CAPES:	Engenharias I/Recursos hídricos
Palavras-chave:	Qualidade de água, análise multivariada, semiárido

1. INTRODUÇÃO

O estudo qualitativo das águas subterrâneas tem uma importância considerável, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, onde é necessário resolver o problema da localização e aproveitamento da água em condições de ser utilizada pela população (POHLING et al., 1981).

Em muitas regiões, as águas subterrâneas foram, são e continuarão a ser fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico, o que as transforma em um bem estratégico a ser racionalmente explorado, de modo a assegurar sua disponibilidade futura (VIDAL, 2003). Segundo Rebouças (2000), para tal é necessário o desenvolvimento de um processo sistemático de organização, análise e compatibilização dos usos múltiplos dos recursos hídricos, dentro de uma visão prospectiva do problema, de modo a garantir a utilização racional, a disponibilidade e a qualidade das águas.

De acordo com Freire (2002), a gestão do recurso hídrico subterrâneo baseado nas legislações vigentes e nas condições hidrogeológicas dos aquíferos torna-se imprescindível para a sua preservação, especialmente nas regiões aonde o abastecimento urbano é primordialmente com águas subterrâneas.

Os poços para captação da água subterrânea para abastecimento público, em sua maioria, são locados aleatoriamente e, às vezes, em áreas vulneráveis à contaminação, objetivando atender apenas as necessidades do momento. Conforme Tancredi (1996), a água subterrânea não só tem grande importância como fonte de abastecimento para consumo humano, irrigação, atividades industriais, de lazer e recreação, como é também um constituinte fundamental do meio ambiente e de sua conservação.

Tavares *et al.* (2009) apresentam resultados que demonstram a fragilidade do manancial subterrâneo da Bacia Sedimentar do Araripe quanto a vulnerabilidade a contaminação e a necessidade de adoção de políticas de zoneamento para ocupação ordenada dos espaços urbanos. A preocupação com a contaminação faz-se explicada, considerando a deficiência na infraestrutura de coleta de esgoto e disposição dos resíduos sólidos, características evidentes na área de estudo.

No processo de gestão (gerenciamento) da água, as formas de abastecimento hídrico e o uso e ocupação do solo ocupam um papel importante. Neste trabalho, busca-se abranger e correlacionar os aspectos relacionados a qualidade hídrica subterrânea, uso das mesmas e

ocupação do meio físico, enfatizando, assim, fundamentos básicos a serem aplicados à gestão dessas águas, utilizando ferramenta a análise multivariada, objetivando dar suporte à gestão hidroqualitativa da água subterrânea.

A pesquisa terá como base os dados de qualidade de água dos poços utilizados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) para abastecimento do município de Juazeiro do Norte. Os dados analisados serão referentes apenas as análises físico-química e bacteriológica que são conduzidas pela Cagece para monitoramento da qualidade da água.

2. OBJETIVOS

Identificar a similaridade das variáveis hidroquímicas na qualidade das águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município de Juazeiro do Norte/CE.

2.1 Objetivos específicos

- i) Inferir quais os parâmetros físico-químicos são mais representativos para monitoramento da qualidade da água de abastecimento;
- ii) Investigar possível interferência sazonal nas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos na qualidade da água;
- iii) Analisar a evolução hidroquímica da qualidade da água de abastecimento do município com foco na disponibilidade quantitativa e qualitativa.

3. METODOLOGIA

O estudo será desenvolvido a partir do banco de dados dos poços de abastecimento de água, monitorados pela Cagece, no município de Juazeiro do Norte. Serão analisados os atributos físico-químicos e bacteriológicos, que serão detalhados após disponibilização dos dados pela companhia de abastecimento (Cagece).

Para classificação da água de abastecimento do município em grupos similares quanto aos atributos investigados será aplicada a análise estatística multivariada e análise de agrupamento pelo método aglomerativo via processamento de rotinas implementadas no R-Studio Project (TEAM, 2016).

A análise estatística terá início com a avaliação do grau de associação entre os atributos, através da Matriz de Correlação de Pearson. Em seguida, será aplicada a técnica da análise fatorial, buscando identificar as dimensões de variabilidade comuns (ou fatores) existentes em um conjunto de fenômenos, com o intuito de desvendar estruturas existentes, mas não observáveis diretamente. Na análise fatorial será aplicado o método das componentes principais, utilizando-se a rotação varimax normalizada objetivando descrever as relações de covariância entre os atributos correlacionados, com base nos fatores identificados, além de

evidenciar, por meio de comunalidades, o quanto cada atributo explica cada fator (HOFFMANN, 1992; MANLY, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2013). A verificação da adequação dos dados da análise fatorial será realizada a partir do Teste Estatístico de Esfericidade de Bartlett, que testa a hipótese nula de que as variáveis analisadas não são correlacionadas (HAIR JR. *et al.*, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2013).

Para finalizar será realizado o agrupamento das amostras a partir do maior número de atributos explicados por um único fator da análise fatorial. Essa técnica, utiliza-se do método Ward como critério hierárquico de agrupamento, com medida de similaridade dada pela distância euclidiana quadrada (*Squared Euclidean DISTANCE*). Esse critério hierárquico de agrupamento utiliza a soma total dos quadrados dos desvios de cada objeto em relação à média do grupo onde o mesmo foi inserido. A escolha deste critério se fundamentou na frequente empregabilidade do mesmo em estudos de qualidade da água (VEGA *et al.*, 1998; ANDRADE *et al.*, 2008; YIDANA *et al.*, 2008; FERNANDES, 2010; SALGADO *et al.*, 2011; ALMEIDA e FRISCHKOM, 2015).

O agrupamento será apresentado por meio de um dendrograma e o ponto de "corte", utilizado na definição do número de grupos, será definido pela maior variação da distância reescalada do coeficiente de aglomeração (FERREIRA, 1996).

Os grupos formados pela técnica do agrupamento terão suas médias comparadas pelo teste “t” de Student aos níveis de 5% e 1%, após execução da análise de variância. Estes testes indicam as variáveis responsáveis pela formação dos grupos na análise multivariada.

A técnica de agrupamento hierárquico interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras.

Segundo Almeida *et al.* (2015), os dendrogramas são úteis principalmente na visualização de semelhanças entre amostras ou objetos representados por pontos em espaço com dimensão maior do que três, onde a representação de gráficos convencional não é possível.

Para classificar as águas de acordo com sua composição iônica, será utilizado o Software QUALIGRAF (FUNCEME, 2004), sendo esta classificação em função das suas concentrações de cálcio, magnésio, da soma de sódio e potássio, e, ainda, pelos ânions cloretos, sulfatos e a soma dos carbonatos e bicarbonatos. Esta representação consiste em dois triângulos, para cátions e ânions, respectivamente, e um losango que se encaixa nos dois triângulos, utilizando o mesmo eixo e escala. O conjunto dos dois triângulos e do losango compõe o “Triângulo de Piper” o qual explicita a dominância do (s) íon(s), sendo os mesmos projetados no losango e identificado o tipo ou classificação de água predominante (FUNCEME, 2004).

4. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS OU DE INOVAÇÃO DO PROJETO

A Bacia Sedimentar do Araripe, localizada no sul do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Encontra-se, na sua totalidade, incluída no Polígono das Secas que apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico dos municípios da região e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica de secas e seus efeitos catastróficos no âmbito regional são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil.

Em vista da crescente escassez de água que vem atingindo grande parte da população mundial, os recursos hídricos subterrâneos têm se tornado uma importante alternativa de abastecimento, com significativo potencial econômico. Embora haja controvérsias a respeito das quantidades disponíveis dos recursos hídricos subterrâneos e ainda seja necessária uma melhor cobertura de mapeamentos hidrogeológicos, inclusive regionais, estima-se que eles podem representar cerca de 20% da água doce disponível (LIMA, 2001; Von SPERLING, 2006). Para fins domésticos, 61% da população brasileira é abastecida por águas subterrâneas, sendo 6% por poços rasos, 12% por fontes e 43% por poços profundos. Estima-se que 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, no país (ANA, 2009).

No Brasil, o uso das águas subterrâneas para abastecimento doméstico, industrial e agropecuário tem aumentado, especialmente em locais com escassez ou intermitência das águas superficiais. Em áreas urbanas, observa-se um crescimento vertiginoso do uso destas águas, por possibilitarem maior regularidade de vazões e menor custo aos usuários (SILVA et al., 2010). Além disso, o uso dos aquíferos constitui uma importante alternativa diante da tendência de aumento dos custos de tratamento e de distribuição das águas superficiais em âmbito local, regional, e até mesmo mundial. O crescimento da demanda, particularmente em áreas onde o abastecimento de superfície é limitado – caso de regiões áridas e semiáridas – e a contínua deterioração da qualidade da água de superfície resultam em aumento das pressões em relação ao uso desses recursos, mundialmente. Em muitos aquíferos já se observa a superexploração.

Os municípios ao sul do Estado do Ceará situados na Bacia Sedimentar do Araripe, possuem clima semiárido e relativa escassez de águas superficiais. O quadro de escassez de águas de superfície tem levado ao uso intenso do aquífero, o que é demonstrado a partir de dados do Sistema de Informações de Água Subterrâneas – SIAGAS, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM e da Agência Nacional de Águas - ANA. Do total estimado de 3.370 poços tubulares cadastrados na Bacia do Salgado, cerca de 1.596 estão localizados na bacia Sedimentar do Araripe, ou seja, 47,36% do quantitativo de poços na Bacia Hidrográfica do Salgado encontra-se na área em estudo que corresponde, em extensão, a apenas 3% do território cearense (ANA, 2012-b; CPRM, 2012). Os principais usos das águas subterrâneas na área em estudo compreendem consumo humano, irrigação e consumo industrial (PACTO DAS ÁGUAS, 2010).

A avaliação e a interpretação dos resultados obtidos nesse monitoramento ambiental pode permitir acompanhar a evolução espaço-temporal da qualidade das águas e sua adequação aos usos efetuados e pretendidos; compreender melhor a qualidade das de abastimento do

município; estimar valores de fundo (backgrounds); verificar o atendimento aos padrões legais e a outros valores de referência (como os de intervenção), tendo em conta os diferentes usos das águas; apontar tendências de aumento/redução das concentrações dos parâmetros de qualidade no decorrer do tempo; determinar a distribuição espacial das concentrações destes parâmetros na área de estudo; identificar comportamentos similares entre diferentes pontos de monitoramento, indicar a existência ou não de pontos com qualidade da água equivalente; estabelecer possível inter-relação entre as variáveis de um conjunto de dados de monitoramento, dentre outros.

A metodologia de avaliação dos resultados do monitoramento utilizada no presente trabalho pode vir a subsidiar medidas de gestão buscando assegurar a sustentabilidade do uso do recurso hídrico subterrâneo na área de estudo e poderá, futuramente, indicar melhoria do programa de monitoramento e ainda, eventualmente, vir a ser aplicada em outros aquíferos monitorados.

O presente estudo irá contribuir para subsidiar ações futuras, indispensáveis a uma gestão mais adequada desse recurso hídrico natural predominante na área, além de tentar promover um sistema estratégico, que possa ser utilizado para a demanda atual ou futura do município.

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

Atividades desenvolvidas do projeto de pesquisa	Meses de desenvolvimento do projeto de pesquisa											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Nivelamento conceitual para os participantes do projeto sobre água subterrânea	X											
2. Nivelamento conceitual e teórico dos modelos estatísticos de análise multivariada		X										
3. Obtenção da base de dados na CAGECE			X	X								
4. Tratamento da base de dados				X	X	X						
5. Desenvolvimento teórico e implementação da metodologia						X	X	X				
6. Aplicação da ferramenta estatística para obtenção dos resultados							X	X	X	X		
7. Análise dos resultados									X	X	X	
8. Publicação dos resultados											X	X
9. Elaboração de relatório final											X	X

6. PLANO(S) DE TRABALHO DO(S) BOLSISTA(S)

A seguir é apresentado o plano de trabalho das atividades a serem executadas pelos bolsistas ao longo dos doze meses de suporte ao projeto. As atividades apresentadas nesse plano de trabalho contemplam 02 (dois) bolsista de IC – salientando que o projeto conta com a participação de mais 02 (dois) alunos voluntários – que irão desenvolver o projeto de pesquisa. Destaque-se, contudo, que todas as atividades serão realizadas de maneira colaborativa, entre os bolsistas do projeto, buscando inclusive, que dediquem seu tempo ao projeto em horários comuns, sempre que possível. O plano de trabalho apresentado está direcionado aos bolsistas remunerados e possuem conteúdo iguais.

BOLSISTA 1	
Título do plano de trabalho:	ANÁLISE MULTIVARIADA DA ÁGUA DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE
Modalidade de bolsa solicitada:	PIBIC
Objetivos geral e específicos	
Objetivo geral: Identificar a similaridade das variáveis hidroquímicas na qualidade das águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município de Juazeiro do Norte/CE.	
Objetivos específicos: <ol style="list-style-type: none">1. Inferir quais os parâmetros físico-químicos são mais representativos para monitoramento da qualidade da água de abastecimento;2. Investigar possível interferência sazonal nas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos na qualidade da água;3. Analisar a evolução hidroquímica da qualidade da água de abastecimento do município com foco na disponibilidade quantitativa e qualitativa.	
Metodologia: O estudo será desenvolvido a partir do banco de dados dos poços de abastecimento de água, monitorados pela Cagece, no município de Juazeiro do Norte. Serão analisados os atributos físico-químicos e bacteriológicos, que serão detalhados após disponibilização dos dados pela companhia de abastecimento (Cagece). A análise estatística terá início com a avaliação do grau de associação entre os atributos, através da Matriz de Correlação de Pearson. Em seguida, será aplicada a técnica da análise fatorial, buscando identificar as dimensões de variabilidade comuns (ou fatores) existentes em um conjunto de fenômenos, com o intuito de desvendar estruturas existentes, mas não observáveis diretamente. Na análise fatorial será aplicado o método das componentes principais, utilizando-se a rotação varimax normalizada objetivando descrever as relações de covariância entre os atributos	

correlacionados, com base nos fatores identificados, além de evidenciar, por meio de comunalidades, o quanto cada atributo explica cada fator.

A verificação da adequação dos dados da análise fatorial será realizada a partir do Teste Estatístico de Esfericidade de Bartlett, que testa a hipótese nula de que as variáveis analisadas não são correlacionadas.

Para finalizar será realizado o agrupamento das amostras a partir do maior número de atributos explicados por um único fator da análise fatorial. Essa técnica, utiliza-se do método Ward como critério hierárquico de agrupamento, com medida de similaridade dada pela distância euclidiana quadrada (*Squared Euclidean DISTANCE*).

O agrupamento será apresentado por meio de um dendrograma e o ponto de "corte", utilizado na definição do número de grupos, será definido pela maior variação da distância reescalada do coeficiente de aglomeração.

Os grupos formados pela técnica do agrupamento terão suas médias comparadas pelo teste “t” de Student aos níveis de 5% e 1%, após execução da análise de variância. Estes testes indicam as variáveis responsáveis pela formação dos grupos na análise multivariada.

Todas as ferramentas desenvolvidas serão implementadas em programas estatísticos gratuitos tais como o R-Program.

Cronograma de atividades:

Atividades	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Nivelamento conceitual sobre água subterrânea	X	X										
2. Nivelamento conceitual e teórico dos modelos estatísticos de multivariáveis	X	X										
3. Obtenção da base de dados na CAGECE			X	X								
4. Tratamento da base de dados				X	X	X						
5. Desenvolvimento teórico e implementação da metodologia						X	X	X				
6. Análise dos resultados							X	X	X	X		
7. Publicação dos resultados										X	X	
8. Elaboração e envio do Relatório Final individual												X

BOLSISTA 2	
Título do plano de trabalho:	ANÁLISE MULTIVARIADA DA ÁGUA DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE
Modalidade de bolsa solicitada:	PIBIC
Objetivos geral e específicos	
<p>Objetivo geral:</p> <p>Identificar a similaridade das variáveis hidroquímicas na qualidade das águas subterrâneas dos poços de abastecimento do município de Juazeiro do Norte/CE.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Inferir quais os parâmetros físico-químicos são mais representativos para monitoramento da qualidade da água de abastecimento; 5. Investigar possível interferência sazonal nas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos na qualidade da água; 6. Analisar a evolução hidroquímica da qualidade da água de abastecimento do município com foco na disponibilidade quantitativa e qualitativa. 	
Metodologia:	
<p>O estudo será desenvolvido a partir do banco de dados dos poços de abastecimento de água, monitorados pela Cagece, no município de Juazeiro do Norte. Serão analisados os atributos físico-químicos e bacteriológicos, que serão detalhados após disponibilização dos dados pela companhia de abastecimento (Cagece).</p> <p>A análise estatística terá início com a avaliação do grau de associação entre os atributos, através da Matriz de Correlação de Pearson. Em seguida, será aplicada a técnica da análise fatorial, buscando identificar as dimensões de variabilidade comuns (ou fatores) existentes em um conjunto de fenômenos, com o intuito de desvendar estruturas existentes, mas não observáveis diretamente.</p> <p>Na análise fatorial será aplicado o método das componentes principais, utilizando-se a rotação varimax normalizada objetivando descrever as relações de covariância entre os atributos correlacionados, com base nos fatores identificados, além de evidenciar, por meio de comunalidades, o quanto cada atributo explica cada fator.</p> <p>A verificação da adequação dos dados da análise fatorial será realizada a partir do Teste Estatístico de Esfericidade de Bartlett, que testa a hipótese nula de que as variáveis analisadas não são correlacionadas.</p> <p>Para finalizar será realizado o agrupamento das amostras a partir do maior número de atributos explicados por um único fator da análise fatorial. Essa técnica, utiliza-se do método</p>	

Ward como critério hierárquico de agrupamento, com medida de similaridade dada pela distância euclidiana quadrada (*Squared Euclidean DISTANCE*).

O agrupamento será apresentado por meio de um dendrograma e o ponto de "corte", utilizado na definição do número de grupos, será definido pela maior variação da distância reescalada do coeficiente de aglomeração.

Os grupos formados pela técnica do agrupamento terão suas médias comparadas pelo teste “t” de Student aos níveis de 5% e 1%, após execução da análise de variância. Estes testes indicam as variáveis responsáveis pela formação dos grupos na análise multivariada.

Todas as ferramentas desenvolvidas serão implementadas em programas estatísticos gratuitos tais como o R-Program.

Cronograma de atividades:

Atividades	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9. Nivelamento conceitual sobre água subterrânea	X	X										
10. Nivelamento conceitual e teórico dos modelos estatísticos de multivariáveis	X	X										
11. Obtenção da base de dados na CAGECE			X	X								
12. Tratamento da base de dados				X	X	X						
13. Desenvolvimento teórico e implementação da metodologia						X	X	X				
14. Análise dos resultados							X	X	X	X		
15. Publicação dos resultados										X	X	
16. Elaboração e envio do Relatório Final individual												X

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil –2009**. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/> . Acesso em: 07/2017.
- ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A.; SOUZA I.H.; OLIVEIRA L. R. A.; GUERREIRO, M.J. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Research**, v. 106, p. 170-177, 2008.
- CLOUTIER, V.; LEFEBVRE, R.; THERRIEN, R.; SAVARD, M. M. Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydrogeo chemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system. **Journal of Hydrology**, v. 353, p. 294-313, 2008.
- FERNANDES, F. B. P.; ANDRADE, E. M. de.; FONTENELE , S. de B.; MEIRELES, A. C. M.; RIBEIRO, J. A. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**. Roraima, v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.
- FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras, Minas Gerais, 394 p., 1996.
- FREIRE, C. C. **Modelo de gestão para a água subterrânea**. 2002. 156f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- FUNCEME. **Atualização do monitoramento dos espelhos d’água dos açudes do Estado do Ceará**. Recursos Hídricos. Fortaleza, 2004. (1 CD).
- HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis**. New Jersey, Prentice Hall, 928 p., 1998.
- HOFFMANN, R. **Componentes principais e análise fatorial**. Piracicaba, 25 p. (Série Didática, 76)., 1992.
- LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2001. 46 p. Relatório.
- MACHADO, C. J. F.; SANTIAGO, M. M. F.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J. **Clustering of groundwaters by Q-mode factor analysis according to their hydrogeochemical origin: A case study of the Cariri Valley (Northern Brazil) wells**. Water SA (on-line). v. 34, n. 5, p. 651-656, 2008.
- MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. 2.ed. London, Chapman e Hall, 215 p., 1998.
- PACTO DAS ÁGUAS. Secretaria de recursos hídricos do estado do Ceará. **Caderno regional da sub-bacia do salgado**. Disponível em: <http://www.srh.ce.gov.br/index.php/projetos-especiais/pacto-das-aguas>. Acesso em: 09 jul. 2013.
- POHLING, R.; SANTIAGO, M. F.; TORQUATO, J. R.; GARRETT, L. Estudo da qualidade da água de Fortaleza. In: POHLING, R. **Estudos Hidrológicos do Nordeste**. Fortaleza: BNB, v. 3, p. 7-72. 1981.
- R. C. TEAM. (2016) **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: **R foundation for statistical computing**. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

REBOUÇAS A. C. Gestão sustentável dos grandes aquíferos. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2000, Fortaleza. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Fortaleza, 2000. p. 131-139.

SALGADO, E. V.; ANDRADE, E. M. de, FONTENELE, S. de B., MEIRELES, A. C. M. Similaridade das variáveis hidroquímicas com o uso da análise multivariada, na Bacia do Salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 158-166, 2011.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 3. ed. revisada e ampliada, p. 325-357. 2008.

TAVARES, P. R. L., DE CASTRO, M. A. H., DA COSTA, C. T. F., DA SILVEIRA, J. D. G. P., & DE ALMEIDA JÚNIOR, F. J. B. (2009). Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. **Rem: Revista Escola de Minas**, 62(2), 227-236.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assessement of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**. v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

VIDAL, A. C.; KIANG, C. H. Caracterização hidroquímica dos aquíferos da bacia de Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**. Curitiba, v. 32, n. 2, p. 267-276, 2002.

VIDAL, C. L. R. **Disponibilidade e gerenciamento sustentável do Aquífero Serra Grande no município de Picos – Piauí**. 2003. 208f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2003.

VON SPERLING, Eduardo. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 11, n.4, p. 189-199, 2006.

YIDANA, S. M.; OPHORI, D.; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data. The Ankobra basin, Ghana. **Journal of Environmental Management**, n. 86, p. 80-87, 2008.