

ÍNDICES SAZONAIS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO VIA ANÁLISE MULTIVARIADA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

JOÃO FERNANDO ZAMBERLAN¹; ADROALDO DIAS ROBAINA²; MARCIA XAVIER PEITER³; RAFAEL CAMARGO FERRAZ⁴ E LEANDRO DE MELLO PINTO⁵

¹ Departamento de Ciências Administrativas – Universidade Federal de Santa Maria – Avenida Roraima, 1000. CEP:97105-900. Santa Maria, RS. jfzamberlan@gmail.com

² Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal de Santa Maria – Avenida Roraima, 1000. CEP:97105-900. Santa Maria, RS. robaina@smail.ufsm.br

³ Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal de Santa Maria – Avenida Roraima, 1000. CEP:97105-900. Santa Maria, RS. mpeiter@smail.ufsm.br

⁴ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria – Avenida Roraima, 1000. CEP:97105-900. Santa Maria, RS. rafacerraz@gmail.com

⁵ Curso de Engenharia Civil – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Av. Sete de Setembro, 1621 – CEP 99.700-000. Erechim, RS. engleandropinto@gmail.com

1 RESUMO

A qualidade da água tem sido desprezada na maioria dos projetos de irrigação e os dados das análises são de difícil compreensão por parte dos irrigantes e técnicos da área. A elaboração de índices facilita a compreensão dos dados das análises, classificando estas águas em função do seu estado qualitativo. O objetivo deste trabalho foi de criar índices de qualidade da água para irrigação. Foram coletadas amostras de água superficiais de reservatórios em diferentes meses do ano sendo determinados os diferentes níveis dos parâmetros qualitativos. Através da análise dos componentes principais determinaram-se índices de qualidade da água em três classes. Os índices de qualidade da água dos reservatórios encontraram-se na faixa entre 80 e 70 na maioria dos meses. A exceção foi observada nos meses de maio e junho no reservatório S com índices de 68 e 57 respectivamente, evidenciando uma queda qualitativa das águas de irrigação. Concluiu-se que a técnica de análise multivariada é eficiente na elaboração dos índices sem perda de informação, e os indicadores que obtiveram maior peso foram o ferro total e sólidos em suspensão.

Palavras-chave: componentes principais, variabilidade, recursos hídricos.

ZAMBERLAN, J. F.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; FERRAZ, R. C.; PINTO, L DE M.

SEASONAL INDEX OF QUALITY OF IRRIGATION WATER VIA MULTIVARIATE ANALYSIS

2 ABSTRACT

The quality of water has been neglected in most irrigation projects, and data analyses are of difficult understanding for most irrigation farmers and technicians in the field. Establishing

indexes can ease data analysis comprehension and classify water in terms of its qualitative status. The objective of this work was to create quality water indexes for irrigation. Samples of superficial water were collected from reservoirs in different months of the year, and different levels of qualitative parameters were determined. Based on the analysis of the main components, quality water indexes were determined in three classes. The water quality indexes of the reservoirs were from 80 to 70 in most months. Exception was found in the months of May and June in reservoir S, with indexes of 68 and 57, respectively, which shows a qualitative decrease in irrigation water. Therefore, the technique of multivariate analysis is efficient to establish indexes without loss of information. Higher weight indicators were total iron and solid bodies in suspension.

Keywords: main components, variability, water resources.

3 INTRODUÇÃO

A qualidade da água tem adquirido relevância ao passo que a pressão sobre a utilização dos recursos naturais aumenta. A agricultura, como maior usuária proporcional de água, deverá, em um curto espaço de tempo, adequar-se ao uso de águas qualitativamente inferiores, o que pode gerar reflexos negativos na atividade irrigada bem como no meio ambiente quando do uso inadequado do recurso e da tecnologia. O diagnóstico das águas para fins de irrigação é fundamental para que tais reflexos sejam minimizados.

A diversidade de parâmetros qualitativos da água e as diversas unidades que os quantificam, são, para a maioria dos produtores, de difícil compreensão e interpretação, até mesmo para alguns técnicos. A determinação de índices de qualidade da água facilita este entendimento, pois permite a agregação das muitas variáveis em um determinado valor numérico, o qual informa a classe qualitativa que está enquadrado o corpo hídrico para um determinado uso.

A vantagem do uso dos índices reside no fato de representarem um conjunto de variáveis em um único número com uma mesma unidade. Já como desvantagem, pode-se citar a perda das informações básicas que são utilizadas no processamento, salientando-se que, por melhor que seja o índice ele não substitui a avaliação detalhada dos seus componentes (CETESB, 2008). Para determinação de um índice, agrupam-se determinados parâmetros que, para uma determinada finalidade são importantes, traçam-se curvas médias da variação da qualidade da água em função da sua concentração e atribui-se pesos a cada um deles de acordo a sua relevância (CETESB, 2008), embora para Souza e Libânio (2009), é difícil estabelecer hierarquias absolutas dos parâmetros da água.

A avaliação da qualidade da água de diferentes corpos hídricos pode ser realizada através de técnicas de análise multivariada principalmente na determinação de índices, que vem a facilitar a identificação de parâmetros que mais caracterizam e influem na dinâmica dos corpos hídricos (TOLEDO & NICOLELLA, 2002; MEIRELES, 2007). A técnica de análise dos componentes principais, utilizada pelos autores citados permite que, a partir de uma matriz de dados originais, no caso as diferentes concentrações dos parâmetros qualitativos da água, seja feita uma condensação do número de parâmetros, sem perda informacional, pois estes representam a maior parte das variações observadas. Segundo Meireles (2007), as componentes mostram efeitos sazonais e meteorológicos sobre a composição química das águas.

O objetivo deste trabalho foi calcular índices de qualidade da água para irrigação em função da variação temporal de águas superficiais na região central do Rio Grande do Sul classificando-as de acordo com os índices calculados e os limites estabelecidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, latitude de 29°42'24" Sul, longitude de 53°48'42" Oeste e altitude de 95m pertencente ao bairro de Camobi, distante 12 km do centro do município. O clima da região segundo a classificação de Köppen é o Cfa subtropical úmido sem estação seca definida (MORENO, 1961). A precipitação normal anual é de 1.769 mm, geralmente bem distribuída nas quatro estações do ano (BURIOL et al., 2006).

A unidade de mapeamento dos solos é pertencente à Unidade São Pedro, classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (Pvd) (STRECK et al., 2002). Foram estudados dois reservatórios superficiais situados em diferentes locais dentro do campus que foram denominados de reservatório V e reservatório S. O reservatório V possui coordenadas geográficas oeste 53° 42' 30,97" e sul 29° 43' 31,95" e o reservatório S de coordenadas oeste 53° 42' 14,23" e sul 29° 43' 54,01".

As coletas das águas ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho de 2010 pela manhã entre as 9 horas e 30 minutos e 11 horas e 30 minutos, onde foram realizadas com auxílio de uma garrafa de Kemmerer no ponto de adução de água onde foi medida a profundidade do corpo hídrico através de uma trena. As amostras coletadas foram posteriormente acondicionadas em uma caixa térmica refrigerada e conduzidas ao Laboratório de Análises de Águas Rurais da UFSM em prazo máximo de 24 horas da coleta.

Foram realizadas medidas "in situ" do pH, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica e em laboratório de sólidos suspensos através de gravimetria, cálcio, magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, ferro total e dureza total através de titulometria e sódio por espectrometria.

O parâmetro razão de adsorção de sódio foi determinado através da seguinte expressão:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

em que: *RAS* é a razão de adsorção de sódio, *Na* é o teor de sódio na água de irrigação em mg/L *Ca* o teor de cálcio na água de irrigação em mg/L e *Mg* é o teor de magnésio na água de irrigação em mg/L.

De posse dos dados foram determinados os índices de qualidade da água para cada reservatório nos diferentes períodos do ano através da equação:

$$IQAI = \sum_{i=1}^n q_i w_i \quad (2)$$

em que: *IQAI* é o índice de qualidade da água, um número adimensional entre 0 a 100; *qi* a qualidade da *i*-ésima variável, um número entre 0 e 100 e *wi* o peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, dado em função da sua importância.

Os pesos relativos a cada um dos parâmetros estudados foram atribuídos mediante análise multivariada utilizando o método dos componentes principais. Foi utilizado o programa computacional SPSS 19 para o procedimento. Esta análise aplicada aos dados permite avaliar a associação entre as variáveis evidenciando a participação individual de cada componente das águas (ANDRADE et al., 2007).

Anteriormente a aplicação da técnica de análise multivariada realizou-se o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), com base nos dados originais afim de medir a presença de correlações entre as variáveis e adequação dos dados para aplicação do método.

Construiu-se uma matriz de dados originais e a partir desta foram calculados os pesos e a qualidade das variáveis medidas por meio das equações abaixo descritas com base em estudos de Meirelles (2007), Meirelles (2010) e Zamberlan (2011):

$$Q_i = Q_{i\text{máx}} - \frac{(x_i - x_{\text{inf}}) \cdot A_i}{A_i} \quad (3)$$

em que: Q_i é a qualidade individual do parâmetro, um número adimensional entre 0 e 100, $Q_{i\text{máx}}$ é o valor máximo para a classe, x_i é o valor do parâmetro, x_{inf} o limite inferior da classe e A_i corresponde a amplitude da classe.

$$w_i = \frac{\sum F_j A_{ij}}{\sum \sum F_j A_{pi}} \quad (4)$$

em que W_i é o peso atribuído a cada parâmetro da água, F_j autovalor do fator j , A_{ij} é a carga fatorial do parâmetro i e A_{pi} a carga fatorial dos parâmetros p .

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foi elaborada uma matriz de dados originais com os diferentes níveis de concentração dos dez parâmetros de qualidade da água. Posteriormente, estes dados foram padronizados a fim de uniformizar as unidades onde, a partir, desta foi construída uma matriz de correlação que permite analisar a associação entre variáveis. Na Tabela 1, apresenta-se a matriz de correlação dos parâmetros qualitativos da água.

Tabela 1. Matriz de correlação dos parâmetros qualitativos da água

	pH	Ca	Mg	Dureza	Fe	Na	SS	SDT	Ce	RAS
pH	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ca	0,61	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---
Mg	0,62	0,90	1,00	---	---	---	---	---	---	---
Dureza	0,63	0,96	0,98	1,00	---	---	---	---	---	---
Fe	0,80	0,78	0,87	0,85	1,00	---	---	---	---	---
Na	0,55	0,85	0,94	0,93	0,80	1,00	---	---	---	---
SS	0,03	0,49	0,34	0,41	0,03	0,51	1,00	---	---	---
SDT	0,62	0,91	0,94	0,95	0,80	0,96	0,56	1,00	---	---
Ce	0,31	0,76	0,75	0,77	0,46	0,84	0,82	0,90	1,00	---
RAS	0,56	0,84	0,93	0,92	0,80	1,00	0,52	0,96	0,84	1,00

Conforme a matriz de correlação, os parâmetros com maior correlação foram os sólidos dissolvidos totais, com correlações acima de 0,9 com cálcio, magnésio, sódio, dureza total, condutividade elétrica e acima de 0,8 com o ferro total. Tendo o ferro total a mais baixa correlação com os parâmetros pH e sólidos suspensos com valor de 0,03.

Estando dentro da adequacidade, a próxima etapa foi aplicação do Método dos Componentes Principais, a fim de reduzir o número de dados sem prejuízo da informação relativa aos níveis dos parâmetros qualitativos da água. Obtiveram-se dois fatores principais que explicam 92,14% das variações dos dados originais de um total de dez fatores baseados nas variâncias calculadas.

Destes dois fatores adotou-se como critério selecionar os que possuíam valores acima de 0,85, portanto, foram utilizados valores pertencentes aos dois fatores, pH, ferro, magnésio e ferro total do primeiro fator que explicam 55,49% da variância e sólidos suspensos e condutividade elétrica do segundo fator que explicam 36,54%, pois estes possuíam valores superiores ao critério estabelecido. A carga fatorial e comunalidade calculadas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Carga fatorial e comunalidade referente a qualidade da água superficial.

	Carga Fatorial		Comunalidade
	F1	F2	
pH	0,86	(0,06)	0,74
Ca	0,76	0,55	0,88
Mg	0,86	0,46	0,95
Dureza Total	0,84	0,51	0,96
Fe	0,98	0,09	0,96
Na	0,75	0,61	0,94
SS	(0,06)	0,95	0,91
SDT	0,75	0,64	0,98
Ce	0,40	0,90	0,96
RAS	0,75	0,62	0,94

Para o cálculo do índice de qualidade da água de irrigação foram determinados os limites dos valores baseados na literatura, distribuindo-os e enquadrando-os dentro de um intervalo adimensional onde atribui-se valores entre 0 e 100. Estes limites foram definidos com base nos padrões qualitativos para as águas de irrigação estabelecido por Ayers e Westcot (1991), Nakayama e Bucks (1986) e Lamm et al. (2007). Para tanto os referidos

autores dividiram em três classes as águas de irrigação e, portanto, manteve-se o número de classes conforme sua qualidade e restrição a utilização para irrigação.

De acordo com a classificação estabelecida, os valores limites dos parâmetros foram distribuídos em três níveis, da melhor qualidade para a pior, onde o intervalo compreendido entre 0 e 35 é classificado como restritivo ao uso da água em irrigação ou seja uma água de baixa qualidade, de 35 a 70 restrição moderada, esta água sendo de média qualidade e de 70 a 100 uma água que não possui restrição sendo classificada como de boa qualidade como demonstra a Tabela 3.

Tabela 3. Classificação dos índices de qualidade de água para irrigação.

Índice de qualidade da água de irrigação	Limitação	Indicações
70 – 100	Boa qualidade e baixo risco para atividade	Pode-se utilizar a água em diferentes tipos de solo, clima e cultivos, salvo em determinados casos pontuais.
35 – 70	Qualidade moderada com médio risco para atividade	A água pode ser utilizada, porém com determinados cuidados no manejo e ou tratamento da água quando necessário.
0 - 35	Baixa qualidade e alto risco para atividade	Nesta classe a água deve ser quase que exclusivamente tratada para adequabilidade ou ter seu uso restrito.

Esta divisão em classes também foi utilizada por Lopes et al. (2008), que dividiram a água em cinco classes. No trabalho realizado por Meireles et al. (2010) foi proposta uma nova classificação com quatro classes para a água de irrigação.

Observou-se que as notas calculadas para o reservatório V foram próximas de 100, em sua maioria variando entre 70 e 99, demonstrando que os valores dos parâmetros encontram-se dentro dos limites aceitáveis para irrigação. Ocorreu variação principalmente com relação a RAS nos meses de janeiro e fevereiro. Os valores baixos da qualidade individual (Q_i) indicam que nestes meses os níveis destes parâmetros estavam acima do aceitável para irrigação. No caso da RAS, pode ter havido um aporte de sódio oriundo de material carreado devido à alta precipitação e ventos ocorridos nestes meses bem como dos usos da bacia de contribuição. A ocupação urbana e a agricultura são usos que interferem de maneira direta na qualidade da água, principalmente devido ao deflúvio superficial. O aumento nos níveis de ferro total gerando uma qualidade individual inferior (44,00 e 35,25) pode ser atribuído ao mesmo motivo, tendo a precipitação destes meses se aproximado da média. Estes fatos são corroborados pelos estudos da qualidade da água realizados por Vanzela (2004) e Zamberlan (2007).

Com relação ao reservatório S a qualidade individual dos parâmetros seguiu um comportamento similar ao reservatório V. Porém, nos meses de maio e junho, a qualidade individual do ferro total foi bastante reduzida em relação ao outro reservatório (18,55 e 12,37mg.L⁻¹), sendo estes menores valores atribuídos a uma particularidade da bacia de contribuição do reservatório S, que é a presença de uma olaria a montante, onde se localiza uma área de retirada de argila do horizonte Bt, rico em óxido de ferro e que pode ter contribuído de forma expressiva com o aporte deste elemento para suas águas.

O parâmetro sólido suspenso (SS) obteve valor 35,00 mg.L⁻¹ nos meses de abril e junho evidenciando que houve entrada de material sólido no interior do corpo hídrico devido

à precipitação. O ano de 2010 sofreu o efeito do fenômeno El Niño que se caracteriza por precipitações acima dos níveis normais no Sul do Brasil (CUNHA et al., 2011). Este fenômeno certamente influenciou a dinâmica dos constituintes da água dos reservatórios.

Ponderou-se o peso para os cinco parâmetros que mais explicaram a variância que foram: pH, Mg e Fe total do Fator 1 e SS juntamente com a Ce referente ao Fator 2. Estes valores foram utilizados no cálculo do índice de qualidade da água de irrigação.

O valor mais alto foi obtido pelo ferro total (Fe) evidenciando a relevância deste parâmetro para águas superficiais na irrigação, juntamente com os sólidos suspensos, sendo muito comum sua presença em águas superficiais e por ter ocorrido um grande aporte deste parâmetro nas águas dos reservatórios ocasionados pelas enxurradas, principalmente no mês de janeiro.

De posse dos valores de Q_i e os W_i para os cinco parâmetros que mais explicaram a variância foram calculados os índices de qualidade da água para cada reservatório V e S demonstrados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Índices de qualidade da água nos diferentes meses para o reservatório V.

Parâmetros	Ce	RAS	Na	Mg	Ca	Ph	Dureza	Fe	SDT	SS	IQA 5
W ₅	0,20	--	--	0,19	--	0,19	--	0,21	--	0,21	
Jan/10	88,86	20,55	89,00	89,85	92,41	71,67	98,00	68,75	99,99	72,40	78
Fev/10	81,79	12,29	99,17	98,64	99,60	72,44	97,40	60,00	99,98	88,00	80
Mar/10	82,00	14,91	99,48	98,87	99,87	73,04	98,60	62,75	99,98	56,00	74
Abr/10	85,00	15,72	99,48	98,87	99,85	59,15	98,40	62,75	99,99	77,00	76
Mai/10	87,79	17,97	99,48	98,84	99,75	70,84	98,00	44,00	99,99	77,00	75
Jun/10	85,43	6,038	99,13	98,94	99,75	70,75	98,20	35,25	99,99	77,00	73

Tabela 5. Índices de qualidade da água nos diferentes meses para o reservatório S.

Parâmetros	Ce	RAS	Na	Mg	Ca	Ph	Durez a	Fe	SDT	SS	IQ A 5
W ₅	0,20	--	--	0,19	--	0,19	--	0,21	--	0,21	
Jan/10	85,8 6	13,1 3	99,1 7	99,0 0	99,4 9	63,1 8	97,20	68,7 5	99,9 9	82,0 0	80
Fev/10	75,1 4	22,7 3	99,5 2	98,9 4	99,4 5	71,0 1	96,80	71,7 5	99,9 8	88,0 0	81
Mar/10	75,5 7	93,8 8	98,7 8	98,7 0	99,8 3	71,5 9	98,40	76,0 0	99,9 7	49,0 0	74
Abr/10	74,7 1	99,3 6	98,9 1	98,7 0	99,7 8	70,2 4	98,13	76,0 0	99,9 8	35,0 0	70
Mai/10	79,6 4	95,8 3	98,4 8	98,4 2	99,5 8	70,6 6	97,20	18,5 5	99,9 8	76,0 0	68
Jun/10	75,5 7	98,1 4	98,7	98,7 3	99,6 3	70,2 1	97,60	12,3 7	99,9 8	35,0 0	57

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5 verificou-se a ocorrência de variação temporal nos diversos parâmetros qualitativos da água, entre os reservatórios e nos *IQAI* calculados nos diferentes meses do ano, porém alguns destes não obtiveram variação significativa que viesse a comprometer a qualidade e seu enquadramento na classe.

De acordo com índices de qualidade da água de irrigação calculados, houve diferenças entre os reservatórios, principalmente nos meses de abril, maio e junho. Observou-se uma redução nos valores dos índices, porém sem alteração em sua classificação. No caso do reservatório V, o *IQAI* mais alto foi de 80 em fevereiro e o mais baixo 73 em junho, demonstrando uma leve redução na qualidade da água.

No caso do reservatório S, observou-se que a variação seguiu o mesmo padrão do reservatório V, porém nos últimos três meses ocorreu uma queda qualitativa relevante na qualidade da água. Nos meses de abril, maio e junho o *IQAI* obteve valores de 70, 68 e 57 respectivamente, havendo mudança na classificação da água. Isto remete a que, neste caso, houve mudança do *IQAI*, em determinadas modalidades de irrigação. Assim, esta água pode ter restrição de uso, principalmente em sistemas de microirrigação, onde a exigência em água de qualidade superior é maior. As qualidades individuais (Q_i) referentes aos níveis de ferro total na água foram muito baixas, indicando que os níveis presentes na água do reservatório suplantam os limites estabelecidos para as águas de irrigação, corroborando com a análise realizada em função dos valores absolutos para os parâmetros.

Portanto, o *IQAI* no momento da interpretação demonstra eficiência em função de que determinados parâmetros, para algumas modalidades de irrigação, possuem de fato uma relevância muito maior, desta forma pode-se identificar e determinar tratamentos específicos para cada qualidade de água, principalmente relativo a sistemas de microirrigação, onde a suscetibilidade a problemas, principalmente de obstrução de emissores, é maior.

O valor prático no caso do ferro total, quando se leva em consideração os custos do tratamento segundo Ayers & Westcot (1991) é de 2,0 mg. L⁻¹, porém o nível aceitável recomendado pelos referidos autores é de 0,5 mg. L⁻¹ e segundo Nakayama & Bucks o nível é ainda menor, 0,2 mg. L⁻¹. Zamberlan (2007) estudando as águas destes mesmos reservatórios, porém em período de La Niña, encontrou valores de até 2,34 mg. L⁻¹ de ferro total solubilizados na água do reservatório S. O ferro total é de extrema importância para irrigação, principalmente em se tratando de sistemas de gotejamento onde afetam o coeficiente de uniformidade de aplicação de água (BRAUER et al., 2011). A qualidade de água afeta negativamente o coeficiente de uniformidade e de vazão principalmente de gotejadores (RIBEIRO et al., 2012).

As variações nos índices de qualidade da água podem possuir diferentes origens, como os encontrados por Lopes et al. (2008) estudando a bacia hidrográfica do Rio Acaraú, onde em diferentes estações de coleta houve redução na qualidade das águas, em uma estação, onde atribuiu-se o referido decréscimo qualitativo, ao deflúvio superficial e em outra ao menor volume do corpo hídrico. Toledo & Nicolela (2002) encontraram redução na qualidade da água no período chuvoso quando do estudo de uma microbacia em Guairá- SP. Este fato corrobora com Haase & Possoli (1993) onde na elaboração de um índice de qualidade de dois corpos hídricos diferentes, concluíram que valores de *IQA* e sua variabilidade diferem devido às ações antrópicas distintas.

O *IQAI*, de maneira geral, indica que as águas dos dois reservatórios são de boa e média qualidade na maior parte dos meses do ano estudados e podem ser utilizadas em irrigação bem como suas águas se aplicam a várias modalidades da mesma. Porém, nos meses de maio e junho, há a necessidade de tratamento da água, devido aos altos níveis de ferro total solubilizado mensurado nas análises laboratoriais, principalmente no reservatório S. Este, em comparação ao reservatório V, mostrou que sua água possui qualidade inferior, que pode ser atribuída aos usos do solo e maior urbanização de sua bacia de contribuição visto que segundo Belluta et al., (2011) a bacia é condicionante da qualidade da água. Pois a análise deve ser feita sempre levando em conta o contexto em que se encontra o corpo hídrico.

6 CONCLUSÕES

Concluiu-se que a utilização da técnica de análise multivariada através do método de análise dos componentes principais foi eficiente na elaboração dos índices de qualidade da água de irrigação, sem perda da qualidade informacional. Os principais componentes do índice de qualidade da água por meio da análise multivariada foram: magnésio, ferro total, condutividade elétrica, pH e sólidos suspensos, sendo que os indicadores com maior peso na análise foram ferro total e sólidos suspensos os quais obtiveram as maiores cargas fatoriais. De acordo com a classificação proposta os valores de índice de qualidade da água de irrigação calculados foram menores no reservatório S, evidenciando sua pior qualidade de água.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. de; GISBERT, J. M. Variación en la calidad Del água de riego em um huerto de cítricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10,n.1, p.64-69, 2005.

ANDRADE, E. M de. SOUZA, I. H. de; SILVA, E. L. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**. v.27 .n.3. p683-690, 2007.

AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB, 1991, 218 p (Estudos FAO irrigação e drenagem, n.29).

BELLUTTA, I. et al. Aplicação de técnica de geoprocessamento em áreas degradadas de mata ciliar e sua correlação com qualidade da água numa subbacia hidrográfica. **Revista Irriga**, v.16, n.2, p. 177-198, 2011.

BERLATO, M . A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMANSKI, H. **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, cap.1, p. 11-24, 1992.

BERNARDO, S. MANTOVANI, E. C. SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa UFV/ Imprensa Universitária., 2005.

BRAUER, R. L. et al. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em gotejadores em função do teor de ferro. **Revista Irriga**, v. 16, n. 1, p.21-30, 2011.

BURIOL, G. A. et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 89-97, 2006.

CETESB. Companhia de **Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Relatório de águas interiores do estado de São Paulo. Apêndice B. Índices de qualidade das águas, critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes. São Paulo: CETESB. 29p. 2008.

- CUNHA, G. R. da et al. El niño/La niña – oscilação sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. Revista Plantio Direto. Passo Fundo-RS, 2011. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1028 Acessado em 05/05/2011.
- HAASE, J; POSSOLI, S. Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v.6, n.1, p. 245-255.1993.
- HAMDY, A; et al. Saline water in supplemental irrigation of wheat and barley under rainfed agriculture. **Agricultural Water Management**, n. 78, p. 122-127, 2005.
- HÉRLON F, R; PAULINO, W. D. **Recomendações e cuidados na coleta de amostras de água**. Secretaria de Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos recursos hídricos (COGERH), Fortaleza, 2001 (Informe Técnico n.2/2001).
- KATERJ, N; et al. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. **Agricultural Water Management**. v.75, n.2, p. 85-91, 2004.
- MALASH, N; et al. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, n.78, p.25-38, 2005.
- MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.
- MATICIC, B. The impact of agriculture on ground water quality in Slovenia: standards and strategy. **Agricultural Water management**. v. 40, p. 235-247. 1999.
- MEIRELES, A. C. M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de classificação para fins de irrigação**. 2007. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, 2007.
- MEIRELES, A. C. M; et al. Uma nova proposta de classificação da água para fins de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**. v.41, n.3, p.349-357, 2010.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961.
- NAKAYAMA, F. S; BOMAN, B. J; PITTS, D. J. Maintenance. In: LAMM, F .R; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production**. 1st. ed.Elsevier B.V Amsterdam: Elsevier, 2007, cap.11, p.389-430 (Developments in Agricultural Engineering 13).
- NAKAYAMA, F. S; BUCKS, D. A. **Tickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986. 383 p.

LOPES, F. B. et al. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.

RIBEIRO, P. A. de A. et al. Gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água. **Revista Irriga**, ed. especial, v.1, n.1, p.368-379, 2012.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S. da; PATERNIANI, J. E. S; SILVA, M. J. M. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9.n.3, 2005.

SOUZA, M. E. T. A. de; LIBÂNIO, M. Proposta de índice de qualidade para água bruta afluyente a estações convencionais de tratamento. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.14, n.4, p.471-478. 2009.

STRECK, E. V; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da EMATER/RS; UFRGS, 2002. 108p.

TOLEDO, L. G.;NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano, **Scientia Agrícola**, v.59, n. 1, p. 181-186. 2002.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

ZAMBERLAN, J. F. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação**. 2007. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

ZAMBERLAN, J. F. **Índice de qualidade e custos em função da variabilidade temporal da água de irrigação**. 2011. 147f. Tese. (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, 2011.