

AVALIAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA REUTILIZAÇÃO EM FERTIRRIGAÇÃO

Ananda Helena Nunes Cunha¹

Thiago Bernardes Cortez²

Jonas Alves Vieira³

¹ Engenheira Agrônoma, mestranda em Engenharia agrícola, bolsista CAPES-BRASIL. UEG.

Anápolis-GO. analena23@gmail.com

² Graduando em Engenharia Agrícola, UEG. Anápolis-GO. thiagocortez2@hotmail.com

³ Químico Analítico, Professor Doutor, UEG. Anápolis-GO. jonas@ueg.br

1. RESUMO

Com o grande aumento da população, aumentou também o consumo de água, de um lado há a necessidade do controle de demanda, visando reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e de outro a busca de recursos complementares como a reutilização de água. Este trabalho teve como objetivo avaliar a reutilização da água residuária empregando-se análises físicas, químicas e comparando-se os valores encontrados com os valores de referência descritos na literatura. As águas foram coletadas na UEG, Anápolis-GO, entre junho e julho de 2011, sendo que foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, nitrito, nitrato, amônia, potássio, manganês, fosfato total, sódio, ferro total, boro, cobre, molibdênio e zinco. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Química Inorgânica e Química Analítica da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. Dos elementos químicos encontrados o cobre e o molibdênio encontram-se em concentrações maiores acima dos valores de referência. Sendo que o cobre pode gerar problemas de toxicidade, outro possível problema já o molibdênio não é tóxico para as plantas. Outro problema observado refere-se à presença de manganês, que mesmo em pequenas quantidades oferece risco de toxicidade médio para água de irrigação. Quanto à presença da amônia, trata-se de uma informação importante uma vez que a mesma tira a característica de potabilidade da água.

LINHA TEMÁTICA: Ciência, Tecnologia, Sociedade, Meio Ambiente

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, avaliação, reuso, fertirrigação.

2. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial aumentou acentuadamente o consumo da água a qual exige planejamento e manejo integrado. Nesse contexto, deve-se reconhecer usos múltiplos da água na utilização para o abastecimento de água potável, saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, transporte, recreação e outras atividades. Os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais vêm de encontro ao apoio de medidas concomitantes de conservação e minimização do desperdício. Sendo assim, o equilíbrio entre a necessidade do consumo e a disponibilidade do produto, resultou num grande desafio para a gestão de recursos hídricos. Pois, de um lado a necessidade do controle da demanda, visando reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e de outro a busca de recursos complementares como a reutilização de água (RODRIGUES, 2005).

Neste contexto, considera-se que a atual legislação brasileira que trata de reuso de água é considerada insuficiente para torná-la medida de controle referente ao uso racional de água, a regulamentação que trata do reuso de águas no Brasil, limita-se apenas ao tratamento de água como opção à destinação de esgotos de origem essencialmente doméstica, ou como prática de reuso direto não potável (DANTAS e SALES, 2009). Justificando assim, a busca de informações nas literaturas internacionais para a prática de utilização de água residuária, pois as mesmas possuem padrões definidos para tal prática.

A fertirrigação não deve ser praticada de forma empírica. O aproveitamento dos possíveis fertilizantes existentes em águas residuárias sem quantificações pode gerar problemas relacionados aos excessos ou deficiências dos mesmos para cultura pretendida, desequilíbrio ambiental bem como prejuízos econômicos para o empreendimento (SOUSA et al., 2005). É devido a estes fatores, que o monitoramento da água residuária, através das análises físicas e químicas se mostra importante.

A legislação que visa padronizar o lançamento de efluentes baseia na resolução n.º 357, de 17 de março de 2005 do – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005), que estabelece os padrões de qualidade e de lançamento de efluente em um corpo hídrico (Tabela 1).

Tabela 1 - Padrões de lançamento de efluentes e de qualidade de corpos hídricos classe 2 previstos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Parâmetro	Padrão de lançamento de efluentes	Padrão corpos hídricos classe 2
pH	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	-	até 100 UNT
OD	-	5 mg.L ⁻¹
Temperatura	< 40 °C	-
SDT	-	até 500 mg L ⁻¹
SS	1 ml L ⁻¹	-
DBO ₅	-	5 mg.L ⁻¹
Nitrito	-	1,0 mg.L ⁻¹
Nitrato	-	10,0 mg.L ⁻¹
Amônia	20,0 mg.L ⁻¹	2,0 mg.L ⁻¹
Fósforo	-	0,1 mg.L ⁻¹
Ferro Total	15,0 mg.L ⁻¹	0,3 mg.L ⁻¹
Zinco	5,0 mg.L ⁻¹	0,18 mg.L ⁻¹
Manganês	1,0 mg.L ⁻¹	0,1 mg.L ⁻¹
Boro	5,0 mg.L ⁻¹	0,5 mg.L ⁻¹

Nota: OD: oxigênio dissolvido, SDT: sólidos dissolvidos totais, SS: sólidos sedimentáveis, DBO₅: demanda bioquímica de oxigênio.

Em se tratando de água residuária, deve atentar para alguns parâmetros de extrema importância, referente ao monitoramento do reuso, como a salinidade. A salinidade da água de reuso pode ser medida pela condutividade elétrica (CE), sendo diretamente relacionada com a concentração de sais solúveis. Os valores da condutividade elétrica são expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou dSm^{-1} , os quais podem ser convertidos para miligramas por litro (mgL^{-1}) de sais dissolvidos totais (TSD) no líquido (PAGANINI, 2003).

A literatura australiana recomenda a classificação das águas de irrigação de acordo com o total de sais dissolvidos, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de salinidade para águas de irrigação.

Classe	Descrição	TSD (mg L^{-1})	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	CE (dS m^{-1})
1	Salinidade baixa	0 – 175	0 – 270	0 – 0,3
2	Salinidade média	125 – 500	270 – 780	0,3 – 0,8
3	Salinidade alta	500 – 1500	780 – 2340	0,8 – 2,3
4	Salinidade muito alta	1500 – 3500	2340 – 5470	2,3 – 5,5
5	Salinidade extremamente alta	> 3500	>5470	>5,5

Fonte: Adaptado EPA – Austrália (1991) apud Paganini (2003).

A Tabela 3 apresenta as concentrações recomendadas de alguns elementos químicos em água de irrigação. Para concentrações elevadas os mesmos podem atingir condições de toxicidade tornando prejudiciais. Daí a importância das análises químicas para a quantificação dos elementos presentes na água de reuso.

Tabela 3 – Concentrações máximas recomendadas para alguns elementos químicos em água de irrigação.

Elemento Químico	Concentração (mg L ⁻¹)	Observações
Alumínio (Al)	5,00	Em solos ácidos (pH < 5,5) podem se tornar improdutivos; porém em solos com pH > 7,0, o alumínio precipita eliminando a fitotoxicidade.
Cobre (Cu)	0,2	Entre 0,1 e 1 mg L ⁻¹ , em soluções nutritivas, promove o aparecimento de sintomas de toxicidade.
Ferro (Fe)	5,00	Não é tóxico em solos bem aerados, embora contribua para tornar P e Mo não disponíveis as plantas.
Manganês (Mn)	0,20	De alguns décimos até poucos mg L ⁻¹ pode ser tóxico em solos ácidos
Molibdênio (Mo)	0,01	Normalmente não é tóxico as plantas. Entretanto, pode causar toxicidade ao gado em casos de pastagens com alto teor de molibdênio.
Zinco (Zn)	2,00	Níveis tóxicos variam amplamente. Sua toxicidade é reduzida em pH > 6 em solos de textura fina.

Fonte: Adaptada de Metcalf e Eddy (1991).

Em águas residuais também são fundamentais, as avaliações dos aspectos sanitários em geral, para irrigação localizada, um cuidado essencial é com relação o risco de obstruções requerendo um monitoramento frequente. Sabendo-se que qualidade da água pode contribuir para o entupimento dos tubos canalizadores da água (emissores), cujos fatores que corroboram para estes problemas encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Risco do potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação.

Tipo de problema	Reduzido	Médio	Alto
pH	<7,0	7,0 - 8,0	>8,0
Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)	<500	500 – 2000	>2000
Manganês (mg L ⁻¹)	<0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Ferro total (mg L ⁻¹)	<0,2	0,2 - 1,5	>1,5
Dureza (mg L ⁻¹)	<150	150 – 300	>300

Fonte: Adaptado de Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

Na Tabela 5 encontram-se alguns dos critérios empregados para avaliar a qualidade da água para irrigação. Os critérios adotados auxiliam na qualidade de água a ser utilizada ou reutilizada, permitindo assim, evitar possíveis problemas de entupimento do sistema de irrigação.

Tabela 5 – Critérios adotados na interpretação da qualidade das águas de irrigação.

Parâmetro	Unidade	Restrições de uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade (fator limitante da disponibilidade de água para a cultura)				
CE	dS m	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0
SDT	mg L ⁻¹	<450	450 – 2000	>2000
Infiltração (avaliada usando CE e RAS simultaneamente)				
RAS			CE	
0 – 3		>0,7	7,0 - 2,0	<2,0
3,0 – 6,0		>1,2	1,2 - 0,3	<0,3
6,0 – 9,0		>1,9	1,9 - 0,5	<0,5
9,0 – 12		>2,9	2,9 - 1,3	<1;3
12 – 40		>0,5	5,0 - 2,9	<2,9
Toxicidade de elementos químicos específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação superficial	RAS	<4	4,0 – 10	> 10
Irrigação por aspersão	mg L ⁻¹	<69	>69	
Boro (B)	mg L ⁻¹	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0
Nitrogênio (NO ₃)	mg L ⁻¹	<5	5,0 - 2,9	< 2,9
pH		Faixa normal	6,5 - 8,4	

Fonte: Adaptada de Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992).

O trabalho teve como objetivo avaliar a reutilização da água residuária através da análise físico-química e comparações com as literaturas existentes sobre o assunto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET – UEG Anápolis-GO, entre junho e julho de 2011. As amostras foram coletadas na estufa de vegetação onde a água tratada pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Figura 1) da UEG foi fertirrigada.

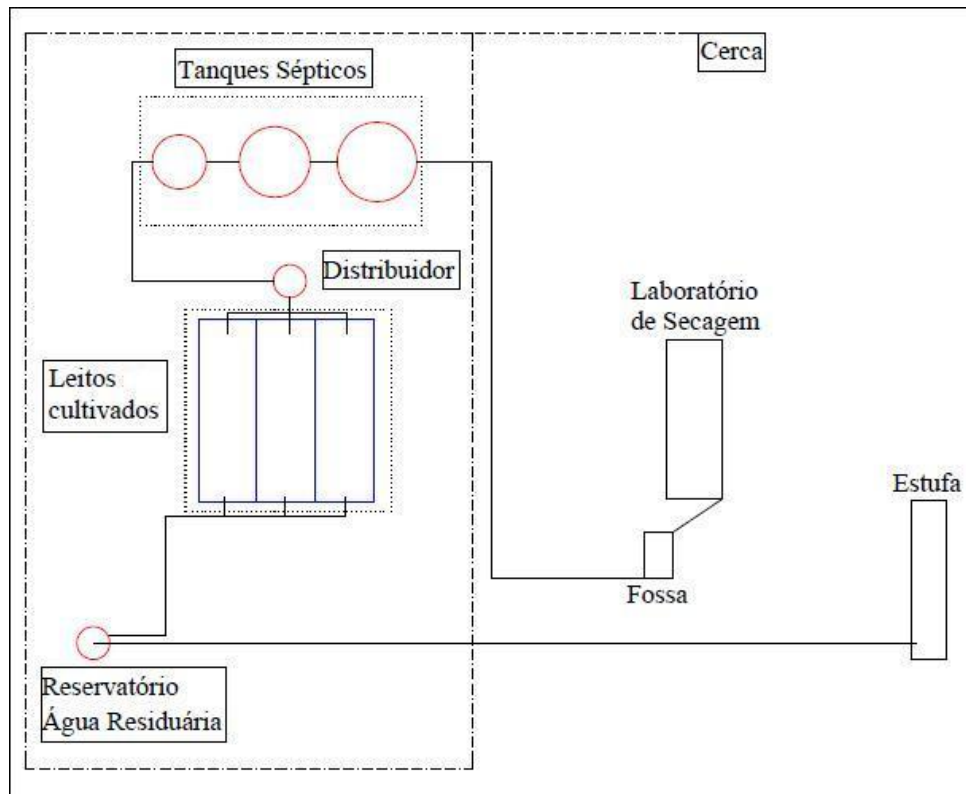


Figura 1 - Esquema da Estação de Tratamento de esgoto (ETE-UEG). Fonte: Adaptado de Rocha, 2010.

As amostras de água residuária foram coletadas semanalmente e analisadas individualmente, ou seja, a análise química era realizada em cada amostra coletada, sendo avaliados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, turbidez, nitrito, nitrato, amônia, potássio, manganês, fosfato total, sódio, ferro total, boro, cobre, molibdênio e zinco. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Química Inorgânica e Química Analítica da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. As metodologias das análises encontram-se descritas na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de análise e frequência.

Parâmetro Analisado	Unidade	Método de Análise	Frequência de análise
pH	-	PHmetro	Semanalmente
Condutividade elétrica	$\mu\text{S cm}^{-1}$	Condutivímetro	Semanalmente
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Termômetro	Semanalmente
Turbidez	NTU	Turbidímetro	Semanalmente
Nitrito	Mg.L^{-1}	Método da Naftilamina (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Nitrato	mg.L^{-1}	Método da Brucina (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Amônia	mg.L^{-1}	Método de Nessler (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Potássio	mg.L^{-1}	Fotometria de Chama (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Manganês	mg.L^{-1}	Método do Paraformaldeído (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Fosfato total	mg.L^{-1}	Método do Ácido Ascórbico (APHA-1995)	Semanalmente
Sódio	mg.L^{-1}	Fotometria de Chama (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Ferro total	mg.L^{-1}	Método do Tiocianato (Standard Methods-1999)	Semanalmente
Boro	mg.L^{-1}	Método da Curcumina (APHA-1995)	Semanalmente
Cobre	mg.L^{-1}	Método do Ditiocarbamato de sódio (FRIES & GETROST, 1977)	Semanalmente
Molibdênio	mg.L^{-1}	Método do Tiocianato de potássio (APHA, 1995)	Semanalmente
Zinco	mg.L^{-1}	Método de Zinco (APHA, 1995)	Semanalmente

Após as análises feitas, as comparações com as literaturas internacionais e nacionais sobre o assunto foram feitas, demonstrando a possibilidade de se reutilizar a água residuária pelo processo de fertirrigação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises da água residuária bem como as respectivas comparações com os valores descritos na literatura encontram-se apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros analisados e seus respectivos resultados e referências.

Parâmetro Analisado	Resultado	Referência
pH	7,17	Ayers e Westcost (1985); USEPA (1992); Nakayama e Bucks (1986); CONAMA N° 357 (2005)
Condutividade elétrica	1,49 dS m ⁻¹	Ayers e Westcost (1985); USEPA (1992); EPA (1991)
Temperatura	27 °C	CONAMA N° 357 (2005)
Turbidez	3,95 NTU	CONAMA N° 357 (2005)
Nitrito	5,3 mg.L ⁻¹	CONAMA N° 357 (2005)
Nitrato	4,76 mg.L ⁻¹	CONAMA N° 357 (2005)
Amônia	0,192 mg.L ⁻¹	CONAMA N° 357 (2005)
Potássio	20,18 mg.L ⁻¹	SR*
Manganês	0,42 mg.L ⁻¹	Metcalf e Eddy (1991); Nakayma e Bucks (1986); CONAMA N° 357 (2005)
Fosfato total	14,74 mg.L ⁻¹	CONAMA N° 357 (2005)
Sódio	500 mg.L ⁻¹	Ayers e Westcost (1985); USEPA (1992);
Ferro total	0,04 mg.L ⁻¹	Nakayama e Bucks (1986); CONAMA N° 357 (2005); Metcalf e Eddy (1991)
Boro	0,1 mg.L ⁻¹	Ayers e Westcost (1985); USEPA (1992); CONAMA N° 357 (2005)
Cobre	0,61 mg.L ⁻¹	Metcalf e Eddy (1991);
Molibdênio	1,06 mg.L ⁻¹	Metcalf e Eddy (1991);
Zinco	0,42 mg.L ⁻¹	Metcalf e Eddy (1991);

SR = Sem Referência.

Para as comparações do resultado de pH, o mesmo constitui faixa normal segundo Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992), se enquadra como padrão de lançamento de efluentes (CONAMA, 2005), cujo o risco encontra-se na faixa de reduzido a médio para irrigação.

Quanto o parâmetro condutividade elétrica, segundo Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992), possui restrição moderada de uso para irrigação e salinidade alta, segundo EPA (1991) citado por Paganini (2003).

De acordo com a tabela do CONAMA (2005), o parâmetro temperatura possui média do resultado dentro do permitido para emissão de efluentes.

Segundo a tabela 1, padrão corpos hídricos classe 2, a turbidez pode chegar até 100 NTU. Porém, se tratando de água residuária, a mesma não possui classificação para este parâmetro.

O valor de nitrito encontra-se bem acima do valor para padrão de corpos hídricos classe 2, porém, no que se refere a água residuária, a mesma não possui classificação para este

parâmetro. A exemplo do nitrito, o nitrato só possui classificação para padrão de corpos hídricos classe 2, sendo que o valor encontrado foi abaixo do especificado pela legislação. No caso da amônia a quantidade encontrada na amostra encontra-se abaixo do padrão exigido para emissão de efluentes, porém, sua presença tira a característica de potabilidade da água em geral.

Quanto ao potássio não possui referência para comparação, mas foi analisado devido à sua importância por ser elemento essencial para as plantas.

Já o manganês oferece risco de contaminação potencialmente médio para água de irrigação, em pequenas quantidades no campo já pode ser tóxica em solos ácidos, entretanto nas amostras analisadas as quantidades encontradas foram abaixo da classificação (CONAMA, 2005).

Em se tratando de padrão de emissão de efluente, para o valor de fosfato total não possui valor de comparação, apresentando apenas para o de classe 2.

Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992) apresentam o valor de referência para a análise de sódio. Neste caso as amostras analisadas foram constatadas restrição acentuada para o uso agrícola.

Segundo CONAMA (2005) a concentração de ferro total presente na água residuária foi abaixo do valor mínimo permitido, o mesmo oferece risco reduzido de entupimento dos emissores, o mesmo não é considerado tóxico em solos aerados, embora contribua para tornar fósforo e molibdênio não disponíveis para a planta, por isso a importância na sua dosagem.

A exemplo do ferro a quantidade de boro também se encontra abaixo dos valores de tolerância tanto em relação ao CONAMA (2005) para emissão de efluentes quanto para Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992).

Um possível problema na amostra foi observado em relação à concentração de cobre, pois, segundo Metcalf e Eddy (1991), a concentração máxima permitida, para o mesmo é de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$, valor inferior ao encontrado na amostra analisada, podendo gerar problemas de toxicidade nas soluções usadas em condições nutritivas.

Quanto ao molibdênio embora não seja considerado tóxico para as plantas, as quantidades determinadas na amostra foi acentuadamente maior que os valores recomendados no trabalho de Metcalf e Eddy (1991), esses autores avaliaram as quantidades de zinco e constataram que os níveis de toxicidade do mesmo é bastante variável, entretanto nas amostras analisadas no presente trabalho a concentração de zinco detectada foi bem menor que o valor de referência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos parâmetros físicos e químicas da água residuária devem ser analisadas para que os mesmos sejam manejados corretamente, evitando uma série de problemas à saúde, ao meio ambiente, visando à reutilização de forma segura, seja ela via fertirrigação ou como emissão de efluentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA; A.W.W.A.; W.P.C.F. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. Ed. Washington D.C. USA, American Public Health Association, 1995.

AYERS R. S.; WESTCOST, D. W. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper nº 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174p.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, março de 2005.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. **Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso de água**. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental Set.- Dez. 2009, V.3, Nº.3, p. 4-19. Disponível em <www.gestaosocioambiental.net> Acesso em 25-mai-2011.

FRIES, J.; GETROST, H. **Organic Reagents for Trace Analysis**. MERCK; 1977, p.236.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 2 ed. Metcaf e Eddy Inc. New York: McGraw – Hill Inc., 1334p., 1991.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickles irrigation for crop production** U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona - U. S. A. p.383, 1986.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p. 339-401, 2003.

ROCHA, L. R. **Desempenho de tanques sépticos modificados e de leitos não cultivados no tratamento de efluente sanitário**. 58p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás,

Anápolis-GO. 2010.

RODRIGUES, R. dos S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reuso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reuso no Brasil**. 192p. 2005. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP.

SOUSA, V. F.; SANTOS, F. J. de S.; ALMEIDA, O. A. **Fertirrigação**. Documentos, 128. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-norte. Teresina-PI. 2005. 40p.

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTERWATER, 20^a edição (1999), 541p.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. Techical Report N^o EPA/625/R-92/004. Washington, DC: USEPA, 1992.