

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-116 – TRINTA ANOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO CEARÁ

Fernando J. A. da Silva ⁽¹⁾ - Engenheiro Civil, Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Mestre em Engenharia, área de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPb. Professor Assistente do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza.

Lúcia de Fátima Pereira Araújo – Engenheira Química, Universidade Federal do Ceará - UFC. Mestre em Engenharia, área de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade federal do Ceará. Técnica da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE.

(1) Rua João Luís Santiago, 930. Jardim das Oliveiras. Fortaleza – CE. 60821-430

 fjas@unifor.br

RESUMO

O presente trabalho tratou de fazer um prospecto atualizado da tecnologia de lagoas de estabilização no Ceará. Discutiu-se usos correntes e práticas recentes relativas a esta tecnologia. Há pelo menos 40 ETE's do tipo lagoas de estabilização no Ceará. Entre os projetos recentes de sistemas públicos de esgotamento sanitário, cerca de 73% empregam lagoas de estabilização. Estimou-se que ao final desta década a vazão disponível para reúso poderia ser aproveitada no cultivo de pelo menos 15.000 ha. Há porém muitos desafios e se exigem um melhor planejamento para aproveitamento desta tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, escala real, performance operacional de ETE's.

INTRODUÇÃO

No estado do Ceará (37°14'50"-41°24'45" oeste e 2°46'20"-7°52'15" sul) o setor público tem feito investimentos na implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Agentes financeiros (internos e externos) têm oferecido suporte para a melhoria dos indicadores de qualidade de vida da população do estado. Busca-se assim, diminuir as pressões ambientais e os riscos relativos à disseminação de doenças.

O Estado do Ceará possui 184 municípios e estima-se que ao final de 2003 a população era de cerca de 7,8 milhões de habitantes (IPLANCE, 2002; IBGE, 2003). Estudos censitários indicam ainda que em 2025 a população cearense seria em torno de 11,8 milhões de habitantes, dos quais ¾ estariam em áreas urbanas em quase 2,5 milhões de domicílios. Para este período, metas conservadoras baseadas em prospecto recente (SEINFRA, 2003) sugerem índices de atendimento de 95 e 65% da população urbana, quanto ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, respectivamente.

A principal concessionária de serviços de água e esgoto do estado é a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, que atua em 154 municípios e tem potencial de atendimento atual de cerca de 1,3 milhões de domicílios urbanos. Com a prevalência em 84% dos municípios cearenses, a concessionária avalia seu desempenho por Unidade de Negócios - UN (8 ao todo), que obedecem razoavelmente ao critério de divisão de bacias hidrográficas do estado (CAGECE, 2003). Os índices de atendimento de serviços de água e esgotos, como um todo, são respectivamente de 85 e 32%. Os municípios restantes têm serviços prestados pelos SAAEs (Serviços Autônomos de Água e Esgoto) e programas de saneamento rural, que, muitas vezes, estão ligados à CAGECE.

No que diz respeito à tecnologia de tratamento de efluentes é dado ênfase ao emprego de lagoas de estabilização. O primeiro sistema de lagoas do Ceará foi implantado em 1974, em Fortaleza (DA SILVA et al., 1999). Deve-se ressaltar aqui que o mérito quanto ao uso de lagoas veio da pesquisa regional, em especial o trabalho de Silva (1982). Através

deste foi introduzida uma reflexão crítica que buscava o emprego de tecnologia apropriada para tratamento de esgotos face ao colapso operativo dos sistemas convencionais implantados no estado.

Além de requisitos como custo capital de implantação, de operação e de manutenção, o Ceará apresenta condições climáticas favoráveis ao emprego de lagoas de estabilização (ver MARA et al., 1992). Entretanto, a definição de um cenário sobre lagoas de estabilização no Ceará ainda é deficiente. Exige-se um inventário das estações de tratamento de esgotos (ETE's) por lagoas no estado. É preciso, portanto, conhecer o que foi implantado a fim de que se definam novos caminhos na utilização da tecnologia de lagoas na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se estudo documental junto ao principal órgão ambiental do Estado do Ceará, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, nas concessionárias dos serviços de água e esgoto, e nas empresas de consultoria técnica das áreas de saneamento e meio ambiente do estado. As informações foram relativas aos sistemas de lagoas de estabilização, projetos e perspectivas em relação a esta tecnologia. Foram levantados também os principais aspectos de operação e manutenção das ETE's existentes, assim como informações pertinentes à adequabilidade da tecnologia de lagoas à legislação ambiental.

Investigou-se a performance de 16 sistemas de lagoas da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, sendo: 9 facultativas primárias e 7 séries. Foram determinados no esgoto bruto e tratado o conteúdo de matéria orgânica (DBO, DQO e sólidos suspensos), nutrientes (NO_3^- , amônia total, PO_4^{3-} solúvel e fósforo total), temperatura, pH, coliformes fecais e contagem de ovos de helmintos. Os procedimentos analíticos seguiram os métodos descritos em APHA (1992). Em cada ETE foi determinada a vazão afluente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de lagoas no Ceará

Há pelo menos 40 ETE's do tipo lagoas de estabilização no Ceará, das quais 21 estão na Região Metropolitana de Fortaleza. Encontram-se em fase de projeto ou execução mais 60 ETE's deste tipo. Cada sistema de lagoas atende em média 6.140 habitantes, com equivalentes populacionais variando entre 1.018 a 121.000 habitantes. A média de área útil requerida para atendimento das ETE's é de $3,5 \text{ m}^2/\text{hab}$ (1,6 a $5,9 \text{ m}^2/\text{hab}$).

A maior parte dos sistemas em operação foi implantada na década passada. A configuração dominante é de séries compostas por lagoa facultativa primária seguida de duas lagoas de maturação (cerca de 50%). Séries com 4 lagoas também são representativas (cerca de 35%). Entre as ETE's construídas nas décadas de 70 e 80 havia predominância de sistemas com uma única lagoa facultativa primária. As estações que incluem lagoas anaeróbias representam apenas 14% das unidades em operação. Na verdade, nos últimos anos poucos projetos contemplam este tipo de reator. Séries com lagoas anaeróbias demandam áreas menores, mas a ocorrência de odor por gás sulfídrico tem inibido os projetistas.

Sobre o desenvolvimento de projetos de lagoas

Os projetos de lagoas têm sido conservadores. Apesar da evolução conceitual com o uso de séries, persiste a admissão de sobre-valores de carga afluente (vazão x DBO). Entre 112 amostras de esgoto bruto analisadas, as médias de DBO, DQO e sólidos suspensos totais foram de 344 (± 119), 646 (± 204) e 284 (± 125) mg/L, respectivamente. A concentração média de amônia total foi de 35,0 mg N/L ($\pm 9,9$) e de fósforo total, igual a 7,33 mg P/L ($\pm 1,10$). A contagem média de coliformes fecais foi de $3,0 \times 10^7$ células/100 mL ($2,4 \times 10^6$ a $2,4 \times 10^8$) e a de helmintos foi de 793 ovos/litro (± 375). Este esgoto pode ser considerado de concentração média-forte.

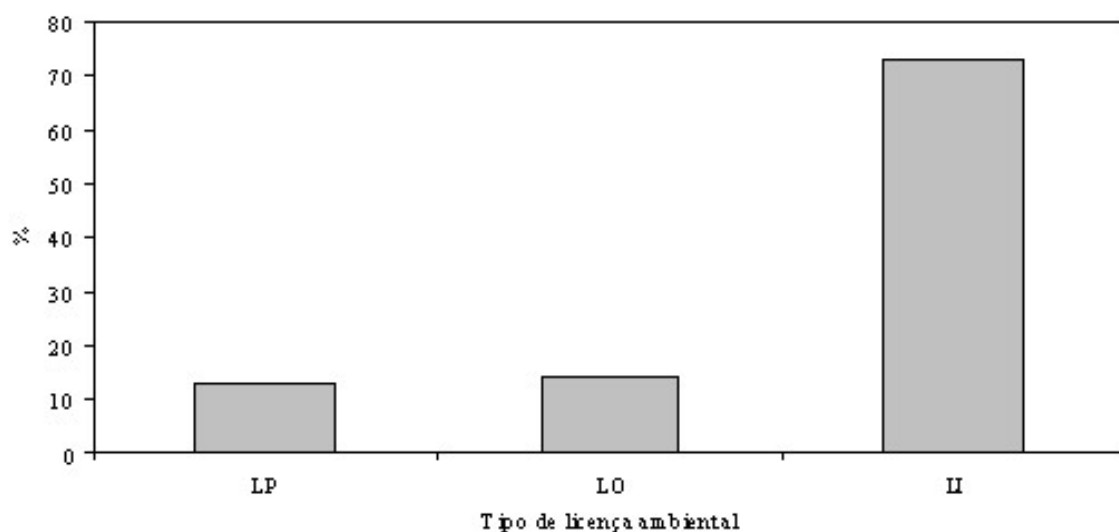
Os estudos de vazão nas ETE's estudadas mostraram uma contribuição *per capita* de 71 a 87 litros de esgotos/hab.dia. A maioria dos projetos considera contribuições entre 120 e 150 litros/hab.dia. Assim, há acréscimo nas áreas reais exigidas para as lagoas em pelo menos 27%, encarecendo o custo capital de implantação. Por outro lado, isto sugere a possibilidade de novas ligações à rede e contribuições às ETE's. Não há, até o momento, qualquer estudo crítico sobre o assunto. Outro fator de sub-utilização das ETE's está relacionado com o real número de economias de esgotos ligadas à rede pública. A verdade é que não se conhece o *as built* dos sistemas de esgotamento sanitário existentes no estado.

A maior discussão sobre o projeto de lagoas no Ceará reside na utilização ou não de lagoas anaeróbias. As próprias concessionárias relutam em aceitar a adoção destas unidades, pois o problema de geração de odor tem sido verificado quando a concentração de sulfeto total no efluente das lagoas anaeróbias é $\geq 2,62 \text{ mg S/L}$ ($\pm 1,07$). A locação de ETE's próximas às áreas residenciais também tem contribuído para o problema. Não foi considerado que o problema

de mau cheiro pode ser resolvido, ou pelo menos minorado de forma considerável, com a execução de aparato de cobertura das lagoas anaeróbias. Dentre as alternativas estão mantas de PVC flexível, de fibra de vidro e até mesmo lajes de concreto. Cabe lembrar a necessidade de implantação de estruturas de coleta e dispersão dos gases gerados nas lagoas.

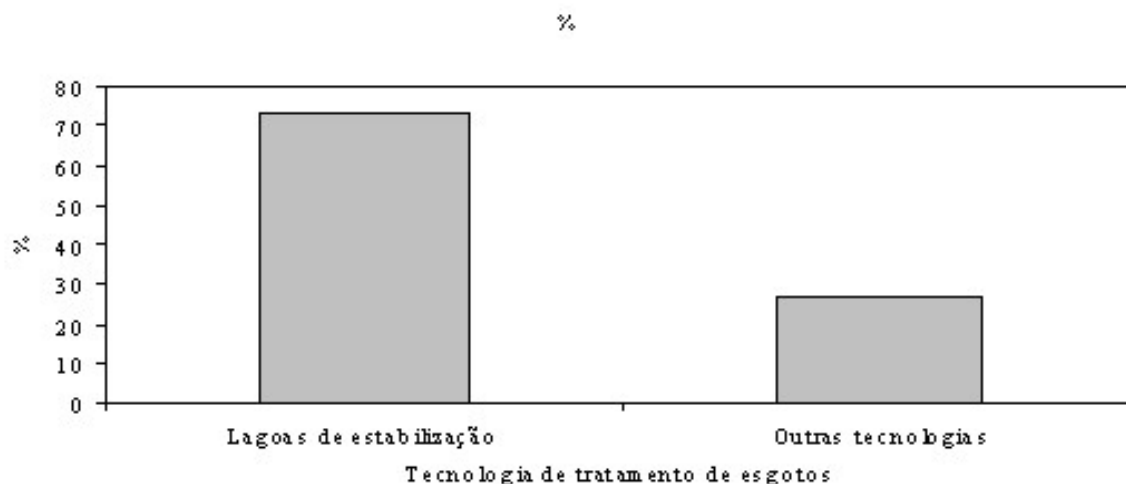
O Ceará tinha no início de 2003 cerca de 170 projetos de sistemas de esgotamento sanitário em processo de licenciamento ambiental, conforme exige a legislação (CONAMA, 1997). A Figura 1 mostra a distribuição de licenças ambientais de projetos de sistemas de esgotamento sanitário que tramitavam na SEMACE. Estas eram referentes à licença prévia – LP, licenças de instalação – LI e licença de operação – LO

Figura 1: Distribuição de licenças ambientais de projetos de sistemas de esgotamento sanitário no Ceará no início de 2003.



Para projetos com populações de fim de plano (a serem atendidas) maior ou igual a 1.500 habitantes a distribuição de projetos de lagoas era em sua maioria de sistemas de lagoas de estabilização conforme mostra a Figura 2. A maior parte das alternativas que não se utilizam de lagoas de estabilização é composta de sistemas anaeróbios, conforme a NBR 7229/82 e complementos.

Figura 2: Distribuição de sistemas tratamento de esgotos em implantação no Ceará.



O investimento capital em lagoas de estabilização no Ceará tem sido da ordem de 2.500 salários mínimos por ETE, e com custo per capita de 0,54 salário mínimo por habitante. Tais valores representam cerca de 39% do investimento total na implantação de sistemas de esgotamento sanitário no Ceará. À medida que as ligações de esgotos são implementadas e o monitoramento se torne mais criterioso, é possível alcançar valores bem menores (pelo menos 25%).

Performance das ETE's de lagoas

As cargas orgânicas aplicadas (λ s) às lagoas facultativas únicas (facultativas primárias) variaram entre 44 e 232 kg DBO/ha.dia. Nas séries de lagoas, considerando a área total, o valor de λ s variou entre 75 e 176 kg DBO/ha.dia. Os tempos de detenção hidráulica foram elevados (entre 30 e 139,9 dias) em 15 das estações estudadas. Isto se deveu à baixa contribuição *per capita* de esgotos. As remoções de DBO, DQO e sólidos suspensos nas lagoas únicas foram de 79, 71 e 51%, respectivamente. Nas séries de lagoas as remoções foram de 89, 78 e 60%, para DBO, DQO e sólidos em suspensos, respectivamente.

Nas séries de lagoas a remoção de amônia total foi maior (entre 45 e 90%, média de 67%) que nas lagoas únicas (entre 19 e 41%, média de 27%). Os valores de pH mais elevados nos efluentes das séries (8,4 contra 7,8 em uma única lagoa) sugerem ação de mecanismos de assimilação algal e volatilização na remoção de amônia. Cabe lembrar, porém, que pH e temperatura elevados (28,5° C em média) nos efluentes das séries de lagoas implicam numa fração gasosa de amônia até 185% superior, em comparação aos efluentes de sistemas com uma única lagoa, podendo resultar em efeitos tóxicos aos organismos aquáticos.

As concentrações de NO_3^- nos efluentes de todos os sistemas foi baixa ($< 2,5$ mg N/L), sem evidência de nitrificação. A remoção de PO_4^{3-} solúvel (71%) foi maior nos sistemas com uma única lagoa, resultante da elevada biomassa de algas. Isto pôde ser verificado pela correlação com sólidos em suspensão no efluente ($r = -0,577$, $\alpha = 0,05$). Entretanto, praticamente não houve remoção de fósforo total nos sistemas estudados.

Nenhuma amostra de efluente dos sistemas estudados apresentou ovos de helmintos. Isto se deveu a tempos de detenção hidráulica superiores a 25 dias. Nos sistemas com uma única lagoa a contagem média de coliformes fecais foi de $1,7 \times 10^6$ células/100 mL ($3,5 \times 10^5$ a $5,0 \times 10^6$ células/100 mL). No caso de séries de lagoas compostas por 3 unidades a contagem média de coliforme fecais foi de $1,2 \times 10^4$ células/100 mL (5×10^3 a $9,0 \times 10^4$ células/100 mL). Em séries de 4 e 5 lagoas as concentrações de coliformes fecais variou entre 27 e 980 células/ 100 mL.

Sobre a qualidade dos efluentes de lagoas de estabilização

Os efluentes de lagoas de estabilização são reconhecidos no Ceará por possuírem características únicas quando comparados a efluentes de outras tecnologias tratamento de esgotos. Isto é reconhecido pela Portaria 154/02 da SEMACE. Tal instrumento complementa a resolução CONAMA 20/86. A DBO do despejo no instituto em questão é considerada como a filtrada em filtro de fibra de vidro tipo AP-20 ou GFC, e deve ser ≤ 60 mg/L. A DQO admissível para o mesmo tipo de amostra é de 200 mg/L. A portaria em seu artigo 4º exige ainda concentrações de OD ≥ 3 mg/L e sólidos suspensos de até 150 mg/L.

Quanto à participação da biomassa algal DA SILVA et al. (2000) que a DBO filtrada representa entre 37 e 50% da DBO total (não filtrada). No estudo a DBO filtrada apresentou constante de degradação menor que a das amostras brutas, sendo progressivamente menor com o acréscimo de unidades de tratamento em séries de lagoas. Observou-se ainda que nos primeiros dias de demanda de oxigênio o consumo relativo é maior nas amostras filtradas. Quanto à DQO as amostras filtradas representaram entre 38 e 52% das demandas nas amostras brutas. Isto mostrou que a pressão ambiental nos corpos receptores é mais representativa em relação às amostras filtradas, sendo esta principal base do conceito proposto pela Portaria d SEMACE.

A qualidade microbiológica das séries de 4 e 5 lagoas mostra o potencial de reuso para fins agrônômicos. Quanto a isto a SEMACE regulamenta o reuso de efluentes através da Portaria 154/02. Os limites impostos são de CF de até 5.000 células/100 mL e ovos de helmintos < 1 /litro nos casos menos exigentes. Assim, as séries de apenas 3 lagoas não são capazes de atender à demanda imposta quanto à qualidade microbiológica. É um contra-senso construir ETE's com apenas 3 lagoas numa região que ciclicamente sofre de deficiência hídrica.

Reuso informal já foi relatado em estudos anteriores (DA SILVA et al., 1999 e DA SILVA et al., 2000). Urge agora um

planejamento mais racional para aproveitamento das vazões efluentes nas atividades agrônomicas. A expectativa é de haverá disponível até 2010 uma vazão anual de pelo menos 15 milhões de m³ de efluentes de lagoas de estabilização para reuso. Isto sugere um potencial de irrigação de cerca de 15.000 ha, com base numa demanda conservadora de 10.000 m³/ha.ano. O cultivo da Tilápia Nilótica constitui outro cenário de produção.

O fato é que há ainda barreiras e conflitos a serem vencidos quanto ao reuso de efluentes. Cabe então aos que vão pensar sobre isto que água vale pelo que ela é e não pelo que foi. A ignorância técnica e política ainda são grandes desafios.

Qualidade operacional

Nenhuma das concessionárias tem programas de controle de qualidade operacional consistente para as ETE's. Os operadores não possuem treinamento adequado. Não há padrão (referencial) de qualidade estabelecido. Muitas vezes, denúncias e demandas institucionais (e.g. órgãos ambientais) são os únicos instrumentos de controle. É comum a ocorrência de danos aos taludes das lagoas por falta de remoção de vegetação. Também, a limpeza das unidades de tratamento preliminar é feita forma não planejada. Isto contribui muitas vezes para a emissão de gases odoríferos.

Segurança é outro item que merece atenção. A instalação de cercas é quase sempre um desperdício financeiro, em razão de furtos. Muitas ETE's não possuem vigilantes no período noturno. Entradas de pessoas estranhas, incluindo crianças, além de animais, são fatos recorrentes. Um fenômeno interessante ocorre com a ocupação de áreas residuais próximas das ETE's por comunidades pobres. Desta forma as ETE's funcionam com vetor de favelização nos centros urbanos cearenses.

A regulação de serviços de saneamento no Ceará e lagoas de estabilização

A regulação de serviços públicos delegados é um tema novo na sociedade brasileira, estando diretamente ligado à idéia de Reforma do Estado. Resulta da redução da intervenção direta do Estado e propicia a ampliação de atuação de particulares, em grande parte assujeitada ao regime de Direito Privado. Na verdade, trata-se da privatização do Direito Público.

A regulação dos serviços públicos coloca-se como controle social com interveniência estatal. A participação da população na tarefa regulatória que desempenha o estado (controle social por meio de controle estatal) é necessária e legitimada a partir da escolha democrática da representação política (AGUILLAR, 2002). Este pensamento origina-se da impossibilidade da população diretamente no controle dos serviços. O poder regulamentar consiste na atribuição que possui o poder executivo para editar normas.

No Ceará os serviços públicos concedidos são regulados pela ARCE – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará. Está textualmente entre suas competências "a promoção e o zelo pela eficiência técnica dos serviços públicos delegados" (CEARÁ, 1997). Isto diz respeito à qualidade dos serviços prestados aos usuários, em compatibilidade com o valor pago pelos mesmos (BLANCHET, 1999).

As concessionárias de serviços públicos delegados devem demonstrar eficiência operacional para satisfazer às demandas da sociedade. Considera-se neste contexto elementos de direito difuso, relativo ao direito do consumidor, e, no caso de serviços de água e esgoto, dá-se forte atenção a temas complementares como saúde pública e meio ambiente.

A satisfação dos usuários dos serviços de água e esgoto é composta essencialmente pelo valor de tarifa cobrada e pela qualidade e eficiência dos serviços prestados. A eficácia da tecnologia empregada, a não ocorrência de descontinuidade dos serviços e a inserção destes em variáveis estéticas e funcionais do espaço urbano são também objetos de avaliação da qualidade do serviço prestado como um todo.

Os equipamentos dos serviços de saneamento devem apresentar máxima performance, compatível com as premissas de projeto, garantindo que o impacto seja o menor possível, minimizando os prejuízos ao patrimônio ambiental e os riscos à saúde pública. Quanto a isto, no Ceará, tomam-se como referências principais: a Resolução no 24/2001 da ARCE, a Resolução 20/1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e a Portaria 154/2002 da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE.

Numa perspectiva mais planejada é importante a construção de uma base de dados para avaliação continuada da qualidade dos serviços prestados, bem como da magnitude da pressão ambiental gerada. Possibilita-se assim a tomada de decisões e melhor aplicação do conceito de desenvolvimento sustentado.

A ARCE surge como colaboradora na melhoria da qualidade operacional de sistemas de lagoas de estabilização. A

agência exige em seus controles licenças ambientais das ETE's e programas de monitoramento. Indiretamente incentiva o reuso de efluentes, de maneira que as pressões ambientais geradas pelos despejos de efluentes sejam minimizadas.

CONCLUSÕES

Há no Ceará 40 ETE's do tipo lagoas de estabilização, sendo quase a metade está na Região Metropolitana de Fortaleza. Os sistemas de lagoas atendem a equivalentes populacionais que variam de 1.018 a 121.000 habitantes. A média de área útil requerida para atendimento das ETE's é de 3,5 m²/hab. A configuração dominante é de séries com 3 e 4 lagoas. Entretanto os sistemas mais antigos (construídos nas décadas de 70 e 80) são constituídos apenas de lagoa facultativa primária. Emprego de lagoas anaeróbias é limitado em razão da ocorrência de mau cheiro.

Estudos de vazão mostraram que a contribuição *per capita* esgotos é baixa, fazendo com que as ETE's apresentem capacidade ociosa. Também, o real número de economias de esgotos ligadas à rede pública é pequeno e não se conhece o *as built* dos sistemas de esgotamento sanitário existentes.

As remoções de DBO, DQO e sólidos suspensos nos sistemas apenas com lagoa facultativa primária foram de 79, 71 e 51%, respectivamente. Nas séries de lagoas as remoções foram de 89, 78 e 60%, para DBO, DQO e sólidos em suspensos, respectivamente. Nas séries de lagoas a remoção de amônia total foi maior (entre 45 e 90%, média de 67%) que nas lagoas facultativas únicas (entre 19 e 41%, média de 27%). A remoção de PO₄³⁻ solúvel (71%) foi maior nos sistemas apenas com lagoas facultativas primárias, resultante da elevada biomassa de algas. Entretanto, praticamente não houve remoção de fósforo total nos sistemas estudados. Nenhuma amostra de efluente dos sistemas estudados apresentou ovos de helmintos. Nos sistemas apenas com lagoas facultativas primárias a contagem média de coliformes fecais foi de 1,7x10⁶ células/100 mL. Nas séries de 3 lagoas a contagem CF foi 1,2x10⁴ células/100 mL. Em séries de 4 e 5 lagoas as concentrações de coliformes fecais variou entre 27 e 980 células/ 100 mL. A qualidade microbiológica das séries de 4 e 5 lagoas mostra o potencial de reuso para fins agrônômicos.

Nenhuma das concessionárias tem programas de controle de qualidade operacional para as ETE's. Os operadores não são capacitados e não há referencial de qualidade. São comuns os danos aos taludes, a falta de limpeza das unidades de tratamento preliminar, e a deficiência na segurança com freqüentes entradas de pessoas e animais. A ocupação de áreas residuais próximas das ETE's por comunidades pob

}res é comum, contribuindo indiretamente para a favelização nos centros urbanos cearenses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th edition. American Public Health Association. Washington, DC. 1992.
2. ARAÚJO, L. F. P. *Reuso com Lagoas de Estabilização – potencialidade no Ceará*. Secretaria de Infra-estrutura. Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Fortaleza. 136 p. 2000.
3. ARCE – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará. **Resoluções N°s 24 a 26**. Fortaleza. 2001.
4. BLANCHET, L. A. **Concessão de serviços públicos**. 2ª Edição. Editora Juruá. Curitiba. 1999.
5. CAGECE. Acervo técnico da CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE. Documentos diversos. Consulta em dezembro de 2003. Fortaleza. 2003.
6. CEARÁ. **Lei 12.786 de 30 de dezembro de 1997 - cria a ARCE, Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará**. Fortaleza. 1997.
7. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução No 20**. Brasília. 1986.
8. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução No 237**. Brasília. 1997.
9. DA SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, L. F. P.; MARA, D. D.; PEARSON, H. W. AND SILVA, S. A. Ponds in Fortaleza Northeast Brazil – scenario for effluent reuse. In: **4th International Specialist Conference on Waste Stabilisation Ponds: Technology and Environment**. Marrakesh. April, 1999.
10. Da Silva, F. J. A. Ferreira, A. U. C. e Freitas, V. C. A. Comparação entre amostras brutas e filtradas para avaliação do conteúdo orgânico de efluentes de lagoas de estabilização. **Revista Tecnologia 21**, p. 85-90. 2000.
11. Da Silva, F. J. A.; Mara, D. D.; Pearson, H. W. and Mota, F. S. B. Informal fish culture in the Maracanaú waste stabilisation ponds in Fortaleza, Brazil. **Water Science and Technology Vol 42** (10-11), 393-398. 2000.
12. IBGE. Censo 2000. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro. 2003.
13. IPLANCE. Anuário estatístico do Ceará. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE. Fortaleza. 2002.
14. Mara, D. D.; Mills, S. W.; Pearson, H. W. and Alabaster, G. P. Waste stabilization ponds: a viable alternative small community treatment systems. **Journal of the Institution of Water and Environmental Management 6**

- (1), 72-78. 1992.
15. SEINFRA. Programa de implantação de infra-estrutura de saneamento urbano. Secretaria de Infra-estrutura - SEINFRA. Governo do Estado do Ceará. Documento Preliminar. 10 p. Fortaleza. 2003.
 16. SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente. *Portaria 154/02 – Sobre as fontes poluidoras de recursos hídricos*. Fortaleza. Outubro. 2002.
 17. Silva, S. A. On the Treatment of Domestic Sewage in Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil. Ph.D. Thesis, University of Dundee. 203 p. Dundee, UK. 1982.