

II-347 - REMOÇÃO DE NUTRIENTES EM REATOR ANAERÓBIO/ANÓXICO SEGUIDO DE REATOR AERÓBIO COM BIOMASSA IMOBILIZADA

Danyllo Vieira de Lucena⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Jéssyca de Freitas Lima⁽²⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte. Mestra em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Doutoranda em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará.

Dayane de Andrade Lima⁽³⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte. Mestra em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Doutoranda em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará.

Israel Nunes Henrique⁽⁴⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Prodepa UEPB/UFPB. Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Pós-Doutorado pelo Edital 028/PNPD/CNPq. Professor do magistério superior da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA.

José Tavares de Sousa⁽⁵⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Especialista em Metodologia do Ensino Superior pelo Fundação Universidade Regional do Nordeste. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Pós-Doutorado PROCAD/CAPES. Professor do magistério superior da Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Basílio Araújo, 886 - Catolé – Campina Grande - PB - CEP: 58410-200- Brasil - Tel: (83) 8881-0866 - e-mail: danylloengenharia@gmail.com

RESUMO

Diante da grande demanda de utilização de fósforo na indústria de fertilizantes, verse a necessidade de novas alternativas técnicas de recuperação dessa material para sua utilização. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade na remoção de nutrientes do esgoto doméstico, utilizando para isto os reatores de um sistema biológico combinado: reator anaeróbio/anóxico seguido de reator aeróbio com biomassa imobilizada em processo de recirculação, utilizando o processo de hidrólise externa do lodo biológico produzido como fonte alternativa na recuperação de fósforo. O desempenho dos reatores foi avaliado por meio de determinações analíticas que indicaram a qualidade do efluente final produzido. O sistema apresentou eficiência de 84% na remoção de material carbonáceo, 91% de SST, 71% de NTK e 74% de NH_4^+ , produzindo efluente com concentrações médias de 0,17 mg/L de nitrito e 0,96 mg/L de nitrato. O processo de remoção de fósforo foi considerado limitado, apresentando eficiência de remoção de 34% para fósforo total e 33% para fósforo solúvel. Os resultados obtidos nas análises nos mostram que ainda é necessário serem feitos alguns ajustes finais, para que haja uma maior otimização do sistema. Viabilizando assim, a obtenção de melhores resultados dentro do esperando.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento biológico de esgoto, remoção de nutrientes, recuperação de fósforo.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento encontrado largamente na natureza e se armazena na forma de rochas fosfatadas. Ele apresenta grande importância no desenvolvimento de plantas, no entanto, sua presença associada com fontes de nitrogênio acarreta a eutrofização dos corpos aquáticos (VON SPERLING, 2001). Segundo Van Haandel e Marais (1999) o fósforo em esgoto se apresenta predominantemente na forma de fosfato, outra forma do elemento se apresentar é como fósforo orgânico. O maior problema que causa a presença de fósforo na água é o crescimento exacerbado da vida aquática, que reduz a qualidade e as possibilidades de uso desta água.

Existem duas formas de remoção de fósforo de águas residuárias: por método físico-químico e biológico, o primeiro sendo utilizado largamente no início do desenvolvimento de técnicas de remoção de fósforo e posteriormente sendo substituído pela remoção biológica, pois o mesmo acarretava altos custos pela necessidade de adição de altas quantidades de sais (AISSE *et al.*, 2001).

Os avanços tecnológicos no setor de saneamento básico têm gerado alternativas para tratamento de esgotos, através de sistemas compacto, de fácil operação e de baixo custo. A otimização de sistemas de pós-tratamento vem sendo um desafio para estudiosos e pesquisadores da área de saneamento básico (Ouyang *et al.*, 1999; Silva; Nour, 2005), uma vez que, para se conseguir remover compostos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos pode requerer um sistema oneroso com alto custo de energia e mão de obra especializada.

A utilização de sistemas que utilizam biomassa imobilizada em meio suporte inerte tem a finalidade vem como uma alternativa de formar biofilme aderido à superfície do suporte assegurando a retenção da biomassa no reator, e proporcionando maior celeridade de tratamento devido o tempo de retenção celular ser mais elevado. Esse tipo de configuração associado ao processo aeróbio possibilita obter elevadas taxa de nitrificação, necessário para a remoção biológica de nitrogênio (APHA, 1998).

Com relação à remoção biológica de fósforo, segundo Chiou e Yang (2008) a limitação para a capacidade de armazenamento de fósforo sempre acontece durante a fase anaeróbia, não na fase aeróbia, portanto, faz-se necessário disponibilizar DQO rapidamente solúvel na fase anaeróbia para garantir a maior acumulação de fósforo na fase aeróbia. Conforme descrito por Henrique (2010), sistemas operados com esgotos domésticos de Campina Grande – PB – Brasil com DQO média de 600 mgO₂.L⁻¹ apresenta apenas 10% de DQO rapidamente biodegradável, portanto, dificultando a remoção biológica de nitrogênio e fósforo por insuficiência de matéria orgânica.

No entanto, a recuperação e reaproveitamento de insumos como fósforo pode ser obtida de forma conjunta por processo biológico (remoção) e químico (precipitação). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil importa atualmente cerca de 60% dos produtos usados na fabricação de adubos, incluindo fósforo, potássio e nitrogenados, sendo considerado o quarto maior país no consumo de fertilizantes (AGÊNCIA BRASIL, 2010).

Uma alternativa é a utilização de reatores que visam primordialmente à remoção biológica de material carbonáceo, sólidos em suspensão e nutrientes, entretanto, são ineficientes na remoção organismos patogênicos.

METODOLOGIA UTILIZADA

Sistema Experimental

O sistema experimental utilizado foi instalado e monitorado na Estação de Tratamento Biológico de Esgotos (EXTRABES), localizada no município de Campina Grande – PB, Brasil. A água residuária utilizada para alimentar o sistema é proveniente da rede coletora de esgotos da Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA). O sistema experimental está apresentado na **Figura 1**.

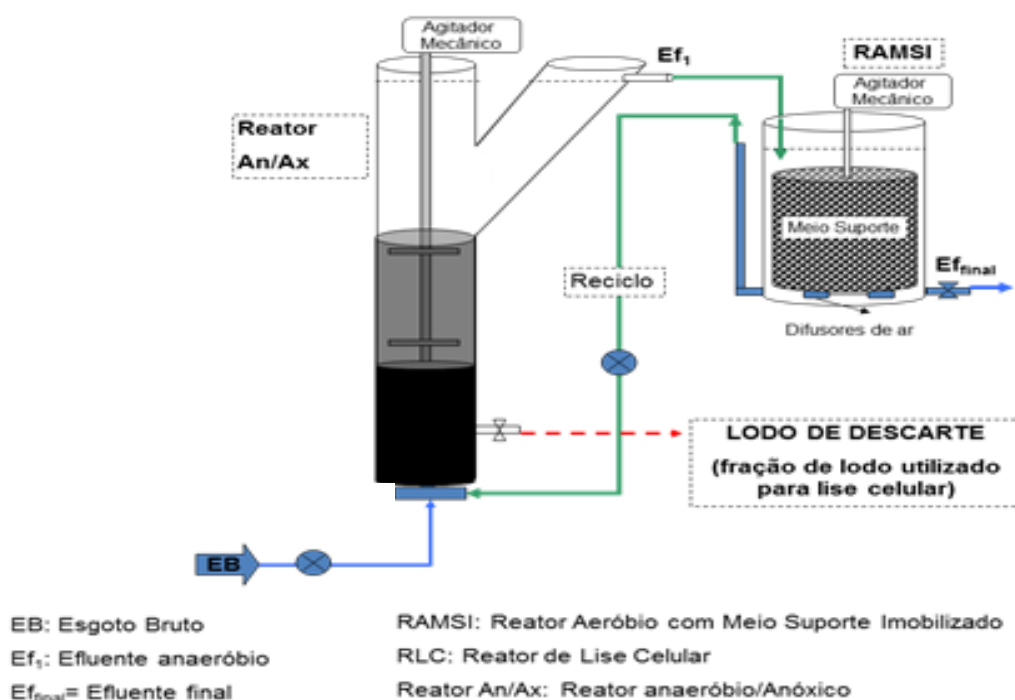


Figura 1: Sistema experimental constituído por um reator combinado anaeróbio/anóxico seguido de um reator aeróbio com meio suporte submerso imobilizado.

Conforme a **Figura 1**, o Reator Anaeróbio/Anóxico (An/Ax) foi construído em PVC, com seção circular de 0,1m e resultou num volume útil de 21,5 L. Ao longo de sua altura, há pontos espaçados para a coleta de amostras, entrada de esgoto bruto e saída de efluente tratado. O sistema era provido de um agitador mecânico que operou com aproximadamente 2 rpm, facilitando, desse modo, a liberação de gases formados pelo processo de desnitrificação. O Reator Aeróbio com Meio suporte submerso Imobilizado (RAMSI) operou com volume útil de 12,6 L, contendo um difusor de ar na parte inferior que permitiu a aeração uniforme do esgoto a ser tratado. Foi utilizado como meio suporte imobilizado, esponja de fibra sintética com abrasivo, a qual, foi cortada em formato retangular, com 2 cm de largura, 3 cm de comprimento e 1cm de altura (valores aproximados). A esponja funcionou como meio suporte sendo fixada por uma tela de nylon e acoplada a um agitador mecânico para manter a uniformidade de reação no interior do suporte.

Métodos Analíticos

Foram realizadas semanalmente análises dos parâmetros físicos e químicos listados na **Tabela 1**. Essas análises foram desempenhadas no afluente e no efluente dos reatores, possibilitando assim a verificação de eficiência de remoção dos mesmos.

Tabela 1: Parâmetros analisados no acompanhamento do desempenho dos reatores.

Variáveis	Métodos Analíticos	Referência
pH	Potenciométrico	Seção 4500 / APHA et al. (2012)
Alcalinidade (mg/L)	Kapp	Seção BUCHAUER (1998)
*DQO (mg/L)	Titulométrico Refluxação Fechada	Seção 5220 C. / APHA et al. (2012)
*NTK	Semi-Micro Kjeldahl	Seção 4500-NTK / APHA et al. (2012)
Amônia (N-NH ₄ ⁺)	Semi-Micro Kjeldahl	Seção 4500-NH ₃ / APHA et al. (2012)
Nitrato	Salicilato de Sódio	RODIER (1975)
Nitrito	Colorimétrico Diazotização	Seção 4500-NO ₂ B / APHA et al. (2012)
Fósforo e Frações	Ácido Ascórbico	Seção 4500-P E / APHA et al. (2012)

*DQO – Demanda Química de Oxigênio; NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl;

RESULTADOS OBTIDOS

Na **Figura 2** estão apresentados os valores da DQO Bruta e Filtrada do sistema experimental.

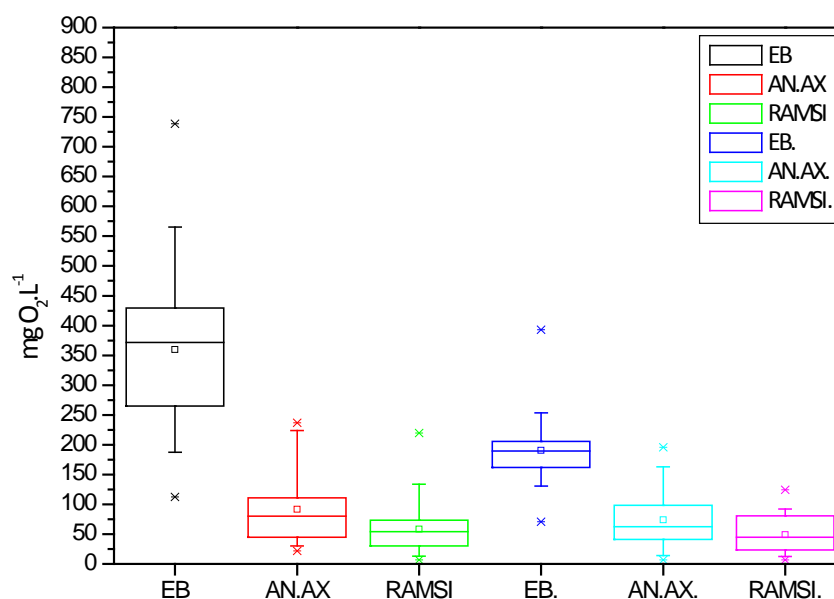


Figura 2: Valores da DQO Bruta e Filtrada do afluente e dos efluentes.

As concentrações médias de DQO bruta e DQO filtrada no afluente foram de 360 ± 105 mg O₂.L⁻¹ e 191 ± 51 mg O₂.L⁻¹ respectivamente esse esgoto afluente é avaliado como esgoto médio Conforme METCALF & EDDY, 2003. Em termos de do material carbonáceo, o reator An/Ax produziu efluente que obteve eficiência de remoção respectivamente de 74% de DQO bruta e 61% de DQO filtrada. O efluente do RAMSI se manteve abaixo de 50 mg.L⁻¹ e 30 mg.L⁻¹ DQO bruta e filtrada, respectivamente.

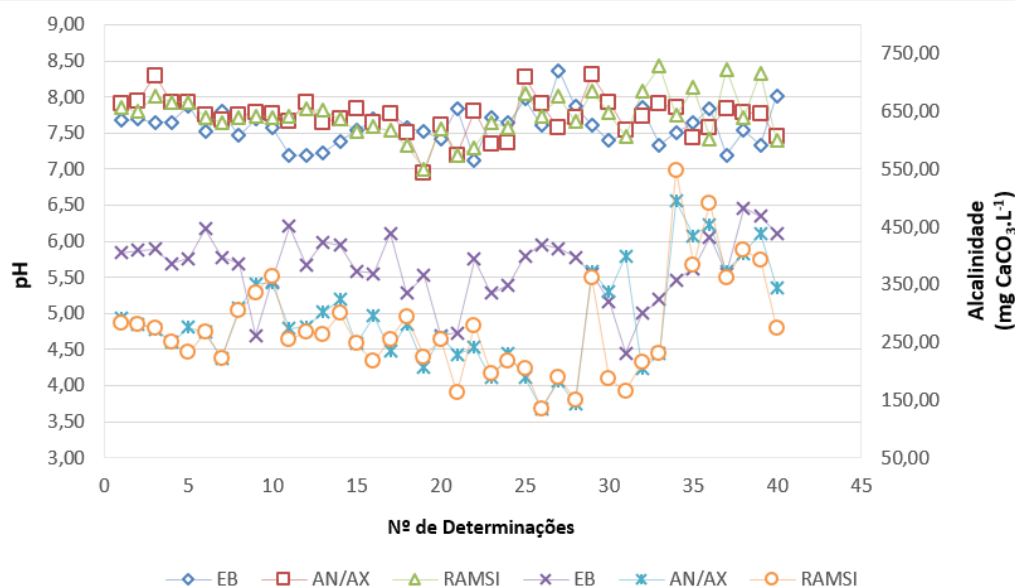


Figura 3: Valores de pH e Alcalinidade do afluente e dos efluentes do sistema combinado

Os efluentes dos reatores analisados apresentaram pH entre 7,13 e 8,37 (**Figura 3**). Esses valores garantem o bom desempenho do sistema ajudando no processo de nitrificação e desnitrificação. O pH influencia no equilíbrio entre as formas de amônia existentes no processo, desse modo, quanto maior o pH, maior será a fração de amônia livre presente (VON SPERLING, 2001).

A alcalinidade (**Figura 3**) está diretamente associada ao processo de amonificação, nitrificação e desnitrificação, para uma alcalinidade maior que 35ppm de CaCO_3 o pH não apresenta variações significativas, já as concentrações abaixo desse valor apresentam uma variação considerável do pH, tornando o meio ácido e afetando a faixa de atividade dos microrganismos (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999).

Remoção de Nitrogênio

Observa-se na **Figura 4** que os resultados de NTK e amônia vem em elevadas concentrações no esgoto doméstico, segundo Von Sperling (2005) a faixa de valor típico de amônia nos esgotos domésticos é de 20-35 mg.L^{-1} .

Os processos de nitrificação e desnitrificação podem ser observados comparando os valores das concentrações de nitrogênio na forma amoniacal, nitrito e nitrato. Os valores médios de nitrogênio na forma de NTK no esgoto bruto, AN/AX e RAMSI respectivamente foram de 51, 21 e 14 mg N.L^{-1} , apresentando desta forma uma eficiência de remoção no efluente final de 71% de NTK e 74% de nitrogênio amoniacal. Entende-se como eficiência a conversão de amônia a nitrito e nitrato. Porém, os valores de nitrito e nitrato mantiveram-se baixos, sendo consideradas satisfatórios, pois indica que no reator ocorreu o processo de desnitrificação, que é a conversão do nitrito/nitrato a nitrogênio molecular (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999). As concentrações médias nitrito e nitrato foram de 0,17 mg.L^{-1} e 0,96 mg.L^{-1} , respectivamente, atendendo assim a Resolução N°430 que dispõem dos padrões de lançamento em corpos d'água receptores, e restabelece que a concentração de nitrogênio total amoniacal em efluentes tratados não deve ultrapassar o valor de 20 mg.L^{-1} .

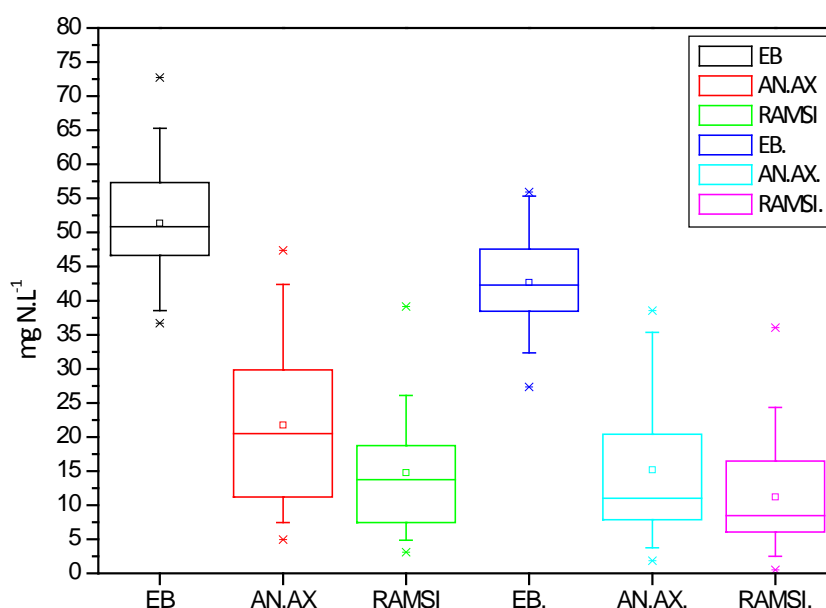


Figura 4: Valores de NTK e nitrogênio Amoniacal dos afluentes e dos efluentes.

Remoção de Fósforo

Os valores de fósforo total e solúvel obtidos durante o período experimental do sistema combinado encontram-se dispostos na **Figura 5**.

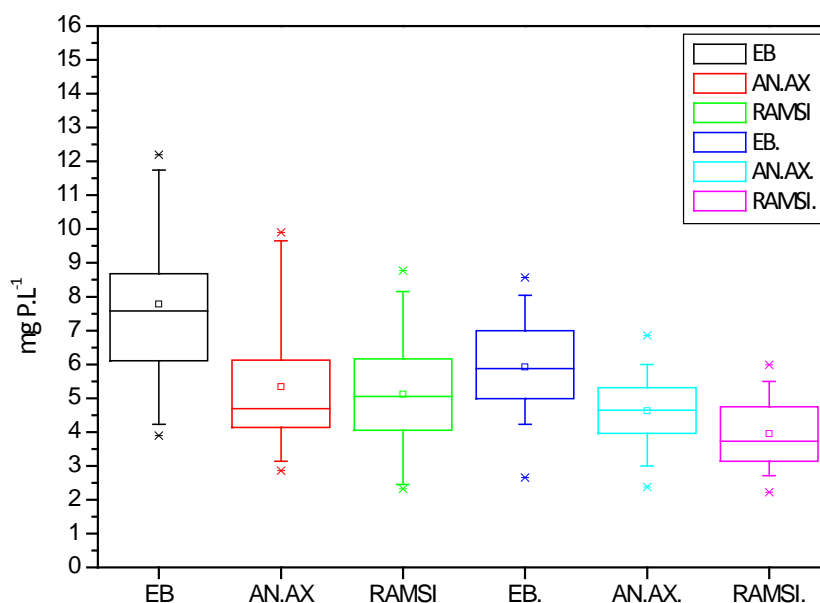


Figura 5: Valores de Fósforo Total e Ortofosfato do afluente e dos efluentes.

O processo de remoção de fósforo inicia-se em um ambiente anaeróbio, onde o fósforo é liberado na forma de ortofosfato para o líquido, e a matéria orgânica na forma de ácidos graxos voláteis é armazenado pelos microrganismos, após passar para um ambiente anaeróbio, o ortofosfato é sequestrado pela biomassa bacteriana, a matéria orgânica é oxidada e a remoção do fósforo dá-se pelo descarte do lado.

Os valores das concentrações de fósforo total e ortofosfato no sistema registraram remoção com uma eficiência 31% a 34% para o fósforo total e de 21% a 33% para o ortofosfato, nos sistemas An/Ax e RAMSI respectivamente. Este fenômeno demonstra que ocorreu remoção por processo assimilatório.

CONCLUSÃO

O sistema combinado monitorado durante o período experimental desempenhou uma satisfatória remoção de DQO (84%), nitrogênio total Kjeldahl (74%), e baixa remoção de fósforo (34%), apresentando-se como uma boa alternativa de tratamento biológico de esgoto doméstico, para remoção de material carbonáceo e nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22^a. ed. Washington: American Public Health Association. 2012.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA - Resolução N°430 de 13 de maio de 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. O texto não substitui o publicado no DOU N°92, em 16/05/2011, p. 89. 2011.
3. METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse. 4^a ed., McGraw-Hill, New York, USA, 1334, p. 2003.
4. VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G.V.R. O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande: EPGRAF, 1999.
5. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 125 p. 2005.
6. VON SPERLING, M.; GONSALVES, R.F. Lodo de esgotos: características produção. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (org.). Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. UFMG; DESA; SANEPAR, v.6, cap.II, p. 17-68, 2001.