

# QUALIDADE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO, COM INFILTRAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO

Lauro César Zanatta<sup>1</sup>; Flávio Rubens Lapolli<sup>2</sup> & Leda Freitas Ribeiro<sup>3</sup>

**Resumo** - A finalidade deste trabalho foi de avaliar a qualidade da água do aquífero livre através do monitoramento de 13 piezômetros, no ambiente de influência de infiltração do efluente de esgoto doméstico tratado, por um Sistema de Tratamento, por lodo ativado com dois valos de oxidação, onde o efluente tratado é lançado em uma Lagoa de Evapo-Infiltração. O principal objetivo do estudo foi analisar os impactos ambientais da infiltração do efluente tratado, isto é, recarga do aquífero livre, que pode ser reusado para diversos fins, difundindo a idéia de conservação e sustentabilidade como uma necessidade que poderá ser utilizada em ambientes da planície costeira. Foram analisados os indicadores de poluição como N, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, DBO, DQO, P total, Cl, STD. A redução dos coliformes fecais foi bastante eficiente e os resultados apresentados indicam as vantagens e desvantagens de reuso, serve como projeto piloto, em uma região que é carente em recursos hídricos, para atender a demanda cada vez mais crescente, devido ao aumento populacional da Lagoa da Conceição no município de Florianópolis e da costa leste como um todo, onde está implantado o sistema. Foram determinadas as velocidades e o sentido do fluxo do lençol.

**Abstract** - The purpose of this work went of evaluating to quality of the water of the unconfined aquifer through the control of 13 wells, in the environment of influence of infiltration of the effluent of sewer domestic agree ment, for a System of Treatment, for mud activated with two oxidation valos, where the treated effluent is thrown in a pond of Evapo-infiltration. The main objective of the study went analyze the environmental impacts of the infiltration of the treated effluent, that is, recharge of the free aquifer, that it can be reused for several ends, diffusing the conservation idea and sustentation as a need that can be used in environments of the coastal plain. The pollution indicators were analyzed as N, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, DBO, DQO, total P, Cl, STD. The

---

<sup>1</sup> Mestrando em Eng. Ambiental na UFSC; Geólogo, da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento; Rua Emílio Blum 83; 88015-010; Florianópolis; SC; Brasil; Tel.0xx48-2215106; Fax. 0xx48-2215089; e-mail: lzanatta@casan.com.br

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária-Ambiental – UFSC. Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento – USP – São Carlos e Universidade de Montpellier II – França.

<sup>3</sup> Bióloga da Divisão de Desenvolvimento de Esgoto Sanitário da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN. Pós-Graduação a nível de Especialização: Utilização de Recursos Naturais e Hidroecologia - UFSC. Mestre em Engenharia Ambiental – UFSC.

reduction of the fecal coliforms was quite efficient and the presented results indicate the advantages and reuse disadvantages, it serves as pilot project, in an area that is lacking in water resources, to assist the demand more and more growing, due to the increase population of Conceição's Pond and of the coast east as a whole, where the system is implanted. They were certain the speeds and the sense of the flow of the sheet.

**Palavras-Chave** - infiltração; recarga; aquífero livre.

## INTRODUÇÃO

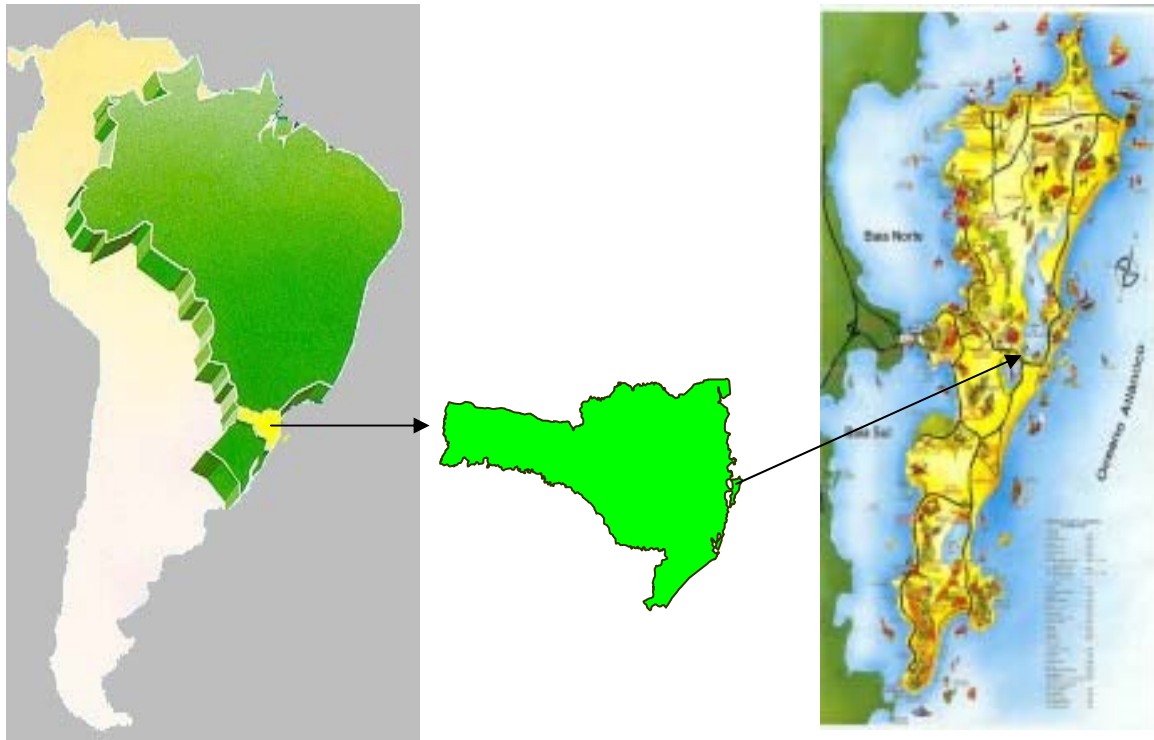
A água que é um bem imprescindível para a vida e já é atualmente um grande problema nos países desenvolvidos devido à sua contaminação.

A área de estudos está localizada centro da Ilha de Santa Catarina, na Lagoa da Conceição, próximo as dunas da Avenida das Rendeiras Figura n.º 1. A Lagoa da Conceição, é um dos recantos mais belos de Florianópolis, a exuberância de sua paisagem natural reúne, num só lugar, praias, dunas, montanhas e a maior lagoa da Ilha.

O presente trabalho visa a avaliar os impactos ambientais causados pelo lançamento do efluente tratado por um sistema de tratamento de esgotos sanitários feito através de um modelo simplificado de aeração prolongada em uma Lagoa de Evapo-infiltração, localizada nas dunas da Lagoa da Conceição e os seus efeitos no lençol freático.

A Lagoa de Evapo-infiltração está situado em dunas, que são depósitos eólicos bem caracterizados na região da Lagoa. Os sedimentos pleistocênicos mais antigos, encontram-se quase sempre fixados por vegetação e apresentam areias amareladas ou amarronadas, com elevado teor de óxido de ferro. Os depósitos atuais holocênicos exibem areias finas a médias, esbranquiçadas, podendo mostrar-se ativos ou fixados por vegetação arbustiva. Existem areias amareladas que formam dunas ativas, oriundas do retrabalhamento de depósitos marinhos pleistocênicos. Essas dunas fazem parte da área de recarga do Aquífero Campeche .

O aquífero onde é infiltrado o efluente tratado é do tipo livre desprotegido contra qualquer contaminante. A zona não saturada compõe-se de areias de dunas que facilitam a recarga do mesmo que posteriormente poderá ser reusado mas, a prática do reuso da água ainda espera para ser institucionalizada e integrada aos planos de proteção e desenvolvimento das bacias hidrográficas.



**Fig. N.º 1** – localização da área

A caracterização hidrodinâmica do aquífero bem como o seu monitoramento vão detectar as variações resultantes da infiltração de efluente tratado na Lagoa de Evapo-infiltração (LEI), figura n.º2.



**Fig. N.º 2** – Lagoa Evapo-Infiltração

## **GEOLOGIA**

### **Depósitos Marinhos Praiais**

São depósitos que são individualizados em cordão interno e externo, o cordão interno de idade pleistocênica é representado por areia média à grossa, de tonalidade amarelo-amarronada, com maior compactação do topo para a base e impregnados de óxido de ferro. Sua deposição é associada a um evento trans-regressivo do nível do mar, ocorrido à 120.000 anos. Via de regra esses sedimentos acham-se encobertos por depósitos eólicos.

### **Depósitos Eólicos**

Os depósitos eólicos estão bem caracterizados na Lagoa Evapo Infiltração, os mais antigos, pleistocênicos, encontram-se quase sempre fixados por vegetação e apresentam areias amareladas ou amarronadas, com elevado teor de óxido de ferro.

Os depósitos atuais holocênicos exibem areias finas a médias, esbranquiçadas, podendo mostrar-se ativos ou fixados por vegetação arbustiva. Existem ainda areias amareladas, que, formando dunas ativas, são oriundas do retrabalhamento de depósitos marinhos pleistocênicos. Os mesmos são compostos por areias quartzosas, de granulometria predominantemente fina sendo visível estruturas sedimentares tipo cruzada que caracterizam a atividade eólica.

## **MODELO MATEMÁTICO**

Com base nas informações preliminares, foi escolhido e aplicado o modelo **tridimensional, desenvolvido por (Guiguer, N & Frans, T. , 1994- 1999)**, que representa da melhor forma possível, as condições hidrogeológicas específicas do modelo conceitual desenvolvido neste trabalho.

Na modelagem por diferenças finitas, no método no qual o VISUAL MODFLOW foi baseado, o domínio de interesse é representado por um conjunto de “nós”, e a relação entre os valores da variável dependente do problema nestes pontos é obtida através da interação de equações diferenciais parciais.

A porosidade dominante para o aquífero é de 30%, admitindo-se uma capacidade de retenção de 15%, características das areias finas, a porosidade eficaz do aquífero é estimada em 15%.

Os valores de condutividade hidráulica do método Slug Test serão comparados com os resultados das análises executadas nos poços profundos construídos pela CASAN em área do Aquífero Campeche onde os piezômetros foram construídos. Para o transporte será usado duas técnicas de resolução: MOC (METHOD OF CHARACTERISTICS) e no UPSTREAM FINITE DIFFERENCE.

A taxa de espalhamento é maior no sentido longitudinal do que no sentido transversal (Guinguer, 2003).

Foi adotado o ensaio do tipo Slug Test, aplicando o método Bouwer - Rice para aquíferos freáticos, do tipo encontrado na área estudada, para determinar a condutividade hidráulica do aquífero, já que, o teste de bombeamento não pode ser adotado porque o mesmo exerce a inversão de fluxo.

### **Metodologia de Recarga Artificial**

Uma das maneiras de preservar o meio ambiente é tratar os esgotos domésticos, descarregando o efluente tratado, dentro de padrões pré estabelecidos em corpos d'água. Como os corpos d'água da Ilha não permitem qualquer tipo de lançamento uma das alternativas encontradas foi a disposição destes efluentes no solo.

O Sistema de Esgoto Sanitário da Lagoa da Conceição, é composto por sistema de lodos ativados e dois valos de oxidação. O efluente do decantador é lançado nas dunas onde formou uma lagoa de evapo-infiltração, a área da lagoa é de aproximadamente 3875m<sup>2</sup>.

O efluente tratado é infiltrado no solo e serve como recarga do aquífero freático, através da LEI. Poderá servir de modelo para ser aplicado em outros locais, com a finalidade de ser reusado.

As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Os principais parâmetros de monitoramento foram : DQO, DBO, NTK, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, alcalinidade Total, Fósforo Total e coliforme fecal com ênfase no comportamento dos nutrientes nitrogênio e fósforo e coliformes fecais.

### **Materiais – Locais de Amostragem**

Os poços foram localizados em planta topográfica conforme figura n.º 3, onde foram localizados todos os poços de monitoramento, com as suas respectivas cotas. Os poços a jusante são posicionados transversalmente ao fluxo subterrâneo, distribuindo-se ao longo da largura da possível pluma.

Definido o local para a bacia ou lagoa de infiltração do efluente tratado, próximo passo foi do estudo foi o levantamento ou definição do fluxo subterrâneo do lençol freático. A direção do fluxo das águas subterrâneas no local também foi confirmado através de dados geofísicos EPT-2000 e também através da modelagem matemática (modelo visual modflow), aplicado para a área de estudo.

“Na zona saturada a condutividade hidráulica vertical é quase sempre consideravelmente inferior a horizontal, desta forma a taxa induzida de fluxo vertical da água, sendo inferior e elevando consideravelmente o tempo de residência do poluente no meio hídrico. Mostrando que a região abaixo é mais difícil de poluir do que na região lateral no sentido do fluxo”, Lewis, et al., (1986).

## ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Duas situações ocorrem quando o efluente tratado é lançado nesta lagoa: a evaporação e a infiltração. Na evaporação o líquido se dispersa para atmosfera e na infiltração o líquido percola no solo recarregando o lençol freático.

As unidades de tratamento da ETE são monitoradas diariamente através dos parâmetros operacionais Oxigênio Dissolvido (OD) e Sólidos Sedimentáveis (SS) e para avaliar a eficiência da ETE, e a qualidade do lençol freático, mensalmente são monitorados parâmetros de pH, alcalinidade total, cloretos, turbidez, cor, DQO, Coliforme Total, *Escherichia Coli*, N-orgânico, Nitrogênio Amoniacal, - (N-NH<sub>3</sub>), Nitrito - (N-NO<sub>2</sub>), Nitrato – (N-NO<sub>3</sub>), N-Total – Nitrogênio total e P-Total – Fósforo Total. Foram analisados os valores das médias dos resultados dos últimos 03 anos, 2001, 2002, 2003, coletados nas unidades da ETE e LEI e também nos piezômetros.

Devido a inexistência de legislação específica no Brasil para águas subterrâneas, considerou-se como referencial de controle, os padrões da resolução do CONAMA 20/86 para águas da classe II, por ser este o principal dispositivo que regulamenta o uso dos recursos hídricos no território nacional e também a portaria do ministério da saúde 1469/00, hoje substituída pela portaria 518/2004.

### Resultados do coliforme total e fecal

Dados do sistema infiltração solo aquífero, comprovam a elevada eficiência na remoção de Coliformes Fecais do aquífero, alimentado artificialmente com efluentes tratados na Lagoa da Conceição. O deslocamento de bactérias dependem, sobretudo da velocidade do fluxo da água subterrânea.

Se for comparar com os índices de *C. fecal – Escherichia coli*, nos 3 anos analisados, os valores encontrados na LEI, com os valores dos piezômetros apresentam uma variação bastante significativa, até quatro unidades logarítmicas, pode-se constatar que com relação a este parâmetro, não ocorre a contaminação do lençol freático pelos efluentes domésticos tratados infiltrados na LEI.

Conforme Bastos & Mara, (1993), o tempo de sobrevivência dos *Coliformes fecais* no solo é menor do que 70 dias e até 30 dias nos vegetais, à uma temperatura de 20 à 30°C. Considerando a velocidade do fluxo subterrâneo 6.3E-6 m/s, o avanço da pluma de contaminação e o tempo de sobrevivência dos coliformes fecais, não há contaminação da Lagoa da Conceição por coliformes fecais através da infiltração do efluente na LEI.

Com relação aos coliformes fecais a redução significativa chegando até 99.9% de eficiência. Como o limite máximo de coliformes fecais na resolução do CONAMA 20/86 para a classe 2 é 1000 coliforme por 100 mililitros, todos os resultados das análises nos piezômetros durante os três anos observados, estão abaixo do limite. Os valores de coliformes totais nos piezômetros observado

durante os três anos, também estão abaixo do limite máximo da resolução 20/86 do CONAMA que é de 5000 coliformes por 100 mililitros.

Em 2001, houve uma redução significativa de coliforme total e principalmente *Escherichia Coli* nos piezômetros, conforme mostra a tabela I.

**Tabela I** – Mostra a media dos valores de Coliforme total e *Escherichia coli* em 2001.

Amostra	Coli Total	<i>E. Coli</i>
2001	NMP/100 mL	NMP/100 mL
MÉDIA PG	3.55E+10	1.01E+10
MÉDIA DC	6.82E+05	2.33E+05
MÉDIA LEI	1.80E+05	7.46E+03
MÉDIA 1	407.05	57.01
MÉDIA 3	929.38	305.63
MÉDIA 4	1.39E+02	1.7
MÉDIA 5	1.31E+01	1.00
MÉDIA 7	6.66E+02	40.65
MÉDIA 8	6.33E+02	268.26
MÉDIA 9	7.06E+01	6.92
MÉDIA 10	1.37E+03	10.09
MÉDIA 11	1.25E+01	1.00
MÉDIA 12	5.34E+02	1.00
MÉDIA 13	4.60E+02	4.10

O mesmo podemos notar nos piezômetros de monitoramento, uma redução significativa em 2002, conforme mostra a tabela II.

**Tabela II** – Média dos valores de coliforme total e *Escherichia coli* em 2002 nas unidades de da ETE e piezômetros.

Amostra	Coli Total	<i>E. Coli</i>
2002	NMP/100 mL	NMP/100 mL
MÉDIA PG	1.98E+10	2.33E+09
MÉDIA DC	9.65E+06	1.75E+06
MÉDIA LEI	7.57E+05	2.58E+04
MÉDIA 1	4.25E+02	1.60E+02
MÉDIA 7	9.64E+01	2.30E+01
MÉDIA 9	5.54E+01	1.00
MÉDIA 10	3.50E+01	2.60E+01
MÉDIA 11	1.00	1.00
MÉDIA 12	2.10	1.00
MÉDIA 13	2.90E+01	2.71

Em 2003 os resultados comprovam a eficiência da formação arenosa demonstrando que este tipo de ambiente é favorável na redução da *Escherichia coli* e coliforme total .

**Tabela III** – Média dos valores de coliforme total e *Escherichia coli* em 2003, nas unidades da ETE e piezômetros.

Amostra	Coli Total	<i>E. Coli</i>
2003	NMP/100 mL	NMP/100 mL
MÉDIA PG	1.66E+10	1.59E+09
MÉDIA DC	7.5E+07	8.1E+06
MÉDIA LEI	1.30E+06	8.37E+04
MÉDIA 7	3.4E+03	5.6E+02
MÉDIA 8	8.01E+02	8.01E+02
MÉDIA 9	3.5E+00	1.0
MÉDIA 10	3.2E+02	1.E+02
MÉDIA 11	1.09	1.00
MÉDIA 12	1.00	1.00
MÉDIA 13	12.44	1.28
MÉDIA 14	65.80	1.00

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A ETE em 2001 reduziu 90% de DBO no decantador (DC) e na LEI reduziu 91.6% em relação a concentração no pós gradeamento (PG).

A ETE em 2002 reduziu 62.9% no DC e 86.9% na LEI em relação a concentração no PG.

A ETE em 2003 reduziu 64.8% no DC e 88.6% na LEI em relação a concentração no PG.

### **Demanda Química de Oxigênio**

No ano de 2001 a média da concentração de DQO manteve-se quase constante, diminuindo nos piezômetros P1, P2, P3, P4.

O valor da DQO em 2002 tem redução da concentração em todos os piezômetros analisados, exceto no piezômetro 12.

Em 2003 houve uma redução significativa de DQO na maioria dos piezômetros.

### **N- Amoniacal**

As concentrações médias de N-Amoniacal em 2001 na LEI foi de 11.53mg/L, em 2002 14.97mg/L, mas em 2003 a concentração do N-Amoniacal aumentou significativamente com valores de 22.52mg/L período em que este estava operando no limite do projeto.

A amônia não ionizável tem seu valor máximo permitido na resolução CONAMA 20/86, de 0,02mg/L de NH<sub>3</sub>, portanto todos os valores estão acima do limite máximo da resolução apesar dos valores diminuírem com a distância. A concentração no P3 até 2001 provavelmente sofreu influência da concentração humana no seu entorno., os valores são maiores do que o P4 e P5. O P12 o valor é relativamente baixo, devido ao fluxo subterrâneo ser em direção da LEI.



A taxa de infiltração do efluente de esgoto no solo, influencia diretamente na remoção de nitrogênio, uma vez a altas cargas hidráulicas na infiltração, eventualmente saturaria a capacidade de adsorção do solo pelo íon amônio, permitindo o carreamento para o lençol freático.

A lagoa recebe uma carga constante de efluentes e no ano de 2003 os contaminantes tiveram um índice bem mais elevado, principalmente de N-amoniaco, cujo limite máximo permissível segundo a portaria 1469 é de 1.5 mg/L.

Como o nitrogênio amoniacal ocorre em solução sob duas formas básicas: ionizável (amônio –  $\text{NH}_4^+$ ) e o não ionizável (amônia –  $\text{NH}_3$ ). A proporção entre as formas depende basicamente do pH e da temperatura da água. De maneira geral quanto mais ácido for o meio, e mais baixa a temperatura, menor a proporção de nitrogênio amoniacal não ionizável – amônia (Reis & Mendonça, 1998). A toxicidade do nitrogênio amoniacal é elevada, e está relacionada a sua forma não ionizável.

### **Resultados de Nitrito e Nitrato**

A preocupação em relação à poluição freática é normalmente pensada em termos de poluição bacteriológica. A principal preocupação deveria ser a poluição por nitrogênio, que é cumulativa e deletéria, normalmente em esgotos domésticos metais pesados não ocorrem. Na Lagoa o uso é exclusivamente doméstico, não industrial. O substrato poroso vai contribuir como filtro da carga biológica, presente no efluente.

Outro parâmetro de indicador de contaminação de águas subterrâneas é o nitrato, a forma mais oxidada do nitrogênio. Segundo Strumm and Morgan (1991) é este composto altamente solúvel em água e com grande mobilidade no solo que permitindo ser transportado a partir de muitos sistemas aquíferos até chegar as águas superficiais. Esta forma de nitrogênio em níveis acima dos padrões recomendados pela OMS para águas potáveis, 10 mg/L  $\text{NO}_3\text{N}$  pode ocasionar a cianose infantil ou metahemoglobinemia e câncer.

Em 2001 o valor máximo de nitrito foi de 0.90mg/L em 2002 de 0.55mg/L e em 2003 foi de 0.94mg/L. O valor máximo de nitrato em 2001 foi de 2.72mg/L, em 2002 de 2.59mg/L e em 2003 foi de 2.92mg/L.

Os valores de Nitrito e Nitrato estão abaixo do VMP estabelecido na portaria 1469 de 2000 nos três anos monitorados, inclusive na LEI os valores também são baixos.

Os valores da concentração de Nitrato acima de 1.1mg/L nos piezômetros indicam poluição antrópica.

### **Cloretos**

O limite máximo da resolução do CONAMA 20/86 é 250mg/L estando todos os valores dos piezômetros bem abaixo.

As concentrações de cloreto, nos três anos observados o valor em Mg/L de cloreto é menor nos piezômetros mais afastados da LEI. O aumento destes valores na água subterrânea reflete a transferência dos constituintes da LEI para o aquífero. Próximo a LEI o ambiente redutor é mantido pelo rápido consumo de oxigênio a partir da degradação de matéria orgânica.

#### **P- Total**

Os índices de 0.85mg/L no P15 e 0.67 no P14 estão acima dos limites estipulados pela Resolução n.º 20/86 do CONAMA, mesmo estando mais distantes da LEI, constatando-se que a formação arenosa contribuiu para a redução dos índices de fósforo.

#### **Sólidos Totais**

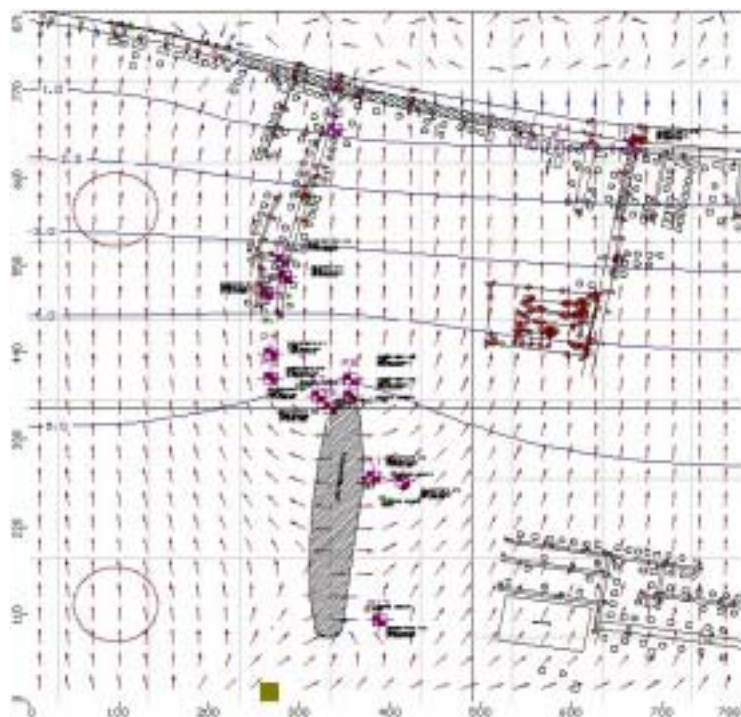
A redução de ST na ETE é muito importante porque o seu lançamento na LEI haverá uma decantação natural contribuindo para a impermeabilização de fundo da lagoa. Os valores são considerados altos, podendo ocorrer impermeabilização do fundo da LEI.

#### **Resultados do Modelo Matemático – Hidrologia Subterrânea**

Para o transporte foi usado duas técnicas de resolução: MOC (METHOD OF CHARACTERISTICS) e no UPSTREAM FINITE DIFFERENCE, apresentando resultados bastante semelhantes, apenas o UPSTREAM um pouco mais dispersivo.

O fluxo é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico, é o que determina a lei de DARCY. O aquífero é do tipo livre e a espessura da zona não saturada de recarga é muito importante para a vulnerabilidade do mesmo, compõe-se de areias finas formado por dunas, que facilitam a recarga do mesmo.

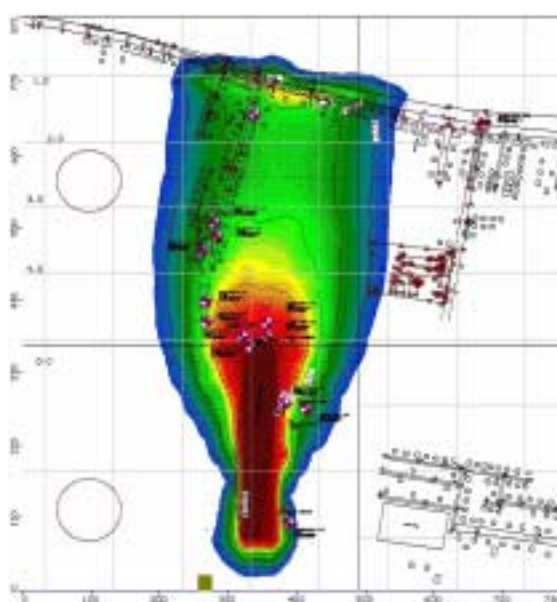
Considerou-se a condutividade hidráulica de  $5 \times 10^{-5}$  m/s, obtidos através dos dados da EPT-2000, e a média obtida nos slug test. Pode-se determinar então o tempo de deslocamento entre as lagoas.



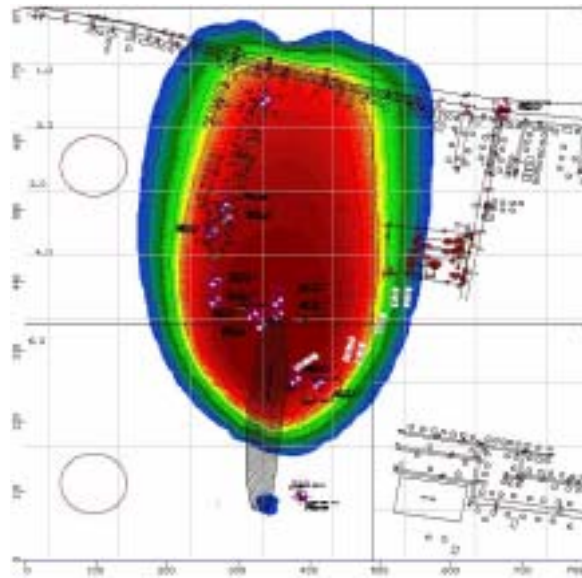
**Fig. N.º 3** - Direção das linhas de fluxo das águas subterrâneas.

Os sentidos da partícula com elas se comportam no aquífero de acordo com o modelo matemático desenvolvido, na porção frontal da LEI até a lagoa da Conceição o tempo de percolação é de 1000 dias.

Pluma de contaminação para no modelo desenvolvido durante 13 anos, para constante de concentração de 12mg/L de N-NH<sub>3</sub> na parte superior do modelo.

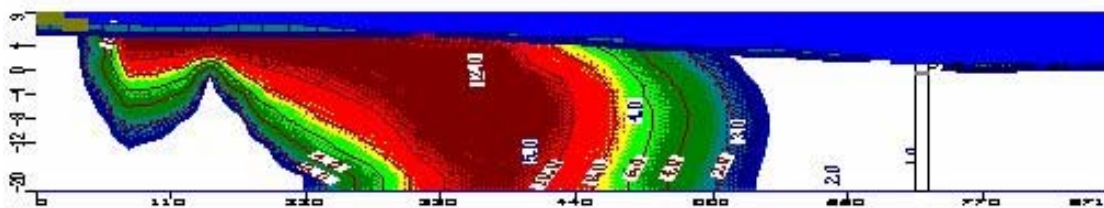


**Fig. N.º 4** - Mostra a pluma de contaminação durante 13 anos de operação



**Fig. N.º 5** - Mostra a pluma de contaminação na parte inferior do modelo. Para constante de concentração de 12 mg/L, durante 13 anos.

A figura n.º 6, mostra o comportamento da Pluma de contaminação no perfil longitudinal do para constante de concentração de 12 mg/L de N-NH<sub>3</sub>.



**Fig. N.º 6** - Perfil longitudinal da pluma de contaminação

## CONCLUSÃO

O avanço indesejável da cunha salina pode ser limitado através de obras de construção de poços, com o reuso dos efluentes tratados, isto é, a recarga artificial através da infiltração na formação arenosa próximo a praia, mantem o equilíbrio de pressão entre água doce e água salgada.

Atualmente a eficiência desta ETE com relação, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Fecais – *E. coli* é bastante significativa. Estas eficiências estão dentro do esperado para sistemas de lodo ativados, apesar de que a redução de alguns parâmetros devem ser melhorados. Constatou-se que a ETE da Lagoa da Conceição nos três anos analisados está com

deficiência no seu tratamento. Os valores de Nitrogênio Amoniacal – (N-NH<sub>3</sub>), DBO, DQO, e Sólidos Totais que são lançados na LEI, são elevados e deverão ser reduzidos com as obras de implantação executadas durante o ano de 2003 quando novas unidades operacionais foram construídas, aumentando a capacidade de tratamento. Houve uma redução na eficiência com relação a P-Total como também nos índices de nitrogênio amoniacal.

As infiltrações que ocorrem através da LEI proporcionam níveis de tratamento elevados em termos de compostos orgânicos, organismos patogênicos (C. fecal – *Escherichia coli*, totais), o NO<sub>3</sub> está aquém dos padrões estabelecidos pela Legislação vigente mas não é muito eficiente para remoção do N-amoniaco e o fósforo a remoção foi parcial. As maiores concentrações estão próximas a LEI e seguem a pluma de contaminação isto é, os valores maiores estão mais próximo do fundo, enquanto que os valores menores estão mais próximo da superfície e mais distantes da LEI. Pelo tempo de percolação no lençol freático o coliforme fecal *Escherichia Coli* e o tempo de sobrevivência em solo, não alcançaria a Lagoa da Conceição, não influenciando na balneabilidade.

A ausência da camada não saturada e o contato direto do efluente com o lençol freático são fatores que favorecem a contaminação do aquífero. A ocorrência de poluição da água subterrânea é mais provável em áreas em que o lençol freático seja raso ou sazonalmente raso. A zona não saturada é a mais importante linha de defesa contra a poluição de lençóis aquíferos subterrâneos.

Pode-se entender o alto teor de N-amoniaco encontrado no lençol freático, a grande taxa de efluente acaba formando a lagoa de infiltração, não ocorrendo o período de descanso (infiltração intermitente), não havendo condições de ocorrer o processo de nitrificação/desnitrificação, mesmo porque causa uma elevação do nível do lençol freático, estando o efluente tratado diretamente na zona saturada do aquífero. O ideal seria a formação de duas ou mais lagoas que pudessem trabalhar intercaladas em ciclos, o que diminuiria a contaminação do lençol por Nitrogênio.

No modelo desenvolvido a pluma de concentração de N-Amoniaco atinge toda a espessura do Aquífero, conforme o sentido do fluxo vai atingir a Lagoa da Conceição.

A distância ideal entre o ponto de captação de água potável e a LEI, está condicionada a ETE, qualidade do efluente doméstico tratado e aos fatores como a condutividade hidráulica e gradiente hidráulico, controladores da taxa de fluxo na zona saturada.

É indiscutível que a importância do reuso de efluentes tratados no gerenciamento dos mananciais hídricos objetiva assegurar o uso ótimo sustentável dos recursos hídricos.

A prática de recarga em aquíferos é importante desde que atenda as necessidades de reuso e não comprometa o meio ambiente, não alterando a qualidade da água do lençol.

A recarga de Aquíferos livres por efluentes tratados é uma alternativa bastante interessante como forma de reuso indireto e planejado, com a melhoria da ETE poderemos obter resultados satisfatórios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Águas Subterrâneas, Ministério do Meio Ambiente Brasília DF, 2001.
- [2] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standards Methods for the examination of de water and wastewater. 19<sup>th</sup> edition. New York, APHA, 1995.
- [3] ANA- Agência Nacional de Águas – Reuso de Água.
- [4] BATALHA, Bem Hur L. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo, CETESB, 1997.
- [5] BOUWER, H. And R. C. Rice 1976. A Slug Test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. Water Resources research. Vol. 12, no. 3, pp. 423 – 428.
- [6] BRAGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. - (2002) Conceito de Reuso da Água. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- [7] BRANCO, Samuel Murgel. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640P.
- [8] BRASIL. Portaria n.º 1469 de 29 de dezembro de 2000. Gabinete do Ministério. Brasília – DF.
- [9] BUSCHECK, T. E. ALCANTAR, C.M., Regression Techniques and Analytical Solutions to Demonstrate Intrinsic Bioremediation. In: *Proceeding of the Battele International Symposium on In Situ and On-Site*, Columbus, OH Batelle Press, pp. 109-116, 1995.
- [10] CASAN - (2000) Trabalho interno. Qualidade da água do lençol freático após infiltração na rea de influência da Lagoa Evapo/Infiltração.
- [11] Decreto n.º 14.250 de 05 de junho de 1981; regulamenta dispositivos da lei estadual 5.793.
- [12] DI BERNARDO, L. *Algas e suas Influências na Qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento*. ABES, Rio de Janeiro, 1995. p. 127.