



## **I-326 - ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DA FILTRAÇÃO EM MARGEM EM LAGO DE PISCICULTURA NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DA EPAGRI-SC PARA TRATAMENTO DE ÁGUA.**

**Marcus Bruno Domingues Soares<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Bruno Segalla Pizzolatti**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Maurício Luiz Sens**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre Estudos Aprofundados pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Doutor em Ciências Químicas pela Université de Rennes.

**Ramon Lucas Dalsasso**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia SC 406, 4806 – Armação do Pântano do Sul – Florianópolis - SC - CEP: - Brasil - Tel: (48) 88067-700 - e-mail: [marcus\\_bruno@yahoo.com.br](mailto:marcus_bruno@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo mostrar os estudos preliminares e a implantação da tecnologia da filtração em margem em tanques de piscicultura extensiva, e encontrar mais uma alternativa de fornecimento de água com qualidade necessária para dessedentação animal e para consumo humano em propriedades rurais, durante os períodos de estiagem no oeste de Santa Catarina. O local de estudo foi a Estação Experimental da EPAGRI localizado na cidade de Ituporanga-SC, por apresentar lagos de piscicultura semelhantes aos da proposta e pelo suporte técnico na realização deste trabalho. A caracterização da água bruta mostrou que, embora possa apresentar aumentos de concentrações de ferro, manganês e nitrato na água filtrada em margem, o lago apresenta características mais favoráveis que lagos de piscicultura intensiva, que possui elevada concentração de sólidos que podem contribuir na colmatação do fundo do manancial. Foram sondados 5 pontos no entorno do lago, desta forma o perfil obtido e a análise do coeficiente de permeabilidade hidráulica saturada de  $5,4 \times 10^{-2}$  cm/s, indicou o ponto 4 como o mais apropriado para a instalação do poço. O mesmo ensaio realizado com amostras do fundo do lago resultou em um coeficiente de permeabilidade médio de  $2,22 \times 10^{-5}$  cm/s, indicando um alto grau de colmatação do mesmo. Na realização do teste de bombeamento, foi obtida uma vazão de 2560 L/d, vazão esta capaz de suprir uma unidade de base familiar. O tempo de residência hidráulico teórico de 70 dias foi obtido através da Equação de Darcy. Na avaliação da quantidade de água filtrada em margem foi verificado um percentual de 25% em 66 dias de funcionamento do poço de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de água, filtração em margem de lago, dessedentação animal

### **INTRODUÇÃO**

O Estado de Santa Catarina tem sofrido com a seca e estiagem que ocorre não só no Oeste, mas em todo o Estado. Esta situação resultou em racionamento de água não só no setor doméstico, mas também nas atividades agropecuárias. Na agricultura, houve queda em algumas produções. A produção e a qualidade de água dos rios da região tem diminuído consideravelmente a cada estação em consequência de contaminação por dejetos suínos e da destruição de florestas e das matas ciliares. As secas são cíclicas e cada vez mais graves.

Segundo DESER (2004), por causa da estiagem que durou cerca de sete meses em 2004, 133 municípios catarinenses decretaram situação de emergência ou calamidade pública, o que corresponde cerca de 38% dos municípios do Estado. Em 2006, 195 dos 293 municípios catarinenses declararam situação de emergência com prejuízo calculado de aproximadamente R\$ 286 milhões de reais (FOLHA ONLINE, 2006). O Canal Rural



(2008), declarou que no ano de 2008 a estiagem fez 22 municípios anunciarem estado de emergência, fazendo a produção de leite cair 35% e as perdas de feijão e milho ficaram em 30% e 20%, respectivamente.

Por causa dessa situação, propõe-se o desenvolvimento da tecnologia de Filtração em Margem para suprir a dessedentação animal e o consumo humano. A filtração em margem consiste na retirada de água subterrânea em um local adjacente a um corpo de água, de modo que o rebaixamento do nível da água subterrânea induza a água da fonte superficial a escoar pelo solo/subsolo. A idéia básica é utilizar os sedimentos do manancial superficial como meio filtrante. Para isso são construídos poços de captação nas margens do manancial, criando artificialmente um gradiente hidráulico, o qual provocará um fluxo de água através do solo/subsolo suporte do mesmo. Os possíveis contaminantes presentes na água superficial serão então removidos neste percurso (SENS, 2006; RAY *et al.*, 2002).

Os recursos hídricos são de grande importância para os municípios, que têm desenvolvimento econômico crescente e aumento demográfico, como é o caso do Estado de Santa Catarina e a região sul do país. Ao passo que, a manutenção da qualidade da água dos mananciais de abastecimento para a população é imprescindível para a saúde e para diminuir seu custo econômico. A pesquisa será desenvolvida utilizando-se como manancial, um lago de piscicultura extensiva localizado na Estação Experimental da EPAGRI pertencente a cidade de Ituporanga-SC, com o intuito de encontrar mais uma alternativa de fornecimento de água com qualidade necessária para dessedentação animal e para consumo humano em propriedades rurais, durante os períodos de estiagem no oeste de Santa Catarina

## MATERIAIS E MÉTODOS

- *Caracterização da Água Bruta*

A caracterização da água bruta se faz necessário para avaliarmos as características físico-químicas e biológicas do manancial a fim de saber se o corpo d'água atende as necessidades básicas para a implantação da filtração em margem.

As amostras foram analisadas através dos seguintes parâmetros de controle e equipamentos: pH (pHmetro YSI F-1550A); cor aparente, turbidez, nitrito, nitrato, ferro total e manganês (espectrofotômetro YSI F-9100); cor verdadeira (filtração em membrana 0,45 µm, leitura em espectrofotômetro HACH DR/2010); alcalinidade e OD (sonda YSI F-1550A); condutividade e sólidos totais dissolvidos (condutímetro portátil HACH); absorbância em 254nm; coliformes totais e fecais (Colilert). Os procedimentos das análises seguiram os protocolos definidos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (1998).

- *Investigação Hidrogeológica I - Sondagem de Solo e Amostragem do Sedimento do Lago*

Sondagens no entorno do lago foram realizadas para obter informações hidrogeológicas necessárias como: tipo de solo, características das camadas e profundidade do lençol freático. O método utilizado foi a sondagem a percussão e os locais escolhidos para coletar as amostras podem ser observados na Figura 1. Tais locais foram selecionados levando em considerações possíveis interferentes ao escoamento da água subterrânea, como a formação montanhosa do entorno.



Figura 1 – Figura demonstrativa da sondagem do solo do local de estudo.

As amostras de solo foram coletadas e colocadas manualmente em sacos plásticos identificados com a numeração do ponto de amostragem, posição da camada do solo e data da coleta. Como a sondagem a percussão utiliza água para perfuração do solo, as amostras coletadas foram lavadas e conseqüentemente deformadas, podendo alterar de certa maneira os testes de granulometria, porosidade e permeabilidade. Para a realização do ensaio de condutividade hidráulica, foram levadas em consideração as particularidades do local de sondagem, a porosidade efetiva e a espessura da camada.

Para a coleta das amostras do sedimento do lago, foi utilizado tubos de PVC de Ø100 mm e 50 cm de altura devidamente identificados. As amostras foram retiradas manualmente pela cravação do tubo de PVC nos sedimentos do lago até atingir uma profundidade de aproximadamente 20 cm a começar pela parte mais rasa do lago (margem) para a parte mais profunda, espaçadas em 0,5 m, chegando a uma distância de no máximo 1,5 m da margem (Figura 2) e transferidas para o permeâmetro de forma indeformada.

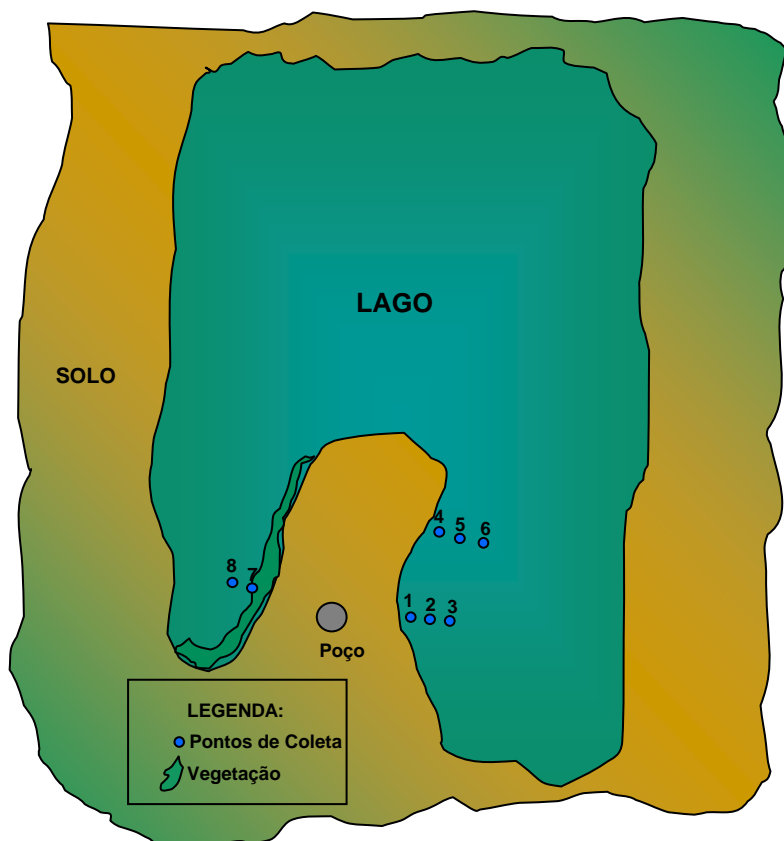


Figura 2 – Figura demonstrativa da localização dos pontos de coleta das amostras do fundo do lago.

- *Investigação Hidrogeológica II - Avaliação da condutividade hidráulica do solo e do sedimento do fundo do lago*

Este parâmetro foi analisado através de permeâmetro de nível de parede flexível, apenas nas amostras mais interessantes do ponto de vista granulométrico e da porosidade efetiva das diferentes camadas de solo coletadas,. Utilizou-se carga variável para amostras de coeficiente de permeabilidade baixo e carga constante para o oposto (MARANGON, 2006). Para a transferência das amostras do solo do entorno do lago para o permeâmetro, foi utilizado um béquero para a saturação das amostras e retirada do oxigênio do solo, para então iniciarmos o teste. As amostras foram analisadas indeformadas. A transferência das amostras do sedimento do fundo do lago foi realizada pela cravação do cilindro de aço do permeâmetro na amostra no tubo de PVC (amostradores), com o intuito de manter as características naturais de compactação.

- *Dimensionamento e implantação do poço de produção*

Avaliada as características físicas do solo, sua condutividade bem como a condutividade das margens do lago, foi definida a localização e dimensionado o poço de produção. Através da equação de Darcy (1), foi possível estimar a área de seção de escoamento de água infiltrada.

$$Q = K \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Onde,

Q – vazão infiltrada a partir do manancial de superfície (m³/d);

K – condutividade hidráulica (m/d);

I – gradiente hidráulico (m/m);

A – área da seção de escoamento da água infiltrada (m²).



O poço é formado por tubos de concreto armado de 1,00 m de diâmetro e 1,00 m de altura, e foi escavado manualmente até a camada mais permeável do solo. O anel de concreto nesta camada foi perfurado e os orifícios foram preenchidos com manta sintética não tecida para que não entrasse sedimentos de solo. O fundo do poço foi preenchido com brita 3 para evitar a entrada de sedimentos da lateral e fundo do mesmo. A sucção de água foi realizada por bomba centrífuga com válvula de pé com crivo mantida a uma distância de 0,15 m do fundo (Figura 3).

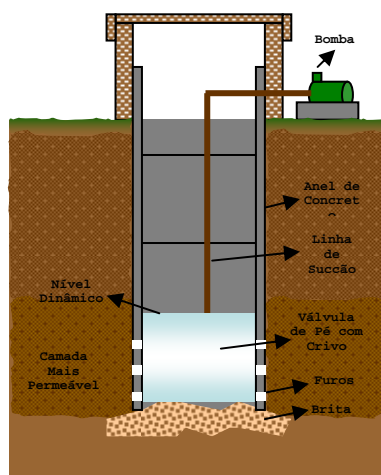


Figura 3 – Esquema ilustrativo do poço de produção.

- *Implantação dos poços de monitoramento (piezômetros)*

Implantado o poço de produção, foi necessário fazer a perfuração de poços de monitoramento (piezômetros) no entorno do poço (Figura 4). Estes poços são de fundamental importância para a análise hidráulica do processo de filtração em margem, como velocidade de escoamento da água no subsolo, o tempo de residência hidráulico e a avaliação da contribuição de água do lençol freático na água filtrada em margem.

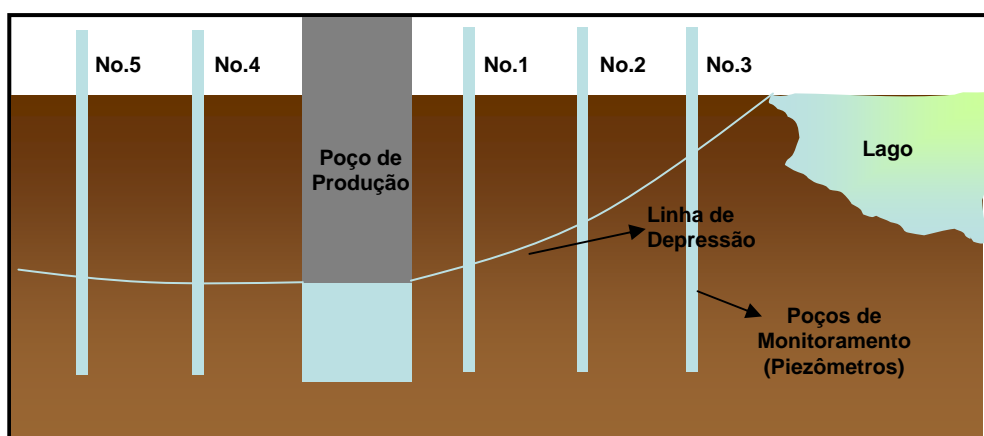


Figura 4 – Figura demonstrativa do poço de produção e dos piezômetros no seu entorno.

Foram instalados três poços de monitoramento entre o poço de produção e o lago e dois poços à montante do poço de produção. Tratam-se de tubos de PVC perfurados em sua extensão e cobertos com manta sintética para evitar o assoreamento por particulados. A profundidade de tais poços foram a mesma do poço de produção de água filtrada em margem. O poço número 1 foi instalado a 1,0 metro de distância do poço de produção, o poço número 2 a 2,0 metros e o número 3 a 3,0 metros. O poço número 4 foi instalado a 10 metros e o número 5 a 20 metros do poço de produção.



- *Teste de Bombeamento*

O equipamento utilizado para a execução do teste de bombeamento foi uma sonda eletrônica programável de nível (*Levellogger*). Esta foi introduzida no poço em seu nível estático até a profundidade da válvula de pé. A bomba centrífuga foi ligada com vazão desejada de 0,06 L/s. O rebaixamento ocorreu até que o nível de água alcançasse o nível dinâmico desejado, a partir de então, a bomba foi desligada e o poço iniciou o processo de recuperação.

Para determinar o potencial de recarga do poço, foi utilizado o Processo de *Pochet*, que se baseia na depressão máxima do cone formado no gráfico para determinar a vazão do poço, em uma determinada profundidade do mesmo (DACACH, 1984).

- *Avaliação da contribuição de água do lençol freático e da filtrada em margem, do tempo de residência e velocidade de escoamento da água.*

O procedimento adotado para o do cálculo do tempo de residência hidráulica em função da velocidade teórica de escoamento, foi a utilização da equação da Lei de Darcy e suas derivações (Equação 2), onde:

$$V = K \left( \frac{dh}{dl \cdot n_{ef}} \right) \quad (2)$$

Onde,

V – velocidade (m/d);

K – condutividade hidráulica (m/d);

dh/dl – gradiente hidráulico (m/m);

$n_{ef}$  – porosidade efetiva.

Considerou-se neste procedimento o rebaixamento do poço de produção como “dh” e como “dl” o afastamento do poço em relação ao lago de piscicultura. O valor do coeficiente de permeabilidade hidráulico utilizado foi o mais baixo entre as análises do solo do entorno do lago e dos sedimentos do mesmo. Utilizou-se a porosidade efetiva também da análise de menor permeabilidade hidráulica.

Para se avaliar o grau de diluição da água filtrada em margem foram coletadas amostras do piezômetro número 5, do poço de produção e do manancial superficial (Figura 4) e realizado um balanço de massa para que se estimasse o grau de diluição da água filtrada em margem, através da concentração de substâncias traçadoras (cloretos).

Para o cálculo do grau de diluição utilizou-se a equação 3 utilizada por Shamrukh (2007), como pode ser observada a seguir:

$$B = \frac{C_{pp} - C_{aq}}{C_{al} - C_{aq}} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde,

B – porcentagem de água filtrada em margem no poço de produção (%);

$C_{pp}$  – concentração do traçador no poço de produção;

$C_{al}$  – concentração do traçador na água do lago;

$C_{aq}$  – concentração do traçador no aquífero;

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

- *Caracterização da Água Bruta*





Tabela 1 – Tabela da caracterização da água bruta.

Parâmetros Analisados	Água Bruta
Cor Ap. (uH)	137,6(31)*
Cor V. (uH)	53,8(15)*
Cond. (µS/cm)	23,1(2,6)**
Ferro T. (mg/L)	0,46(0,2)**
Manganês (mg/L)	0,11(0,03)**
Turbidez (uT)	15,4(10)*
STD (mg/L)	0,011(0,001)**
Alcal. (CaCO <sub>3</sub> mg/L)	17,7(3,9)**
Nitrito (mg/L)	0,008(0,003)**
Nitrato (mg/L)	0,34(0,34)**
Colif. Tot. (NMP/100ml)	10318(8986)**
E. Coli (NMP/100ml)	142(146)**
Absorbância (254nm)	0,094(0,0007)**
pH	7,3(0,4)**
OD (mg/L)	8,9(0,3)**

\*Valores médios de 89 dias de coletas, não consecutivos.

\*\*\*Valores médios de coletas realizadas em janeiro, fevereiro e março de 2009.

Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Dentro do que se esperava para um lago de piscicultura extensiva, os valores de cor e turbidez se encontram elevados devido a sólidos dissolvidos e em suspensão presentes na água, conforme mostra a Tabela 1 da caracterização da água bruta. A concentração de ferro pode ser um indicador de que o solo local pode haver maiores concentrações deste metal, elevando assim este parâmetro na água filtrada em margem. Devido ao baixo coeficiente de permeabilidade do fundo do lago, os parâmetros ferro e manganês deverão também se elevar por causa da deficiência de oxigênio dissolvido que deverá ocorrer na passagem da água do lago nos sedimentos do mesmo Stuyzand *et al.*, (2006). Tal deficiência ocorrerá devido ao consumo do mesmo por microrganismos e reações redox no solo e pela colmatação do fundo do manancial como Stuyzand *et al.*, (2006) avaliou quando há tempos de residência elevados. Bourg e Bertin (1993) constataram que próximo às margens do manancial de superfície existe uma zona de redução, onde há a diminuição do oxigênio dissolvido e nitrato e aumento do manganês. As concentrações de coliformes totais e termotolerantes, deverão diminuir drasticamente segundo autores e Shamrukh *et al.*, 2008 e Dash *et al.*, 2008, onde reportaram uma remoção de 99% de coliformes totais e 100% de termotolerantes e 96% de coliformes totais, respectivamente. A presença de ácidos húmicos medida através da absorbância 254nm mostrou-se baixa caracterizando uma água de baixa concentração de matéria orgânica dissolvida, porém provavelmente ocorrerá ainda remoção conforme constatado por Kuehn e Mueller, (2000); Wang, (2002); Hiscock e Grischek (2002); Amy *et al.*, (2006) e Sens *et al.*, (2006).

- *Investigação Hidrogeológica I - Sondagem de Solo*

O perfil geológico dos pontos 1, 2 e 3 pode ser observado na Figura 5 e acompanhado na Figura 1. Para o P1 selecionou-se a terceira camada por apresentar alto grau de areia grossa e camada espessa (cerca de 0,40 m) bem como coeficiente de porosidade de 35% a 40%, para o teste de permeabilidade hidráulica. No P2 não se selecionou nenhuma amostra, pois este ponto apresentou similaridades ao P1. No P3 selecionou-se a terceira camada por apresentar um bom grau de areia grossa e fina e camada espessa (1,80 m) e coeficiente de porosidade em torno de 35% a 40%, para teste de condutividade hidráulica.

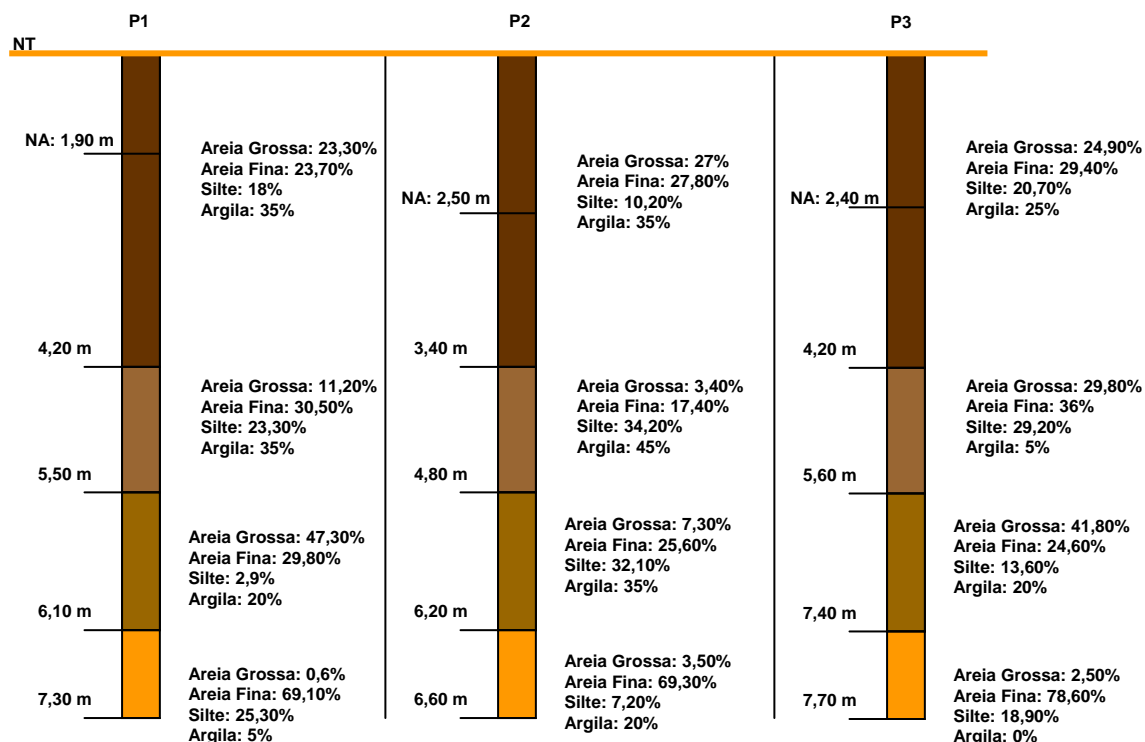


Figura 5 – Figura demonstrativa do perfil do solo nos pontos 1, 2 e 3.

O ponto 4, localizado em um pequeno apêndice que avança para o interior do lago, apresentou resultados interessantes no grau de areia fina (91,30%) na segunda camada de solo (0,9 m de espessura), baixo teor de silte e argila e coeficiente de porosidade em um intervalo de 30% a 35%. Este ponto, foi considerado o melhor do ponto de vista da filtração em margem, pois teoricamente, recebe contribuição do lago de quase todos os lados, além disso, apresentou alto grau de areia fina na segunda camada; a última (quarta camada) também se mostrou interessante pois apresentou alto grau de areia grossa e fina (1,20 m de espessura), o que possibilita o afundamento do poço em caso de pouca produtividade, desta maneira possibilitando aumentar a carga hidráulica (Figura 6).



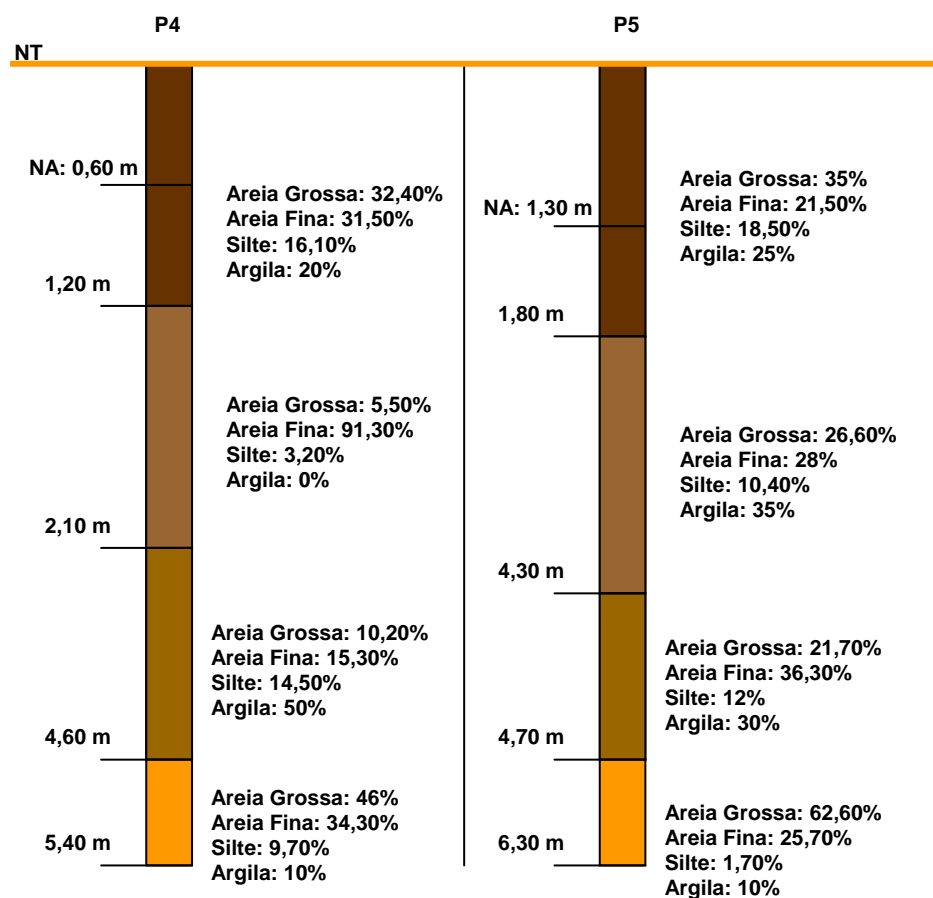


Figura 6 – Figura demonstrativa do perfil do solo nos pontos 4 e 5.

O ponto 5, localizado na margem direita, mostrou-se muito interessante com seu alto grau de areia grossa na última camada de solo e porosidade em torno de 35% – 40% (1,6 m de espessura), porém este se localiza em um local que apresenta acentuada elevação que poderia interferir na produção do poço, pois este receberia grande influência do escoamento sub-superficial que possivelmente o atingiria, não ocorrendo assim o fenômeno da filtração em margem (Figura 6).

No entanto, apenas o teste granulométrico não fornece resultado decisório, portanto, realizou-se também teste de condutividade hidráulica para escolha da localização do poço. Para tanto, selecionou-se as camadas: 3 do ponto 1; 3 do ponto 3; 2 e 4 do ponto 4; e 4 do ponto 5.

- *Investigação Hidrogeológica II - Avaliação da condutividade hidráulica do solo e do sedimento do fundo do lago*

Os resultados das análises de condutividade hidráulica saturada com as amostras selecionadas podem ser observados na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Ensaio de condutividade hidráulica saturada das amostras da sondagem do solo.

Amostras	Camada	Tipo	Nº de Ensaios	Valor de (K) médio (cm/s)
Ponto 1	3	Nível Variável	3	$6,9 \times 10^{-4}$
Ponto 3	3	Nível Variável	1	$3,5 \times 10^{-5}$
Ponto 4	2	Nível Constante	3	$5,4 \times 10^{-2}$
Ponto 4	4	Nível Variável	8	$8,8 \times 10^{-4}$
Ponto 5	4	Nível Variável	4	$7,4 \times 10^{-4}$



A camada 2 do ponto 4, apresentou coeficiente de condutividade de  $5,4 \times 10^{-2}$  cm/s utilizando o permeâmetro de nível constante, que segundo Yassuda (1978) e Marangon (2006), é considerado um aquífero de boa permeabilidade. Amy *et al.*, (2006), recomenda uma faixa de  $3,5 \times 10^{-4}$  a  $4,2 \times 10^{-2}$  cm/s. Desta forma, escolheu-se o local situado no furo 4 para a perfuração do poço de produção.

Posteriormente, foi realizado o teste de condutividade hidráulica saturada de amostras do fundo do lago para assim avaliar o potencial de infiltração de água do lago no solo e, conseqüentemente, no poço de produção. O resultado do teste pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Ensaio de condutividade hidráulica saturada das amostras do sedimento do lago.

Amostra	Tipo	Nº de Ensaios	Valor de (K) médio (cm/s)
Ponto 1	Nível Variável	2	$1,04 \times 10^{-6}$
Ponto 2	Nível Variável	1	$2,61 \times 10^{-7}$
Ponto 3	Nível Variável	1	$2,75 \times 10^{-7}$
Ponto 4	Nível Variável	3	$1,75 \times 10^{-6}$
Ponto 5	Nível Variável	2	$2,18 \times 10^{-7}$
Ponto 6	Nível Variável	1	$1,7 \times 10^{-7}$
Ponto 7	Nível Variável	3	$1,72 \times 10^{-4}$
Ponto 8	Nível Variável	2	$1,46 \times 10^{-6}$
Média Geral:			$2,22 \times 10^{-5}$

Nota-se na acima, que os valores de condutividade hidráulica das amostras do fundo do lago de estudo são extremamente baixos, com exceção do ponto 7, que é onde se localiza plantas aquáticas que certamente ajudam na passagem de água pelo solo, aumentando assim sua condutividade. Desta maneira, como pode ser observado, o lago possui em suas margens um coeficiente de condutividade hidráulica médio em torno de  $2,22 \times 10^{-5}$  cm/s, o que segundo Yassuda (1978) representa um aquífero muito pobre do ponto de vista de produção e está fora da faixa recomendada por Amy *et al.*, (2006). Nota-se também que o tipo de teste foi de nível variável, ou seja, para amostras com baixa permeabilidade e o número de ensaios variou conforme experiência, ou seja, quando se notava que amostra seguia o mesmo padrão para um ponto próximo de amostragem, definiu-se realizar apenas um ensaio.

- *Teste de Bombeamento*

O tempo máximo de rebaixamento do poço foi de aproximadamente 25 horas a uma vazão de bombeamento de 0,06 L/s até o nível dinâmico determinado de 1,5 metros a partir do nível estático. O tempo de recuperação total do poço foi de aproximadamente 33 horas, até que alcançasse seu nível hidráulico estático. O resultado do Processo de Pochet para determinar a vazão do poço no seu nível máximo dinâmico determinado foi de 2560 L/d.

- *Avaliação da contribuição de água do lençol freático e da filtrada em margem, do tempo de residência e velocidade de escoamento da água.*

O tempo de residência hidráulico teórico foi avaliado pela equação de Darcy. Obteve-se por este método um tempo de detenção de aproximadamente 70 dias e velocidade de 0,058 m/d, utilizando o coeficiente de permeabilidade médio do fundo do lago ( $2,22 \times 10^{-5}$  cm/s), com rebaixamento máximo estabelecido de 1,5 metros e distância de 10 metros do poço em relação ao lago. Dash *et al.*, (2008), considera um tempo de residência de 60 dias suficiente para inativar bactérias patogênicas a um grau que não forneça risco a saúde humana, porém, o tipo de solo também pode influenciar na qualidade da água filtrada em margem (SENS, 2006; RAY *et al.*, 2002; SOARES, 2005).

Utilizando o balanço de massa proposto por Shamrukh *et al.*, (2008), nota-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4 que em 66 dias de funcionamento o poço produziu em média 25% de água filtrada em margem, sendo que o restante provem do aquífero. Esta proporção também foi verificada por Dash *et al.*, (2008), em um sistema de filtração em margem no Lago Nainital, Índia.



Tabela 4 – Tabela de avaliação do grau de diluição da água filtrada em margem.

Tempo de Operação (dias)	Poço		Aqüifero		Lago		Água Filt. em Margem (%)
	Conc. (mg/L)	Temp. (°C)	Conc. (mg/L)	Temp. (°C)	Conc. (mg/L)	Temp. (°C)	
7	54,98	*	59,98	*	5,24	*	10
66	129,95	*	94,97	*	8,99	*	40
<b>Média:</b>							<b>25</b>

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante do estudo aqui exposto, podemos verificar que a tecnologia proposta tem um grande potencial na produção de água para consumo humano e animal em pequenas comunidades, principalmente na região oeste de Santa Catarina, que é o local que mais tem sofrido com a seca no Estado nos últimos anos.

A caracterização da água bruta nos permitiu verificar que lagos de piscicultura extensiva tem capacidade de absorver a tecnologia proposta mesmo havendo a possibilidade de aumento de alguns parâmetros como ferro, manganês e nitrato. Desta forma recomenda-se que utilize um pós-tratamento para a eliminação destes possíveis contaminantes como a utilização da filtração lenta retrolavável proposta por Emmendoerfer (2006), que avaliou a tecnologia para uso em propriedades rurais de base familiar.

O perfil geológico do entorno do lago, se mostrou muito importante na determinação do local de instalação do poço de produção, pois através deles pudemos avaliar as diferentes camadas do solo local e selecionar as mais interessantes para o teste de condutividade hidráulica saturada.

A análise da condutividade hidráulica saturada das amostras selecionadas do entorno do lago e do sedimento do fundo do mesmo, nos mostraram que a permeabilidade de ambos os lugares são extremamente diferentes e mostra que o fundo do manancial de estudo apresenta-se colmatado, o que dificulta a passagem da água que é induzida ao poço de produção. Conseqüentemente, um percentual de 25% de água filtrada em margem foi obtido pela metodologia apresentada acima. Desta forma, mostramos que a camada de colmatação deverá ser uma barreira na produção de água em maior escala em lagos de piscicultura extensiva. Porém, com uma vazão de aproximadamente 2560 L/d, o poço de produção foi capaz de suprir uma unidade rural de base familiar, apesar da necessidade ainda de monitoramento da qualidade da água filtrada em margem. É importante notar que tal vazão poderá variar dependendo do período de chuvas, como apresentado por Gollnitz *et al.*, (2002), e, conseqüentemente, o grau de diluição da água filtrada em margem. Assim, recomenda-se um estudo da relação da precipitação e da variação da temperatura não só na produção de água filtrada em margem, mas também na qualidade da mesma.

Um tempo de residência teórico obtido de aproximadamente 70 dias e velocidade de 0,057 m/d é apresentado como satisfatório para autores como Dash *et al.*, (2008), que diz que tal tempo é capaz de remover contaminantes que possam ser prejudiciais a saúde humana.

Desta forma, espera-se obter água de qualidade e quantidade capaz de suprir a necessidade animal e/ou humana em períodos de seca com a tecnologia apresentada, com a utilização ou não de um sistema de pós-tratamento como a filtração lenta retrolavável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMY, G.; CARLSON, K.; COLLINS, M.R.; DREWES, J.; GRUENHEID, S.; JEKEL, M. Integrated comparison of biofiltration in engineered versus natural systems. In: Gimbel, R.; Graham, N.J.D.; Collins, M.R. **Recent Progress in Slow Sand and alternative Biofiltration Processes**. IWA Publishing, London, p. 1-11, 2006
2. APHA – **American Public Health Association**. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20º ed. Washington: APHA, 1998.



3. BOURG, Alain C. M.; BERTIN, Clotilde. Biogeochemical Processes during the Infiltration of River Water into an Alluvial Aquifer. **Environmental Science Technology**, Orleans Cedex - França, n. 27, p.661-666, 1993.
4. CANAL RURAL (Org.). **Seca deixa oeste catarinense em situação de emergência**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&action=noticias&id=2351498&ion=noticias>>. Acesso em: 22 abr. 2009.
5. DACACH, Nelson Gandur. Saneamento Básico. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.
6. DASH, R.R. et al. Lake bank filtration at Nainital, India: water-quality evaluation. **Hydrogeology Journal**, Roorkee (India), v. 16, n. 6, p.1089-1099, 27 fev. 2008.
7. DESER, 2004. Departamento de estudos sócio-econômico da região Sul – *A seca em Santa Catarina* 24/03/2004. Disponível em <[http://www.deser.org.br/noticias\\_read.asp?id=775](http://www.deser.org.br/noticias_read.asp?id=775)>. Site pesquisado em 20/04/2009, às 11:02h.
8. EMMENDOERFER, M.L. – **Filtração lenta com retrolavagem para propriedades rurais de base familiar**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
9. FOLHA ONLINE (Org.) 2006. **Seca deixa 253 cidades do Sul em estado de emergência**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u124335.shtml>>. Acesso em: 22 abr. 2009.
10. GOLLNITZ, W.D. Infiltration rate variability and research needs. Riverbank filtration: Improving source-water quality, C. Ray, G. Merlin and R.B. Linsky eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2002.
11. HISCOCK, K. M., GRISCHEK, T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. **Journal of Hydrology**, v.266, p.139-144, September, 2002.
12. KUEHN, W.; MUELLER, U. Riverbank filtration. An overview. **J. AWWA**, v. 92, n.12, p.60-69, 2000.
13. MARANGON, M. Hidráulica dos Solos. **Mecânica dos Solos II: Hidráulica dos Solos**. Minas Gerais (Juiz de Fora): Núcleo de Geotecnia, 2006. p. 1-23. Apostila.
14. RAY, C.; LINSKY, R. B.; MELIN, G. In: **Riverbank Filtration – improving source-walter quality**, v.43, p.1–15, 2002.
15. SENS, M. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C.; DALSASSO, R. L. – **Relatório técnico do PROSAB 4**. Finep: Rio de Janeiro, 2006.
16. SHAMRUKH, Mohamed; ABDEL-WAHAB, Ahmed. Riverbank filtration for sustainable water supply: application to a large-scale facility on the Nile River. **Clean Technologies And Environmental Policy**, Doha (Qatar), v. 10, n. 4, p.351-358, 11 jan. 2008.
17. SOARES, P. S. MOREIRA; Y.; FREIRE, L.; CARVALHO, D. D. Cetem (centro de Tecnologia Mineral) (Org.). Série Tecnologia Ambiental: Transporte de metais pesados no solo no contexto da disposição de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Cetem, 2005. 29p. Relatório. Disponível em: <[www.cetem.gov.br/publicação/cetem\\_sta\\_33.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicação/cetem_sta_33.pdf)>. Acesso em: 22 março 2006.
18. STUYFZAND, Pieter J.; JUHÁSZ-HOLTERMAN, Maria H.A.; LANGE, Willem J. de. **Riverbank filtration in the Netherlands: well fields, clogging and geochemical reactions**. Netherlands(Amsterdam): Stephen A. Hubbs (Ed.), 2006. p. 119-153.
19. WANG, J. Riverbank filtration case study at Louisville, Kentucky. Riverbank filtration: Improving source-water quality, C. Ray, G. Merlin and R.B. Linsky eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2002.
20. YASSUDA, Eduardo R.; NOGAMI, Paulo S. Captação de Água Subterrânea. In: São Paulo. CETESB.; Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. Vol. I – Abastecimento de Água. 2 ed. São Paulo, CETESB, 1978. Cap. 5, p. 135-204.