

## **SANEAMENTO BÁSICO EM NOVA PETRÓPOLIS/RS: IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO<sup>1</sup>**

*BASIC SANITATION IN NOVA PETRÓPOLIS / RS: PROPOSAL FOR  
DEPLOYMENT OF DECENTRALIZED SYSTEMS FOR TREATMENT  
OF SEWAGE*

**Lúcia Moreira Lanzer<sup>2</sup> e Delmira Beatriz Wolff<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

No município de Nova Petrópolis, a população não é atendida por um adequado sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Uma solução possível para este problema pode passar pelo uso de sistemas descentralizados para o tratamento de esgoto. No presente trabalho, são apresentadas algumas alternativas de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto sanitário como *wetlands* (filtros plantados), reatores por bateladas seqüenciais e filtros percoladores. São analisadas as características de cada sistema de tratamento, para finalmente, propor para uma localidade do município, o loteamento Vale Verde, um tratamento descentralizado adequado, não trivial e de baixo custo que são os filtros plantados com macrófitas - *wetlands* de fluxo vertical.

**Palavras-chave:** esgoto sanitário, tratamento descentralizado, *wetlands*

### **ABSTRACT**

*In Nova Petrópolis town, the population is not assisted by an appropriate sewer collection system and treatment. A possible solution for this problem can be the use of a decentralized sewer treatment systems. In the present work, some alternatives were present to sewer decentralized treatment systems as wetlands (planted filters), sequencing batch reactors and trickling filters. The characteristics of each treatment system are analyzed to propose to a place of the municipal district, Vale Verde, one appropriate and low coast decentralized treatment system, the vertical flow wetlands.*

**Keywords:** wastewater, decentralized treatment, *wetlands*

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação - TFG.

<sup>2</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental - UNIFRA.

<sup>3</sup> Orientadora - UNIFRA - E-mail: delmira@unifra.br.

## INTRODUÇÃO

Nova Petrópolis, cidade localizada na região da serra gaúcha, tem uma área de 291,08Km<sup>2</sup> e população de 19.114 habitantes (IBGE, 2005), sendo que a população urbana possui cerca de 14.000 habitantes. No município não existe, atualmente, um sistema de redes coletoras e tratamento de esgoto sanitário.

A implantação de um sistema de tratamento de esgoto é importante devido a vários fatores, como eliminação de valas de esgoto a céu aberto e a proteção dos mananciais, assegurando o abastecimento de água de melhor qualidade para a população, evitando assim riscos potenciais à saúde bem como a formação de gases mal-odorantes que causam desconforto à população e aos turistas, que constituem um importante fator na economia do município.

Sistema de esgoto pode ser definido como um conjunto de elementos que tem por objetivo a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final tanto do esgoto doméstico quanto do lodo resultante. O sistema de esgotos, portanto, abrange a rede coletora com todos os seus componentes, as estações elevatórias de esgoto e as estações de tratamento de esgoto (von SPERLING, 1996).

Em Nova Petrópolis, observou-se que poucas residências possuem algum tipo de tratamento individual de esgoto doméstico. Verificou-se que, naquelas que possuem tratamento, este é feito por meio de tanque séptico e sumidouro ou lançamento em valas a céu aberto. Isso significa que, como grande parte da população não tem um adequado sistema de tratamento de esgoto, este resíduo é lançado *in natura* no solo ou em valos de drenagem a céu aberto, fatores esses responsáveis por inúmeros impactos sobre os recursos hídricos. Essa situação afeta todos os bairros da cidade, de modo que o esgoto sanitário pode ser considerado como uma fonte importante de poluição do rio Caí.

Considerando a situação econômica dos municípios brasileiros, a questão ambiental atual realmente exige novas alternativas de tratamento de esgotos com baixos custos, porém, com uma elevada eficiência de remoção e uma boa estabilidade. Assim, as estações de tratamento de esgoto descentralizadas, que possam ser realizadas com um menor investimento global e elevada eficiência, despontam como uma solução viável em casos de recursos públicos limitados (HOFFMAN et al, 2004).

Segundo o levantamento de dados do Plano Diretor do Município, o bairro Vale Verde possui aproximadamente 1.500 habitantes, sendo que, dados recentes de pesquisa realizada pela Secretaria Municipal da Saúde (2006), mostram que 99,3% das residências possuem tanque séptico. Este loteamento foi escolhido para a elaboração de um projeto visando a implantação de um sistema de tratamento de esgoto descentralizado adequado.

Neste trabalho o objetivo é elaborar-se um plano de saneamento básico para a região urbana de Nova Petrópolis, por meio da implantação de sistemas descentralizados para a coleta e o tratamento do esgoto sanitário nos bairros da cidade, bem como dimensionar um sistema não trivial para o tratamento descentralizado do esgoto sanitário para um bairro piloto – o Vale Verde.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **SISTEMAS DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADOS**

O tratamento descentralizado é utilizado em pequenas unidades de tratamento de esgoto, que visam solucionar o problema com custos reduzidos. Assim, estações descentralizadas, conforme Hoffman et al. (2004), podem servir para populações de 5 – 10.000 habitantes, como por exemplo, uma ETE que atenda a população de um bairro ou loteamento, como foi proposto no presente trabalho.

Os sistemas de tratamento descentralizados, segundo Hoffman et al. (2004), possuem exigências diferentes daquelas de sistemas centralizados como baixos custos de investimento, baixos custos de operação, operação e manutenção simples, funcionamento robusto e boa eficiência.

Os custos de investimento são determinados pelas dimensões e material de construção do reator, o tipo de equipamento utilizado e o valor do terreno onde a estação será construída. Os custos de operação aumentam quando se verifica uma alta produção de lodo e há necessidade de elevado consumo de energia. A exigência de uma operação e manutenção simples significa que deve existir um planejamento bem praticável, um equipamento resistente de boa qualidade e operação mais simplificada. O funcionamento "robusto" se refere à capacidade de absorver as variações de carga no sistema. Geralmente, ocorrem picos de vazão nas estações descentralizadas e um pico, como uma sobrecarga hidráulica, pode causar problemas biológicos de funcionamento em sistemas que tenham pouca flexibilidade, podendo até causar a diminuição da eficiência do sistema (HOFFMAN et al, 2004).

Neste trabalho, são apresentados três tipos de tratamentos descentralizados, cada tipo tem suas características, dependendo das exigências: primeiro há o sistema do tipo *Wetland*, ou “filtros plantados com macrófitas”. Em segundo, apresenta-se o Reator em Bateladas Sequenciais (RBS). Por último, o tratamento por meio de filtros percoladores.

## SISTEMAS TIPO *WETLANDS*

Os sistemas tipo *wetlands* são classificados em dois tipos: os *wetlands* naturais e os *wetlands* construídos. Os sistemas naturais são os banhados propriamente dito, em que os esgotos a serem tratados podem ser dispostos diretamente nestas áreas de várzea, banhados e pântanos, não havendo nenhum tipo de controle relacionado à infiltração, promove-se, porém, uma depuração biológica e servem como destino final dos esgotos. Os *wetlands* construídos são classificados, de acordo com a literatura, em dois grandes grupos, quais sejam: sistemas de lâmina livre ou escoamento superficial; e sistemas de escoamento sub-superficial – filtros plantados com macrófitas. Subdivisões, dentro desses grupos, foram propostas por pesquisadores, com o propósito de relacionar as finalidades de usos, ou seja, diferentes configurações e princípios de funcionamento foram associados a objetivos como redução de matéria carbonácea, nitrificação, desnitrificação, retenção/remoção de fósforo, entre outros (PHILIPPI; SEZERINO, 2004). No presente trabalho foi, enfatizado o uso de filtros plantados com macrófitas, devido as suas vantagens.

O objetivo principal da implantação dos filtros plantados com macrófitas é submeter o efluente a um tratamento secundário, depois deste ter sido submetido a um pré-tratamento que, no caso estudado, é constituído por tanques sépticos.

### Tanque Séptico

Os tanques sépticos são basicamente decantadores, nos quais os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, permanecendo nesse, tempo suficiente para sua estabilização (von SPERLING, 1996).

São construídos, comumente, com divisão em dois ou três compartimentos, a fim de que o lodo permaneça, em sua maior parte, no primeiro deles, diminuindo o teor de sólidos no efluente final. As paredes divisórias são dotadas de furos e fendas situadas abaixo do nível de água. São dimensionados em função do número de contribuintes e da contribuição diária de cada pessoa, o que depende do seu padrão de renda, de acordo com a ABNT/NBR 07229/93.

## **Generalidades sobre os Filtros Plantados com Macrófitas**

O sistema de escoamento sub-superficial – filtros plantados com macrófitas, conforme Philippi e Sezerino (2004), é uma tecnologia de controle da poluição. Os filtros plantados com macrófitas são sistemas que dispõem de um material de recheio (usualmente, utilizam-se brita, areia, cascalho) de onde o efluente a ser tratado é disposto e irá percolar. As macrófitas empregadas são plantadas diretamente neste material de recheio – também conhecido como material filtrante.

Por se tratarem de sistemas de tratamento de águas residuárias baseados no processo de filtração, o conhecimento das características dos materiais a serem empregados, bem como a utilização de tratamento primário são requisitos fundamentais. O tratamento primário tem o objetivo de maximizar a redução de materiais sólidos grosseiros e gorduras. As alternativas mais empregadas desse tipo de tratamento baseiam-se nos princípios de decantação das águas residuárias no seu estado bruto (recém produzidas), notadamente, sistemas conhecidos como tanques sépticos, ou então em lagoas anaeróbias (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

### **Fluxos hidráulicos**

Segundo Philippi e Sezerino (2004), há possibilidades distintas de indução de fluxos hidráulicos, tais como fluxos horizontais, fluxos verticais e a combinação desses, conhecida como sistemas híbridos. Esses fluxos irão gerar condições específicas de desenvolvimento microbiológico e das macrófitas. A literatura pertinente, baseada na indução de fluxo hidráulico, classifica os *wetlands* de escoamento sub-superficial (filtros plantados com macrófitas) da seguinte maneira: filtros plantados com macrófitas de fluxo horizontal, filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical, e filtros híbridos.

### **Filtros Plantados com Macrófitas de Fluxo Horizontal**

Nesta concepção de *wetlands* construídos, conforme Philippi e Sezerino (2004), o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominada zona de entrada – geralmente composta por brita, de onde irão percolar, vagarosamente, através do material filtrante até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída. Esta percolação tende a seguir na horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo.

Essa forma de *wetlands* construído foi desenvolvida, inicialmente, durante a década de 70, na Alemanha. O primeiro sistema de fluxo

horizontal entrou em operação, em 1974, em Othfresen, Alemanha, sendo chamado de processo de zona de raízes. A macrófita utilizada, nessa zona de raízes, continua sendo amplamente empregada ao longo de toda a Europa; é conhecida popularmente como junco comum – *common reed* (*Phragmites australis*). Contudo, outras espécies de juncos como *Phragmites arundinacea* e *Glyceria máxima*, bem como as taboas – *cattail* (*Typha spp.*), são frequentemente usadas (IWA SPECIALIST GROUP ON USE OF MACROPHYTES, 2000).

Nos sistemas de fluxo horizontal, o processo de depuração e transformação dos elementos físicos, químicos e biológicos dos esgotos, dá-se por meio de uma combinação de elementos e mecanismos. O princípio básico é a formação de biofilme aderido a um meio suporte e raízes das plantas, em que comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios irão depurar a matéria orgânica e promover a transformação da série nitrogenada (nitrificação e desnitrificação). O oxigênio requerido é suprido pelas macrófitas. Este sistema possui, de forma geral, boa *performance* na remoção da matéria orgânica – DBO e SS e nitrificação / desnitrificação (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

### **Filtros Plantados com Macrófitas de Fluxo Vertical**

Os sistemas de fluxo vertical são módulos escavados no terreno, com superfície plana, preenchidos com um material de recheio - material filtrante, composto, na maioria das vezes, por camadas de areia e brita. Possuem impermeabilização de fundo, a fim de impedir que o efluente a ser tratado possa percolar para camadas mais profundas do solo e atinjam o lençol freático.

Da mesma forma como os *wetlands* de fluxo horizontal, as macrófitas emergentes são plantadas diretamente no material de recheio sendo o efluente disposto, intermitentemente, sob a superfície do módulo, inundando-o, percolando verticalmente ao longo de todo o perfil vertical do módulo de tratamento, sendo coletado no fundo por meio de um sistema de drenagem/coleta (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Os primeiros estudos com sistemas de fluxo vertical também começaram na Alemanha, durante a década de 70. Inicialmente, foram chamados por Siedel de *Max Planck Institute Process*. No entanto, a denominação mais aceita na comunidade científica é *vertical constructed wetlands*. Essa concepção de tratamento é equivalente aos “clássicos” filtros de areia, em que o princípio de crescimento de microrganismo – biofilme aderido a um meio suporte é evidente (METCALF; EDDY, 2003).

A forma de aplicação intermitente promove um grande arraste de oxigênio atmosférico para o material filtrante. Quando nova aplicação é realizada, o oxigênio, anteriormente introduzido na massa sólida, se mantém dentro dela e, quando somado a nova quantidade de oxigênio arrastada por essa nova aplicação, a quantidade de oxigênio dentro do material filtrante torna-se suficiente para a degradação da matéria orgânica e a oxidação da amônia (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Nos filtros plantados com macrófitas, há uma introdução de oxigênio no material filtrante promovida pela transferência da parte aérea para as raízes dessas plantas. Contudo, a quantidade de O<sub>2</sub> introduzida pela planta é bem inferior à porção arrastada da atmosfera (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

### **Filtros Plantados com Macrófitas Híbridos**

Os sistemas híbridos, também conhecidos como combinados, são na verdade a associação em série dos dois primeiros – fluxos verticais e fluxos horizontais.

O interesse de tal associação é obter uma boa nitrificação nos filtros verticais que são bem oxigenados, mas também uma desnitrificação nos filtros horizontais onde se encontram boas condições de anoxia necessárias para essa reação. Os rendimentos da desnitrificação são bastante elevados, uma vez que as bactérias desnitrificantes têm necessidade de matéria orgânica (fonte de carbono) para se desenvolver corretamente (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

### **Tanque de Equalização de Vazão**

É necessário que os *wetlands* de fluxo vertical possuam um tanque de equalização de vazão para regular a vazão que deve ser constante na unidade do filtro. O tanque de equalização geralmente recebe os efluentes por gravidade e, em alguns casos, por meio de recalque de várias elevatórias. O formato do tanque deverá ser, obrigatoriamente, de seção quadrada e com profundidade útil de 3,0 a 5,0 metros. As bombas submersíveis e as afogadas são as mais utilizadas, devendo as duas ser instaladas com a mesma potência e em paralelo, funcionando somente uma, enquanto a outra serve como reserva ou rodízio. A entrada e a saída deverão ficar nos cantos opostos do tanque (NUNES, 2004).

**SISTEMAS COM REATOR EM BATELADAS SEQUÊNCIAIS (RBS)**

O sistema de tratamento de esgoto sanitário descentralizado por reator em bateladas seqüenciais (RBS), constitui uma forma especial do processo de lodo ativado. Ao contrário dos processos convencionais de lodo ativado, o RBS tem como princípio permitir que todas as etapas de tratamento sejam realizadas num único tanque, que é carregado de forma descontínua com esgoto após o tratamento primário (Quadro 1). Depois do enchimento, há a aeração do esgoto acontecendo a depuração da matéria orgânica, a eliminação biológica de nutrientes, seja nitrificação, desnitrificação e também a remoção biológica de fósforo, que foi descoberta por Levin e Shapiro (1965), acontece por meio de mudanças contínuas entre as condições aeróbias e anaeróbias no reator biológico, utiliza a capacidade natural de um grupo de bactérias heterotróficas que absorvem a quantidade elevada de fósforo que é eliminado junto com o lodo em excesso (WAREHAM; LEE, 1996; PANSWAD et al, 2001 apud HOFFMAN et al., 2004). Após o enchimento, a aeração é interrompida e iniciada a fase de decantação. Na última fase, o esgoto é retirado e o ciclo é reiniciado com o carregamento do tanque. O processamento necessita da possibilidade de reservar o esgoto que chega continuamente, no decorrer do processo. O método dispõe dos mesmos processos de purificação que os convencionais de lodo ativado, mas com custos reduzidos de implantação e de operação. A automação garante um funcionamento estável com remoção de nutrientes garantida para ETE's grandes e também para unidades menores em residências individuais (5 – 10 habitantes) (HOFFMAN et al, 2004).

**Quadro 1** - Seqüência operacional de um reator em bateladas.

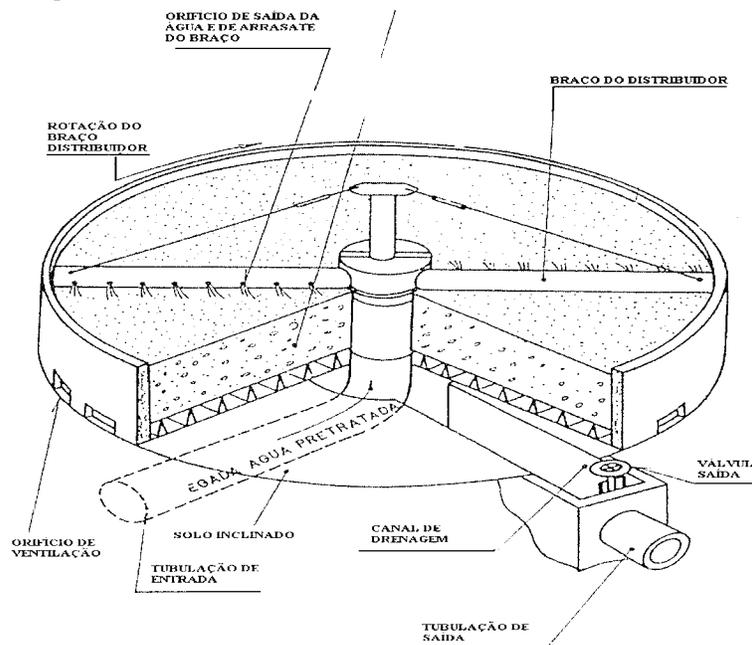
IMAGEM					
FASE DO CICLO	ENCHIMENTO	AERAÇÃO	SEDIMENTAÇÃO	DESCARGA	REPOUSO
OBJETIVO DA FASE	INTRODUÇÃO DO SUBSTRATO	BIODEGRADAÇÃO DO SUBSTRATO	CLARIFICAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	DESCARTE DO EFLUENTE TRATADO	RESERVA DE TEMPO A TRANSFERIR PARA OUTRA FASE, CASO NECESSÁRIO
ESTADO DA AERAÇÃO	LIGADA OU DESLIGADA	LIGADA	DESLIGADA	DESLIGADA	LIGADA OU DESLIGADA

**Fonte:** Santos et a. (2006).

**SISTEMAS COM FILTROS PERCOLADORES**

Os Filtros percoladores constituem um processo de tratamento de esgotos simples de construir e operar. São reatores aeróbios preenchidos com material de alta permeabilidade.

Esse material é um meio suporte sobre o qual se desenvolve uma película de microrganismos, o chamado biofilme, responsável pela depuração dos esgotos (BIANCHETTI, 2002). O tratamento com o biofiltro percolador (Figura 1), utiliza um leito de material rígido, no qual o esgoto escoar em queda livre através do material de enchimento, que pode ser constituído de materiais sintéticos ou rochas vulcânicas, que apresentam uma grande superfície de contato. As bactérias crescem na superfície desse material e formam um biofilme, o qual, dependendo da carga, possui maior ou menor densidade. Um detalhe muito importante é a distribuição uniforme do esgoto com o uso de braços giratórios para evitar a colmatação. A passagem do líquido através do leito ocorre por gravidade, de maneira que o leito de enchimento nunca é submerso e os espaços livres permitem a passagem do ar. Nesse tipo de reator, o biofilme desenvolvido tende a tornar-se espesso, e zonas anaeróbias são formadas no seu interior, então, ocorre o desprendimento do biofilme devido a forças de cisalhamento pela passagem da água nos interstícios do suporte, bem como pela atividade de microrganismos predadores, sendo então, descartado com o efluente final. Daí, a necessidade de uma decantação posterior para cada tipo de filtro percolador. Esse tipo de reator, como sistema de biofilme, permite a aplicação de cargas orgânicas e hidráulicas de pico sem perder a eficiência (HOFFMAN et al., 2004).



**Figura 1.** Filtro percolador. Disponível em: <http://www.miliarium.com/proyectos/Deputadoras/tratamientos/blandos/disen06.gif>

Então, os sistemas de tratamento descentralizados necessitam ter um funcionamento estável e precisam apresentar a mesma eficiência que os sistemas centralizados. No entanto, apresentam baixos custos de implantação e operação. Segundo Hoffman et al. (2004), quanto menor o número de habitantes, mais flexível e robusto deve ser o processo para absorver as variações de carga e vazão, com uma operação mais simplificada.

## **METODOLOGIA**

### **AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL**

Foi realizado um levantamento das características do município, conforme dados do Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental do Município de Nova Petrópolis (2004), sendo coletados os dados de:

- variáveis climáticas;
- disponibilidade local do material filtrante;
- espaço territorial disponível;
- latitude, longitude, altitude;
- geologia e tipo de solos;
- dados populacionais, segundo IBGE (2005).

### **CRITÉRIOS DE ESCOLHA DO SISTEMA DE TRATAMENTO**

Para a escolha do sistema de tratamento a ser proposto para o Bairro Vale Verde, foram considerados:

- conhecimento das condições existentes no município e no Bairro Vale Verde;
- revisão de literatura sobre sistemas descentralizados;
- utilização de sistema não trivial e com baixo custo de implantação, capaz de remover concentrações de carbono e nitrogênio do esgoto doméstico.

### **DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, UTILIZANDO FILTROS PLANTADOS COM MACRÓFITAS DE FLUXO VERTICAL**

O dimensionamento do sistema proposto foi efetuado com base na literatura, sendo constituído de filtros plantados com macrófitas e tanque de equalização de vazão.

### Filtros plantados com macrófitas

Para obter a relação comprimento: largura (que deve ser, no mínimo, 2:1), foram utilizadas as equações 1, 2 e 3. Foi, inicialmente, determinada a área da seção transversal ao fluxo no interior do filtro, por meio da equação 1 (PHILIPPI; SEZERINO, 2004):

$$Q = A_c K_s S p \quad (1)$$

sendo  $Q$  a vazão afluyente ( $m^3/dia$ );  $A_c$  a área da seção transversal ao fluxo no interior do filtro plantado ( $m^2$ );  $K_s$ , a condutividade hidráulica saturada ( $m/dia$ ); e  $S$ , a declividade de fundo ( $m/m$ ).

Como a área da seção transversal é o produto da largura pela profundidade, e isolando-se esta área, obteve-se a largura do filtro, conforme equação 2:

$$L = \frac{A_c}{p} = \frac{Q}{K_s \cdot S \cdot p} \quad (2)$$

sendo  $L$ , a largura do filtro plantado ( $m$ );  $p$ , a profundidade média do filtro ( $m$ );  $Q$ , a vazão afluyente ( $m^3/dia$ );  $A_c$ , a área da seção transversal ao fluxo no interior do filtro ( $m^2$ );  $K_s$  a condutividade hidráulica saturada e  $S$ , o gradiente hidráulico ( $m/m$ ).

Para obter o comprimento, utilizou-se a equação 3:

$$C = 2L \quad (3)$$

sendo  $C$  o comprimento ( $m$ ) e  $L$  ( $m$ ), a largura do filtro.

### Critérios adotados

- Contribuição per capita para construção de esgoto para famílias de baixa renda (conforme a norma ABNT NBR 13969/1997):  $Q = 130L/hab.dia$ .

Constante de reação (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Constante de degradação biológica:  $K_{20} = 0,7$ .

- Porosidade do material filtrante:  $n = 0,35$  a  $0,40$ .

- Área superficial – relação comprimento x largura.

- Profundidade:  $p = 0,70$  m.

- Material filtrante:

diâmetro efetivo:  $d_{10} = 0,35mm$ ;

coeficiente de uniformidade:  $U = 3,5$ ;

condutividade hidráulica:  $K_s = 10^{-4} m.s^{-1}$ .

### Tanque de equalização de vazão

O dimensionamento do tanque de equalização foi feito com o auxílio das equações 4, 5, 6 e 7:

$$V_t = V_q + V_{\min} \quad (4)$$

$$V_q = (Q_e - Q_s)t \quad (5)$$

$$A = \frac{V}{p} \quad (6)$$

$$V_{\min} = hxCxL \quad (7)$$

sendo  $V_t$  ( $m^3$ ) o volume total do tanque;  $V_{eq}$  ( $m^3$ ), o volume de equalização;  $V_{\min}$  ( $m^3$ ), o volume mínimo;  $Q_e$ , a vazão na entrada ( $m^3/s$ );  $Q_s$ , a vazão na saída ( $m^3/s$ );  $t$ , o número de horas de reserva do esgoto;  $A$ , a área do tanque ( $m^2$ );  $p$ , a profundidade (m);  $h$ , a altura (m);  $C$ , o comprimento (m); e  $L$ , a largura do tanque (m).

Adotou-se uma profundidade útil de 3 metros e mais 1 metro de altura suplementar para assegurar a altura mínima de água para a proteção da bomba no tanque de vazão equalizador, de acordo com Nunes (2004).

## RESULTADOS

### SITUAÇÃO ATUAL DO MUNICÍPIO

O modelo de dimensionamento escolhido para aplicação no bairro piloto foi *wetlands* de fluxo vertical, levando-se em consideração variáveis climáticas, disponibilidade local do material filtrante, espaço territorial disponível. Segundo dados do Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental do Município de Nova Petrópolis (2004), as características do município podem ser observadas na tabela 1.

**Tabela 1 – Características do Município de Nova Petrópolis, RS.**

<b>Clima</b>	Subtropical úmido	
<b>Temperatura</b>	mês mais quente > 20°C; mês mais frio < 17°C	
<b>Precipitação</b>	Média anual oscila entre 1.600 e 1.800mm	O máximo pluviométrico ocorre no inverno e o mínimo no verão
<b>Latitude</b>	29°22'55" S	
<b>Latitude</b>	51°11'29" N	
<b>Altitude</b>	Máxima de 802m e média de 604m	No centro da cidade é de 590m acima do nível do mar
<b>Coordenadas UTM</b>	X = 0489141 e y = 6750363	
<b>Geologia</b>	Formação Botucatu e Formação Serra Geral	
<b>Solo</b>	Alissolos, neossolos, cambissolos e chernossolos	
<b>Vegetação</b>	23.416,11ha de cobertura florestal; 954,27ha de lavouras; 2.607,21ha de potreiros (culturas animais, principalmente bovinocultura); 426,78ha de área construída.	

**Tabela 2 – Saneamento básico em Nova Petrópolis.**

Saneamento	%
Abrangência de Rede de Água Centro e Bairro Interior	100 (CORSAN) 40
Coleta de Resíduos Sólidos	98
Abrangência de Rede de coleta e Tratamento de Esgoto	zero

Observa-se na tabela 2 que, no que se refere ao abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos, o saneamento básico na cidade de Nova Petrópolis possui uma elevada abrangência de atendimento, mas com relação ao sistema de esgoto sanitário, apresenta-se deficiente.

## DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA TIPO *WETLANDS*

O sistema deverá ser constituído por dois filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical (*wetlands*), devido às características topográficas da área em que o bairro está implantado, sendo o sentido de escoamento traçado de modo que todo o sistema de coleta deverá ser por gravidade, evitando-se os custos de implantação e operação da estação elevatória. Os filtros deverão ser executados com alvenaria de tijolo maciço e argamassa com impermeabilizante para evitar a infiltração e contaminação do lençol freático. Para equalizar a vazão de alimentação que deverá ser intermitente, os filtros deverão ser precedidos por um tanque de equalização. O bairro possui, aproximadamente, 1.500 habitantes, sendo que cada filtro foi dimensionado para atender a uma população de 750 habitantes e foram implantados como se mostra na figura 2. Neste trabalho, foi apresentado apenas o dimensionamento de um tipo de sistema descentralizado para tratamento de esgoto em um bairro piloto, como parte da proposta para o saneamento básico da cidade. Não foi apresentado o projeto executivo nem o estudo de custo para a implantação deste sistema.



Wetlands de fluxo vertical

**Figura 2** – Bairro piloto com implantação dos *wetlands*.

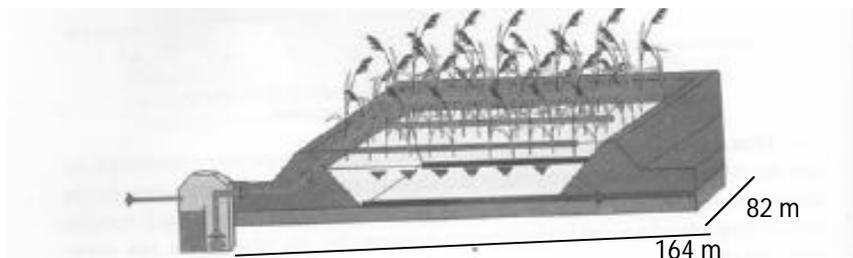
### 2.1 Dimensões do filtro plantado com macrófitas

A tabela 3 mostra as dimensões de cada filtro plantado com macrófitas, calculadas de acordo com as equações 1,2 e 3.

**Tabela 3.** Dimensões do filtro plantado com macrófitas

Dimensões	
Área da seção transversal (m <sup>2</sup> )	57
Largura (m)	82
Comprimento (m)	164
Profundidade (m)	0,70

O dimensionamento dos filtros plantados com macrófitas apresentou a relação comprimento: largura de 164:82 (2:1), com profundidade de 0,70m, como pode ser visto na figura 3.



**Figura 3** – Relação comprimento:largura do *wetland* de fluxo vertical.

Esse resultado está em conformidade com o preconizado por Philippi e Sezerino (2004), sendo que a implantação dos dois filtros deverá assegurar um adequado tratamento do esgoto sanitário do Bairro Vale Verde.

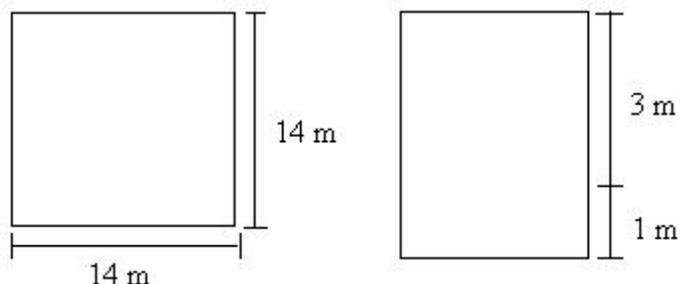
#### **Dimensões do tanque de equalização**

Os volumes e as vazões do tanque de equalização foram calculados de acordo com as equações 4, 5, 6, 7 e 8, cujos resultados são mostrados na tabela 4.

**Tabela 4:** Dimensões do tanque de equalização

Dimensões	
Volume útil (m <sup>3</sup> )	781
Área (m <sup>2</sup> )	195
Largura (m)	14
Comprimento (m)	14
Profundidade (m)	4

O dimensionamento do tanque de equalização de vazão apresentou a relação comprimento = largura = 14 m, com profundidade de 3,0m e total de 4m, sendo 1m deixado por segurança, para porteção da bomba, como pode ser visto na figura 4.



**Figura 4:** Relação comprimento:largura e profundidade do tanque equalizador de vazão (sem escala).

Essas dimensões atendem à vazão para a população do Bairro Vale Verde, assegurando uma adequada alimentação do filtro plantado com macrófitas.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados levantados para o Município de Nova Petrópolis, conclui-se que, por ser um município de pequeno porte, com uma população urbana de cerca de 14000 habitantes, torna-se viável e interessante a colocação de sistemas descentralizados, para o tratamento de esgoto sanitário, que podem ser implantados com um menor investimento global, porém com elevada eficiência e robustez.

Cada bairro deve ser analisado para permitir a escolha do sistema específico a ser implantado. No centro, pode ser empregado um sistema de coleta e tratamento de esgoto centralizado, atendendo toda a população e prevendo, ainda, os acréscimos de vazão devido ao grande número de turistas (população flutuante).

Para o Bairro Vale Verde, que possui, 1500 habitantes, os quais, na maioria das residências, já tem um pré-tratamento com tanque séptico, foi proposta a implantação de um sistema de filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical (*wetlands*), dividido em duas unidades com área de  $57\text{m}^2$ , por ser um sistema robusto, de baixo custo de implantação e manutenção, porém eficiente na remoção de carbono e nitrogênio, precedidos por um tanque de equalização de vazão, com volume útil de  $78\text{Im}^3$ .

Recomenda-se, na continuidade do estudo, a elaboração do projeto executivo e estudo de custos do sistema, fatores fundamentais para a tomada de decisão e implantação do sistema apresentado.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 07229**: projetos, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 13969**: tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BIANCHETTI, F.J. **Filtros percoladores**: opção para o saneamento básico no Brasil? O passado, contexto atual e perspectivas futuras. In: XI SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG. NOVEMBRO, 2002.

HOFFMAN, Heike et al. **Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos)**. In: SEMINÁRIO ICTR – INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Costão do Santinho, p. 715, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo 2000, 2005.

IWA SPECIALIST GROUP ON USE OF MACROPHYTES IN WATER POLLUTION. **Constructed wetlands for Pollution Control**: Processes, Performance, Design and Operation. In: SCIENTIFIC AND TECHNICAL REPORT, n. 8. London, England: IWA Publishing. p. 156, 2000.

METCALF E EDDY. **Wastewater Engineering**: Treatment, Disposal and Reuse. 3. ed., New York, USA: Metcalf e Eddy. p. 1334, 1991.

MILIARIUM. Disponível em: <http://www.miliarium.com/proyectos/Deputadoras/tratamientos/blandos/disen6.gif>. Acesso em: 06/11/2006.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. ed., Aracaju, Sergipe, 2004.

PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL. Prefeitura Municipal de Nova Petrópolis, Nova Petrópolis, 2004.

PHILIPPI, Luiz Sérgio; SEZERINO, Pablo Heleno. **Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias**: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis: UFSC, 1. ed., 2004.

SANTOS, Rafael Carvalho de Oliveira; FILHO, Olavo Barbosa; GIORDANO, Gandhi. **Proposta de um método racional para o dimensionamento de reatores de tratamentos de esgotos por lodos ativados em bateladas para remoção de matéria orgânica**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ, p. 153 – 161, Rio de Janeiro, 2006.

SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE. Prefeitura Municipal de Nova Petrópolis, Nova Petrópolis, 2006.

von SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1., 2. ed., Belo Horizonte: UFMG, 1996.

HOFFMAN, H. et al. Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos). **Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR**, Costão do Santinho, p. 715, 2004.