

TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS POR DISPOSIÇÃO NO SOLO PELO MÉTODO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Ana Cláudia Ribeiro Franco*
Carolina Guimarães Resende Gobbo**
Giovani Luiz de Melo***
Vinícius Arcanjo da Silva****

RESUMO: O sistema de tratamento de esgotos domésticos por escoamento superficial é considerado um nível secundário de tratamento, onde a aplicação do esgoto é realizada sobre o solo, de forma distribuída, na parte superior de um terreno com uma determinada declividade, através da qual o esgoto escoar até atingir uma canaleta ou um corpo receptor. A aplicação foi feita de forma intermitente. No sistema observado na estação de tratamento do CODAU, o solo utilizado foi argiloso e de baixa permeabilidade. A inclinação média do terreno foi de, aproximadamente, 10%. Na área de disposição do efluente foi utilizado o capim tifton (*Cynodon dactylon*) que garante o aumento da taxa de absorção dos nutrientes disponíveis no solo e a perda de água por evapotranspiração. A vegetação ainda tem por objetivo aumentar o tempo de residência do efluente no solo, funcionando como uma barreira ao livre escoamento, evitando a erosão e retendo os sólidos em suspensão. O objetivo deste artigo é encontrar a real contribuição do efluente tratado na ETE CAPIM para o aumento da carga poluidora do Córrego das Toldas, que é o corpo receptor, ou seja, verificar se o método é realmente eficaz nesta situação encontrada no município de Uberaba (MG).

PALAVRAS-CHAVE: Água; Esgoto; Saneamento.

THE TREATMENT OF HOME SEWERAGE BY GROUND SLANT FOLLOWING SURFACE DISCHARGE METHOD

ABSTRACT: Home sewerage treatment system by surface discharge is a second rate treatment where sewerage application occurs on the upper part of the ground at a determined slope so that it slides down into a canal or receiving body. Application

* Pós graduação em Gestão Ambiental no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – UFTM.

** Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM

*** Engenheiro Ambiental pela Universidade de Uberaba - UNIUBE

**** Engenheiro Ambiental pela Universidade de Uberaba – UNIUBE

occurred intermittently and the system under analysis within the CODAY treatment station; the soil was clayey and characterized by low permeability. Mean ground slope was approximately 10% and Tifton grass (*Cynodon dactylon*) was placed at the effluent to guarantee an increase of absorption rate of the nutrients in the soil and loss of water by evaporation-transpiration. Vegetation increased residence time of the effluent in the soil and worked as a barrier against free discharge, avoiding erosion and retaining suspended solids. Current analysis deals with the contribution of the effluent in ETE CAPIM to increase the pollution load of the Córrego das Toldas, the receiving body, or rather, to verify whether the method is really efficient for the situation in the municipality of Uberaba MG Brazil.

KEY WORDS: Water; Sewerage; Treatment.

INTRODUÇÃO

O termo esgoto é usualmente utilizado para referenciar despejos em geral, podendo estes serem de origem doméstica, industrial, comercial, de áreas agrícolas, etc. Alguns autores também utilizam a denominação de águas residuárias, que é a tradução literal de *wastewater*, muito utilizada no inglês (SILVA, 2004).

Os tratamentos convencionais de esgotos são divididos em três etapas: tratamento preliminar, primário e secundário. O sistema de tratamento de esgotos domésticos por escoamento superficial é considerado um nível secundário e consiste em aplicar o esgoto sobre o solo, de forma distribuída, e geralmente é feito na parte superior de terrenos com uma determinada declividade, através da qual o esgoto escoar até ser coletado pelas valas de coleta na parte inferior. A aplicação é feita de forma intermitente (CORAUCCI FILHO, 2006).

Os solos indicados para esse tipo de sistema são os de baixa permeabilidade, como os argilosos, por exemplo. A inclinação deve ser moderada, algo entre 2 e 8% de declividade. É essencial que sejam usadas culturas em crescimento na área de disposição do efluente, o que aumenta a taxa de absorção dos nutrientes disponíveis no solo e a perda de água por evapotranspiração. A vegetação ainda aumenta o tempo de residência do efluente no solo, funcionando como uma barreira ao livre escoamento, evita a erosão e retém os sólidos em suspensão. As gramíneas mais

utilizadas para esse tipo de tratamento são a *Brachiaria humidicola* e o *Tifton* (VON SPERLING, 2005).

Esse tipo de tratamento reduz consideravelmente a carga poluidora do efluente, e quando ele atinge o corpo receptor localizado abaixo do terreno, após todo o percurso do escoamento superficial, o efluente já está enquadrado dentro dos parâmetros necessários para descarte (CERQUEIRA, 2004).

Os corpos d'água, fontes de importante recurso, a água, e, ao mesmo tempo, receptores dos rejeitos da vida contemporânea, têm uma determinada capacidade de autodepuração onde em muitos casos esta é excedida, comprometendo assim cada vez mais sua qualidade e evidenciando a necessidade de um tratamento eficiente para os efluentes. A legislação brasileira, atentando para esta necessidade, apresenta, nos diversos estados brasileiros, padrões de lançamento e efluentes nos corpos d'água, e estes tendem a ser cada vez mais restritivos (BRANCO, 1986).

No Brasil, a maior parte dos esgotos domésticos gerada não é submetida a nenhum tipo de tratamento, e sua disposição nos corpos d'água é feita de forma *in natura*, o que acarreta uma série de complicações para os corpos d'água. Um dos grandes desafios é tentar melhorar essa situação através de alternativas de tratamento que sejam razoavelmente eficientes e que apresentem baixo custo, características nas quais se enquadra o sistema de tratamento de esgotos domésticos por escoamento superficial (CORAUCCI FILHO, 2006).

A disposição de efluentes no solo é uma forma de tratamento praticada há muito tempo, referências dessa utilização são encontradas até mesmo antes da era cristã. Trata-se de um sistema simples e eficiente, sendo que o tratamento ocorre por mecanismos naturais que envolvem processos físicos, químicos e biológicos. O sistema apresenta ainda baixo custo de implementação e operação, tornando-se assim uma alternativa viável (KLUSENER FILHO, 2001).

O sistema de tratamento de esgotos por escoamento superficial pode minimizar a carga poluidora do efluente final de forma significativa, para que o impacto gerado com o lançamento do efluente tratado seja mínimo (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Cerqueira (2004), os efluentes provenientes das atividades humanas assumem características ímpares de acordo com o uso que sofreram e

quando devolvidos ao meio ambiente acabam por alterar as propriedades do corpo hídrico receptor podendo resultar em poluição, eutrofização, contaminação por microrganismos patogênicos, entre outras consequências não desejáveis.

Este artigo teve como objetivo estudar o sistema de tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo pelo método de escoamento superficial da Estação de Tratamento de Efluentes CAPIM, da cidade de Uberaba (MG), a fim de avaliar a contribuição da carga de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica para o corpo receptor localizado abaixo da unidade operacional de tratamento de esgoto sanitário.

2 SITUAÇÃO ATUAL SOBRE O ESGOTO NO BRASIL

A mudança da vida rural para a urbana levou a implantação dos sistemas públicos de coleta de esgotos, ampliando-se a disposição dos mesmos nos corpos d'água, continuando distante qualquer preocupação maior com o lançamento *in natura* e o processo natural de autodepuração dos corpos receptores. O exemplo do que acontece nos processos naturais de autodepuração dos corpos de água, os esgotos brutos ou tratados, ao serem lançados no solo, têm sua carga poluidora reduzida por processos físicos, químicos e biológicos. Para compreendê-los, é necessário entender que o solo é mais do que um simples meio físico formado por substâncias minerais e orgânicas que, juntamente com a vegetação superior, a energia solar e a água, garante a continuidade de um dos ciclos mais extraordinários da natureza, que é a transformação da matéria orgânica em energia renovável (PAGANINI, 2003).

De acordo com a Tabela 1, no Brasil, dos 52,2% dos municípios que têm esgotamento sanitário, 32,0% têm serviço de coleta e 20,2% coletam e tratam o esgoto. Em volume, no país, todos os dias, 14,5 milhões m³ de esgoto são coletados, sendo que 5,1 milhões m³ são tratados (IBGE, 2000).

Tabela 1. Proporção de municípios, por condição de esgotamento sanitário, segundo as Grandes Regiões – 2000

Grandes Regiões	Sem coleta (%)	Só coleta (%)	Coletam e tratam (%)
Norte	92,9	3,5	3,6
Nordeste	57,1	29,6	13,3
Sudeste	7,1	59,8	33,1
Sul	61,1	17,2	21,7
Centro-Oeste	82,1	5,6	12,3
Brasil	47,8	32	20,2

Fonte: Adaptado de IBGE, 2000

2.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS

O esgoto doméstico é a água empregada nas atividades domésticas, que se modifica em um resíduo líquido, conhecido como esgoto, podendo causar sérios problemas, tanto ao meio ambiente, como à saúde da população (MANOSSO, 2008).

O esgoto doméstico é formado por 99,9% de água. A fração resultante contém sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e diluídos, além de microrganismos, e justamente por causa dessa fração de 0,1% que se faz necessário o tratamento de esgotos (MATOS, 2005).

O resíduo líquido doméstico (esgoto doméstico) é constituído de água de lavagem e dejetos com aproximadamente 99% de água, 300 mg/L de material em suspensão, ou seja, celulose em maior proporção, partículas de sólido, 500 mg/L de material volátil. Já o grosso da matéria orgânica é desenvolvido por ácidos graxos, carboidratos, proteínas, além de normalmente produzir um mau cheiro associado, devido à decomposição das proteínas sob condições anaeróbias (MARQUES, 2008).

Os esgotos domésticos têm temperatura ligeiramente superior à da água de abastecimento, por conta de alguns fatores como a atividade microbiana e velocidade das reações químicas; possui coloração variando do cinza claro ao cinza escuro. O odor é geralmente marcante e fétido, devido ao gás sulfídrico e a outros dejetos em decomposição. A turbidez é causada pela alta concentração de sólidos em suspensão (VON SPERLING, 2005).

2.2 PARÂMETROS DE CONTROLE

Existem alguns parâmetros que devem ser rigorosamente controlados para prevenir-se de alguns incidentes desagradáveis, como: gases mal cheirosos, doenças, o crescimento desordenado de plantas aquáticas, a má aparência panorâmica, mortes de corpos vivos em água, danos no tratamento de água e a presença dos corpos de água inadequados para recreação e irrigação. Uma comparação dos principais parâmetros de controle de um esgoto doméstico não tratado e um tratado pode ser observada na Tabela 2 (MARQUES, 2008).

Tabela 2. Comparação dos principais parâmetros de controle de um esgoto doméstico não tratado e um tratado

Parâmetros (mg/L)	Não tratado	Tratado
DBO	100 - 250	5 - 15
DQO	200 - 700	15 - 75
Fósforo Total	6 - 10	0,2 - 0,6
Nitrogênio	20 - 30	2 - 5

Fonte: Adaptado de Marques (2008)

2.3 POLUIÇÃO POR MATÉRIA ORGÂNICA

A concentração de populações em regiões onde existe água em disponibilidade, como próximo a rios e lagos, deu origem à contaminação dos cursos d'água pelo despejo de dejetos domésticos e industriais (BRANCO, 1986).

O lançamento direto de efluentes contendo alta carga de matéria orgânica em um corpo d'água acarreta indiretamente no consumo de oxigênio dissolvido (OD). Fato esse que se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais consomem o OD presente na água para a sua respiração. O decaimento da concentração de OD tem diversas causas considerando o ponto de vista ambiental, resultando em um dos principais problemas de poluição de corpos d'água atualmente (VON SPERLING, 2005).

A poluição por matéria orgânica pode favorecer à condição anaeróbica, devido à redução da concentração de OD no meio líquido e alterar as características do ciclo biodinâmico de um corpo d'água. Constitui ainda fonte de compostos

micronutrientes essenciais à vida de certos microrganismos aquáticos (BRANCO, 1986).

2.4 CONTAMINAÇÃO POR MICRORGANISMOS PATOGENICOS

O fator higiênico é um dos mais importantes aspectos de poluições das águas, e está diretamente associado à veiculação hídrica de doenças. Quando um esgoto é lançado em um corpo d'água receptor, este, por sua vez, pode incorporar por si uma gama de agentes transmissores de doenças, fato este que pode gerar um impacto à biota do corpo d'água, mas compromete, sobretudo, a qualidade e o potencial de uso para fins de abastecimento público, água potável, irrigação e balneabilidade (VON SPERLING, 2005).

O conhecimento do comportamento de agentes transmissores de doenças em um corpo d'água é muito importante para a tomada de decisões sobre locais de captação e métodos de tratamento. Sabe-se que a maioria desses agentes tem no trato intestinal humano as condições ótimas para o seu crescimento e reprodução.

As bactérias do grupo termotolerantes são as mais utilizadas como indicadores de contaminação fecal, ou seja, indica se a água sofreu contaminação por fezes, e conseqüentemente, se oferecerá potencial de transmissão de doenças. Algumas das doenças causadas por agentes patogênicos presentes no esgoto estão descritas na Quadro 1.

Quadro 1. Algumas doenças causadas pelo esgoto não tratado

Organismo Patogênico	Doenças
Vírus de Hepatite A	Hepatite
Vírus de Poliomielite	Poliomielite
<i>Salmonella typhi</i>	Febre Tifóide
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Salmonella sp</i>	Intoxicação Alimentar
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disenteria amebiana
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase (lombriga)
<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose

Fonte: Adaptado de Marques (2008).

2.5 EUTROFIZAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA

Segundo Von Sperling (2005), eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis elevados que possam causar interferências nos corpos d'água e comprometer seu potencial de uso.

O crescimento indesejável de algas e outras plantas aquáticas se deve ao aumento da concentração de nutrientes, especialmente Nitrogênio e Fósforo que são limitantes para a ocorrência desse fenômeno. Nos ecossistemas aquáticos a eutrofização pode ser natural (processo lento, porém contínuo) ou artificial (provocada pelo homem) (CARVALHO, 2009).

Este enriquecimento artificial produz mudanças na qualidade da água, como a redução de oxigênio dissolvido, aumento do custo de tratamento da água para consumo, morte extensiva de peixes, decréscimo na diversidade de espécies da comunidade fitoplanctônica e aumento da incidência de florações de microalgas, especialmente de cianobactérias (TUNDISI; TUNDISI, 1992).

A definição a seguir ilustra a admissível evolução do processo de eutrofização em um corpo d'água, como um lago ou represa (Figura 1). O nível de eutrofização está frequentemente conectado ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica.

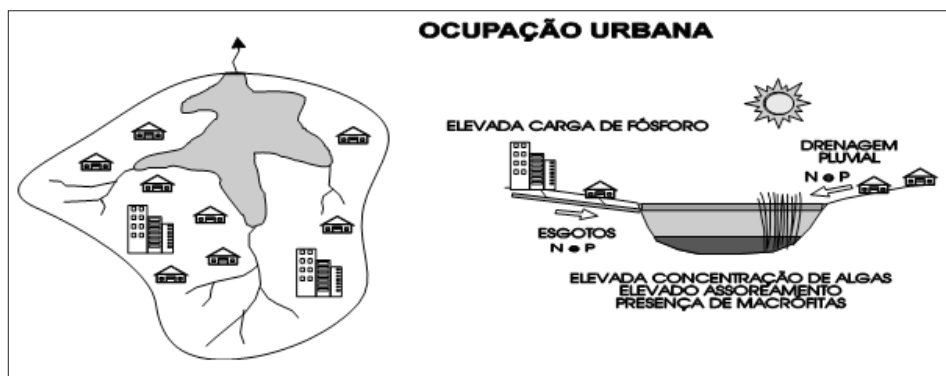


Figura 1. Ocupação Urbana
Fonte: Von Sperling (2005)

A maior quantia de deterioração está associada aos esgotos derivados das atividades urbanas. Os esgotos têm nitrogênio e fósforo, encontrados nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de N e P através dos esgotos é bem elevada à contribuição originada pelo escoamento superficial da drenagem urbana (VON SPERLING, 2005).

As águas naturais quando fertilizadas pelo incremento de sais de nitrogênio e fósforo, originários frequentemente do lançamento de esgotos *in natura* ou mesmo tratados, é considerada poluição diante da perspectiva da engenharia sanitária, considerando a superprodução de algas e formação, na água, de uma massa de material nem sempre desejável e geralmente prejudicial por vários motivos (BRANCO, 1986).

Tundisi e Tundisi (1992) afirmam que as condições anaeróbias em um corpo d'água são provenientes do crescente da produtividade do corpo d'água em função da elevação da concentração de bactérias heterotróficas, que se nutrem da matéria orgânica das algas e de outros microrganismos mortos, consumindo oxigênio dissolvido do meio líquido. No fundo do corpo d'água prevalecem condições anaeróbias, devido à sedimentação da matéria orgânica, e à reduzida penetração do oxigênio a estas profundidades, bem como à falta de fotossíntese (ausência de luz). Isso acarreta uma série de problemas tais como:

- Frequentes florações das águas;
- Crescimento excessivo da vegetação;
- Distúrbios com mosquitos e insetos;
- Eventuais maus odores;
- Eventuais mortandades de peixes.

Embora um corpo d'água passivo de eutrofização venha a se tornar mais produtivo, considerando o aumento da população de peixes no início, a degradação de seus parâmetros de potabilidade ou mesmo estéticas, podem resultar em sérios prejuízos desse processo, o que implica que o mesmo deve ser controlado.

2.5.1 Autodepuração dos Corpos D'Água

Para Branco (1986) geralmente o tratamento de esgoto consiste em oxidá-lo, transformando seus compostos simples em sais minerais e gás carbônico. Essa oxidação pode ser realizada pela reação enzimática promovida por certos organismos que se desenvolvem e proliferam rapidamente no esgoto rico em material orgânico que lhe serve de alimento. Este processo pode ser observado na própria natureza, no decurso de um rio ou no volume de um lago poluído por despejos orgânicos. Este processo é chamado de autodepuração dos corpos d'água, cujo princípio vem sendo analisado criteriosamente a fim de se determinar o potencial depurador de um corpo d'água e para a aplicação do mesmo princípio em técnicas de tratamento de esgotos.

O fenômeno de autodepuração está entrelaçado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após alterações induzidas pelo despejo de afluentes. Isto considerando que não haja prejuízos para a fauna e flora que habitem o corpo d'água. O conceito de autodepuração é relativo como o de poluição. Dependendo do ponto de vista uma água pode ser considerada depurada, mesmo não estando completamente purificada em termos higiênicos, podendo ainda, por exemplo, apresentar organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005).

Os corpos d'água têm capacidade de autodepuração em consequência de fatores físicos como: velocidade das águas, profundidade, vazão, concentração de OD e cascalhamento. Entretanto essa capacidade pode ser alterada pela intervenção do homem, através de barragens, dragagens e outras ações. Dos fatores citados a velocidade da corrente é de uma importância singular, pois exerce influência no tempo de residência das partículas, pelo tempo de transporte até o ponto de deposição ou de assimilação biológica e pela presença de espécies animais e vegetais (PALMA-SILVA et al., 2007).

2.6 NÍVEIS DO TRATAMENTO DOS ESGOTOS

O tratamento de esgoto sanitário solicita não só a construção de uma rede de coleta, mas, além disso, um adequado sistema de tratamento e disposição final.

Quanto ao tratamento, há muitas opções atualmente disponíveis que precisam ser avaliadas segundo critérios de viabilidade técnica e econômica, além de adaptação às morfologias topográficas e ambientais da região (BRANCO, 1986). Dependendo das precisões locais, o tratamento pode se sintetizar aos estágios preliminar, primário e secundário. Porém, quando o lançamento dos efluentes tratados se der em corpos d'água importantes para a população, seja porque deles se capta a água para o consumo ou porque são espaços de lazer, aconselha-se também o tratamento terciário seguido de desinfecção, via cloração das águas residuais (MENDONÇA, 2002). Sendo eles:

- Tratamento preliminar;
- Tratamento primário;
- Tratamento secundário:
- Lagoas facultativas;
- Sistema de lagoas aeradas de mistura completa;
- Lagoas de maturação;
- Tratamento terciário.

2.7 DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE NO SOLO

Como tratamento de água residuária o método de escoamento superficial como todo tem sua parte primária, onde prevalecem mecanismos de ordem física; já no tratamento secundário a retirada da matéria orgânica é executada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos. A disposição desses efluentes no solo é um processo bem viável e aplicado em distintos locais do mundo. O esgoto de forma geral supre a necessidade das plantas, tanto em termos de água, quanto de nutrientes. No Brasil observa-se um aumento da tendência de utilização dessa importante rota (WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1990).

Segundo os estudos de Teixeira et al. (2008), o poluente no solo tem quatro presumíveis destinos: retenção da matriz no solo, retenção pelas plantas, aparecimento na água subterrânea e coleta por drenos superficiais. Vários mecanismos, de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização, desidratação), e química

(biodegradação e predação) atuam na remoção dos poluentes no solo. A condição do solo conduzir e ter uma boa aceitação dos compostos orgânicos complexos depende de suas propriedades e condições climáticas.

A percentagem de infiltração e os tipos de cobertura vegetal são importantes no uso do solo como meio de degradação de resíduos orgânicos. Essa degradação necessita de uma boa aeração do solo, condições de insuficiente aeração vão conduzir uma menor capacidade de assimilação do resíduo orgânico pelo solo. Solos argilosos, com textura fina, ou solos com uma considerável quantidade de matéria orgânica, também reterão os constituintes da água residuária através dos mecanismos de absorção, precipitação e troca iônica (MATOS, 2005).

Sistemas com base no solo:

- Irrigação (infiltração lenta ou fertirrigação);
- Infiltração rápida (alta taxa ou percolação);
- Infiltração subsuperficial;
- Escoamento superficial.

Sistema com base na água:

- Terras úmidas construídas (banhados artificiais) (CAMPOS, 1999).

2.8 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

No tratamento de águas residuárias por escoamento superficial, as águas residuárias são aplicadas em taxas elevadas à capacidade de infiltração de solos declivosos, devendo acontecer o seu escoamento superficial até os canais de coleta, distribuídos ao final das rampas vegetadas. À medida que a água escoar sobre o terreno, parte evapora-se, uma pequena parte infiltra-se e o restante, que em solos de baixa permeabilidade corresponde a cerca de 50 a 60% do total aplicado, é coletado nos canais (MATOS et al., 2005).

Segundo Von Sperling (2005), para o emprego deste procedimento de tratamento, os solos devem ser de baixa permeabilidade, como os solos argilosos;

o terreno deve ser moderadamente inclinado, aconselha-se declividades entre 2% e 8%; e é essencial a presença de culturas em crescimento no solo que receberá as águas residuárias, pois a vegetação aumenta a taxa de absorção dos nutrientes disponíveis no solo e a perda de água por transpiração.

Segundo Matos et al. (2005), declividades de rampas de tratamento menores que 2% aumentam a potencialidade de estagnação de águas residuárias, enquanto declividades maiores que 8% aumentam o risco de erosão, além de haver menor eficiência do sistema na remoção de poluentes.

A melhor cultura para ser cultivada nas rampas de tratamento deve ser perene, resistente às condições de baixa oxigenação e alta salinidade, de elevada capacidade de extração de nutrientes e pouco suscetível às pragas e doenças. Entre as gramíneas utilizadas, cita-se a *Brachiaria humidicola* e o Tifton (CORAUCCI FILHO, 2006).

Para Pinho et al. (2006), no tratamento via escoamento superficial, a água residuária é aplicada na parte mais elevada do terreno e, à medida que o efluente percola o terreno, uma parte evapora, outra infiltra-se no solo e o restante é coletado em canais. Com o uso deste método, têm-se obtido taxas de remoção de 75 a 90% do nitrogênio, 50 a 70% do fósforo e de até 90% dos sólidos em suspensão.

Ainda de acordo com Pinho et al. (2006), os organismos responsáveis pela retirada de nitrogênio via escoamento superficial contêm sua absorção pelas plantas, oxidação biológica e volatilização da amônia. A excisão de fósforo acontece via adsorção pelas argilas coloidais e precipitação. Sólidos coloidais e em suspensão são removidos, sobretudo via sedimentação, filtração por meio da vegetação.

“A aplicação da água residuária pode ser feita por aspersão, utilizando-se de aspersores de média e baixa pressão por tubos janelados, ou por sistema de bacias de distribuição para os sulcos (irrigação por superfície)” (VON SPERLING, 2006 apud MATOS, 2002). Já a taxa de água residuária a ser aplicada no terreno deve variar conforme as características que esta apresenta (CORAUCCI FILHO, 2006).

Na Figura 2 consta o fluxograma do sistema de disposição/tratamento por escoamento superficial, onde o efluente, após um tratamento preliminar, é lançado sobre um terreno com uma determinada declividade necessária o suficiente para que o escoamento ocorra de forma superficial.

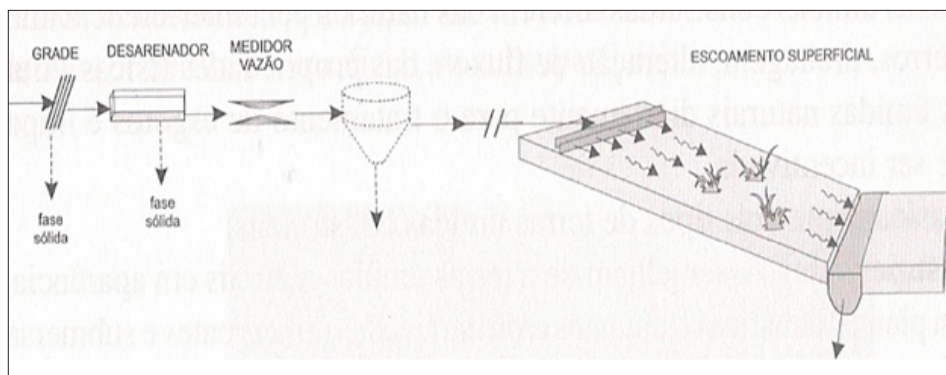


Figura 2. Escoamento superficial.
Fonte: Von Sperling (2005)

Segundo Matos et al. (2005), esse processo de escoamento de águas residuárias sobre gramados tem sido usado há muitos anos como tratamento de esgotos secundários na Austrália. Atualmente, no Brasil, está sendo aplicado em águas residuárias de indústrias de citros, açucareira, entre outras, no solo.

2.9 VISITA À UNIDADE DE TRATAMENTO DO CODAU

No dia 28 de agosto de 2010 foi realizada uma visita supervisionada à unidade operacional de tratamento de esgoto sanitário ETE CAPIM, implantada na Avenida Filomena Cartafina, em 1994, na cidade de Uberaba (MG). Esta Estação trata apenas 2% dos esgotos produzidos na cidade, provenientes dos bairros Recreio dos Bandeirantes e São Cristóvão. A tecnologia utilizada é a absorção dos efluentes em campos de capim, pelo método do escoamento superficial.

O esgoto doméstico produzido pelos dois bairros desce por queda livre até a estação de tratamento onde primeiramente passa por um sistema de grades para a separação de materiais em suspensão, como galhos, fraldas, etc.

Em seguida, passa por uma peneira para reter os sólidos menores, a fim de que não haja a obstrução dos pontos de distribuição nos campos de capim. Os dejetos separados neste tratamento preliminar são direcionados para uma fossa na qual periodicamente um caminhão recolhe os detritos sólidos. Então estes são enviados para o aterro sanitário. Após a peneira, o esgoto é distribuído em uma

tubulação para a aplicação sobre os campos de capim. O capim utilizado é o tifton (*Cynodon dactylon*).

A estação conta com seis campos de capim, que são utilizados de acordo com o volume de esgoto que chega à estação. Na época da seca o volume de esgoto é menor, possibilitando a utilização dos campos de forma alternada, época em que todo o esgoto é praticamente infiltrado no solo. Entretanto, na época das chuvas, o volume de esgoto aumenta consideravelmente, implicando na utilização de todos os campos para aplicação. Em virtude disso, os campos ficam encharcados e parte do esgoto aplicado escorre superficialmente atingindo o leito do Córrego das Toldas, localizado abaixo da ETE.

Os campos são periodicamente podados, a fim de fortalecer o capim e evitar o aumento do tempo de residência do esgoto em pontos localizados, podendo causar encharcamento do solo. Em função da presença de fósforo e de nitrogênio no esgoto, nutrientes limitantes para o crescimento do capim, os campos necessitam ser podados praticamente a cada uma semana de utilização.

A ETE CAPIM pode ser melhor visualizada na Figura 4, com vista aérea em foto de satélite.



Figura 4. Vista aérea da ETE CAPIM – FILOMENA CARTAFINA.

Fonte: Google Earth (2009)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de avaliar a contribuição da ETE CAPIM no aumento das cargas de fósforo total, nitrogênio amoniacal e matéria orgânica do Córrego das Toldas, devido ao aporte de esgoto tratado para este corpo receptor, foram coletadas amostras do córrego a 800 metros a montante da área de influência da estação, na área do Rancho Tânia, e a 300 metros a jusante da ETE.

As amostras foram coletadas no dia 9 de setembro de 2010, com auxílio de um amostrador de inox, seguindo as técnicas de amostragem e preservação de amostras conforme SMEWW 21^o Edição, método 1060.

Para o parâmetro fósforo total, as amostras foram coletadas em frascos de vidro de vinte centímetros de tamanho, e preservadas em meio ácido ($\text{pH} < 2$), contendo ácido nítrico. Para o parâmetro nitrogênio a amoniacal, as amostras foram coletadas em frascos de plástico de vinte centímetros de tamanho, e preservadas em meio ácido ($\text{pH} < 2$), contendo ácido sulfúrico. Para quantificar os índices de matéria orgânica, foram coletadas amostras para análise de DQO e DBO_5 , ambas foram coletadas em frascos de plástico de vinte centímetros de tamanho.

As amostras de DQO foram preservadas em meio ácido, com a adição de ácido sulfúrico, para manter o pH menor que 2. Todas as amostras foram refrigeradas a 4^o C.

As amostras foram levadas ao laboratório, onde as análises foram realizadas.

Os parâmetros pH, temperatura e oxigênio dissolvido também foram realizados em campo. O pH e a temperatura foram medidos com um medidor de pH da marca Mettler, modelo SG20 com eletrodo combinado (pH/temperatura). O oxigênio dissolvido foi quantificado pelo método do eletrodo de membrana permeável, com um oxímetro HANNA, modelo HI-9146.

O parâmetro DQO foi quantificado pelo método colorimétrico, em refluxo fechado. O parâmetro fósforo total foi analisado pelo método colorimétrico do ácido ascórbico.

O nitrogênio amoniacal foi analisado pelo método do íon seletivo, em um potenciômetro da marca Metrohm, modelo 781.

A DBO_5 foi determinada pelo método respirométrico, com sensores Aqualytic.

As análises foram feitas em duplicata; posteriormente, foi calculada a média entre os resultados. Abaixo segue a correlação da metodologia utilizada para a determinação de cada parâmetro:

- **pH:** SMWWE - 4500-H⁺ - Electrometric Method, p. 4-90.
- **Temperatura:** SMWWE - 2550-B – Laboratory and Field Methods, p. 2-59.
- **Oxigênio Dissolvido:** SMWWE - 4500-O G - Membrane Electrode Method, p. 4-141.
- **Fósforo Total:** SMWWE - 4500-P E – Ascorbic Acid Method, p. 4-153.
- **Nitrogênio Amoniacal:** SMWWE - 4500-NH₃ D – Ammonia-Selective Electrode Method, p. 4-111.
- **DBO₅:** SMWWE - 5220-D – Closed reflux, Colorimetric Method, p. 5-10.
- **DQO:** SMWWE - 5210-D – Respirometric Method, p. 5-10 (MATOS, 2005).

3 RESULTADOS

Os resultados das amostras do Córrego das Toldas seguem abaixo, na Tabela 3:

Tabela 3. Resultados das amostras coletadas no Córrego das Toldas na área de influência da ETE CAPIM

Parâmetros	Montante	Justante
pH	6,77	6,86
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,88	5,43
Fósforo Total (mg/L)	1,43	1,54
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	3,14	2,96
DQO (mg/L)	32	27
DBO ₅	8	7

Os resultados encontrados foram comparados com os padrões de águas classe 2, conforme artigo 15 da Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005).

Os valores de pH encontrados em ambas as amostras estão dentro dos padrões. O parâmetro oxigênio dissolvido, segundo a legislação, não deve ser inferior a 5,0 mg/L de O₂; no entanto, a amostra a montante apresentou resultados inferiores. A amostra a jusante está em conformidade com o valor estabelecido, mas neste caso, existe uma queda d'água de aproximadamente 1,2 metros cerca de 15 metros de onde a amostra foi coletada. A aeração provocada por esta queda d'água pode ter contribuído para o resultado encontrado.

O padrão para fósforo total em ambientes lóticos é de no máximo 0,1 mg/L e as duas amostras apresentaram valores superiores à legislação, no entanto, apesar do resultado a jusante estar mais alto que a montante, esta pequena variação não pode ser atribuída como contribuição da ETE CAPIM podendo ser de outras fontes como esgotos clandestinos e outros.

Para águas com $\text{pH} \leq 7,5$, o limite de nitrogênio amoniacal é de 3,7 mg/L, e ambas as amostras apresentaram resultados inferiores, sendo que a montante o resultado encontrado foi 0,19 mg/L superior ao resultado do ponto a jusante.

Ambos os resultados de DBO₅ encontrados estão acima do limite estabelecido, que é de até 5,0 mg/L, e para o parâmetro DQO, não há na legislação limites estabelecidos. A Deliberação Normativa Conjunta COPAM 01, de 2008, estabelece condições para o lançamento de efluentes em corpos d'água, e em seu artigo 29, delibera o limite de 180 mg/L para o parâmetro DQO, mas os valores encontrados não podem ser comparados com este limite, pois as amostras são referentes às águas de classe 2.

Nota-se que as alterações de alguns parâmetros em relação aos padrões para águas classe 2 já estão presentes a montante da área de influência da ETE. Considerando que a nascente deste córrego está localizada em perímetro urbano, estas alterações da qualidade da água podem ser atribuídas a possíveis lançamentos clandestinos de esgoto a montante da área de influência da ETE CAPIM.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados, não se pode afirmar que há uma contribuição efetiva da ETE CAPIM para o aumento das cargas de fósforo, nitrogênio

e matéria orgânica do Córrego das Toldas. Mesmo com a verificação da alteração do parâmetro fósforo total, que teve um incremento a jusante da ETE, esta variação pode ser atribuída à heterogeneidade dos corpos d'água sob influência do fator temperatura, que contribui para a ocorrência de um fenômeno chamado estratificação térmica.

REFERÊNCIAS

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB / ACETESB, 1986. 616 p.

BRASIL. **Resolução Conama nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Brasília, 2005.

CAMPOS, J. R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo - 1999**. São Carlos, SP: Programa em Saneamento Básico (PROSAB), 1999. 443p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/ produtos.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

CARVALHO, S. L. **Eutrofização artificial: um problema em rios, lagos e represas**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/ctl28082004.php>>. Acesso em: 08 mar. 2009.

CERQUEIRA, R. S. **Pós-tratamento de efluente de lagoa anaeróbia**. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.

CORAUCCI FILHO, B. Estudo do sistema de pós-tratamento de efluente anaeróbio pelo método do escoamento superficial no solo: continuidade. **Coletânea de 12 Trabalhos Técnicos**, Campinas, v. 2, n. 1, p.11-20, 2006.

GOOGLE EARTH. **Programa de visualização de imagens de satélite**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>>. Acesso em: 12 abr. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002_pnsb.shtm>. Acesso em: 12 abr. 2009.

KLUSENER FILHO, L. C. **Pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbico utilizando o método de escoamento superficial no solo**: avaliação de taxas de aplicação. 2001. 73f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

MANOSSO, R. O **Homem ambiental**: esgoto doméstico. Disponível em: <<http://www.radames.manosso.nom.br/ambiental/esgotodomestico.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

MARQUES, M. **Esgoto doméstico**: aspectos gerais. Disponível em: <<http://www.marques.pro.br/downloads/06esgoto1aspectosgerais.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

MATOS, A. T.; EMMERICH, I. N.; BRASIL, M. S. Tratamento por escoamento superficial de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 240-246, dez. 2005.

MENDONÇA, R. **Como cuidar do seu meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Bei Comunicação; Unibanco, SP, 2002. 272p. (Coleção Entenda e Aprenda).

PAGANINI, W. S. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-401.

PALMA-SILVA, G. M.; TAU-K-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. Capacidade de autodepuração de um trecho do Rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Environment**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 139-153, 31 out. 2007.

PINHO, A. P. Modelagem da retenção de herbicidas em zonas ripárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000400017&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 05 mar. 2009.

SILVA, G. H. **Sistema de alta eficiência para tratamento**. 2004. 75f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Eutrofização de reservatórios e rios: perspectivas, estudo de casos e comparação de análises. *Ficologia: Sociedade Brasileira de Ficologia*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 35, p.1-33, set. 1992.

TEIXEIRA, A. R.; CHERNICHARO, C. A. L.; AQUINO, S. F. Influência da redução do tamanho de partículas na taxa de hidrólise de esgoto bruto doméstico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000400009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 abr. 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION - WPCF **Recuperação e reutilização de águas residuais**. Inglaterra: [s.n.], 1998. 10v. Disponível em: <<http://www.neiwpc.org/links.asp>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

Recebido em: 06 de março de 2013

Aceito em: 11 de setembro de 2013