



Faculdade de Pindamonhangaba



**Kisla Nogueira Tavares
Daniel Ribeiro de Oliveira**

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL COMO ALTERNATIVA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES.**

Pindamonhangaba – SP

2015



Faculdade de Pindamonhangaba



**Kisla Nogueira Tavares
Daniel Ribeiro de Oliveira**

ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.

Artigo científico apresentado como parte de requisitos para a obtenção do Diploma de Bacharel pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Augusto Kelly

Pindamonhangaba – SP

2015

Oliveira, Daniel Ribeiro; Tavares, Kísla Nogueira.

Escoamento superficial como alternativa de tratamento de efluentes/Daniel Ribeiro de Oliveira; Kísla Nogueira Tavares / Pindamonhangaba-SP: FAPI Faculdade de Pindamonhangaba, 2015.

16 f. : il.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) FAPI-SP.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Augusto Kelly.

1 Água Potável. 2 Efluente. 3 Tratamento de efluente. 4 Escoamento Superficial.

I Escoamento superficial como alternativa de tratamento de efluentes II Daniel Ribeiro de Oliveira; Kísla Nogueira Tavares.

**KISLA NOGUEIRA TAVARES
DANIEL RIBEIRO DE OLIVEIRA**

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES.**

Artigo científico apresentado como parte de requisitos para a obtenção do Diploma de Bacharel pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Pindamonhangaba.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. _____ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Dedicamos este trabalho primeiramente a nós mesmo, que lutamos para chegar ao final desta jornada. A todos que fizeram parte desta caminhada, as nossas famílias, amigos e professores!

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para iniciar o curso e superar as dificuldades.

A faculdade de Pindamonhangaba - FAPI, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao Prof. Dr. Claudio Augusto Kelly, pela maneira com que nos orientou para elaboração do presente estudo.

Aos nossos falecidos pais que apesar de não estarem presentes, nos fortaleceram, possibilitando-nos a lutar com garra para concluir esta graduação, que em memória de ambos lutamos para nos tornamos Engenheira/Engenheiro.

As nossas mães que deram continuidade ao apoio que nossos pais nos davam.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado!

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

(Charles Chaplin)

O presente trabalho foi escrito na forma de artigo científico a ser submetido à Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável.



Escoamento superficial como alternativa de tratamento de efluentes: Uma revisão de literatura.

Surface flow as sewage treatment alternative

Kisla Nogueira Tavares¹, Daniel Ribeiro de Oliveira² Claudio Augusto Kelly³

Resumo: O Brasil é um país rico em água doce comparado aos demais países, contudo sua má distribuição hídrica não tem contribuído com a alta demanda de água presente nas regiões populosas, que nos remetem a um quadro atual de escassez. A poluição surge como consequência desta exacerbada procura hídrica, que por conta disso faz o tema tratamento de efluente ganhar notoriedade. Fora realizada uma revisão de literatura com o tema tratamento de efluente que possibilitou conhecer os métodos existentes. Dentre os estudados o que mais se destacou foi via escoamento superficial, cujo tratamento é realizado por disposição no solo. Essa pesquisa tem por objetivo demonstrar as vantagens e desvantagens do tratamento escolhido e relacioná-lo como um auxílio de combate à escassez. Como resultado obteve-se uma relação custo-benefício atrativo e o atendimento dos parâmetros exigidos tais como: Remoção da demanda bioquímica por oxigênio (DBO), nitrogênio (N), fosforo (P) e coliformes fecais (CF); além disso, observou-se que é uma técnica de baixa demanda energética, baixo custo de implantação e operação. Levando em consideração estes aspectos pode-se comprovar através de revisão de literatura que é uma alternativa atrativa, visto que no Brasil, por exemplo, o tratamento de efluente é considerado caro e carece de estudos técnico-científicos para implantação de um novo tratamento.

Palavras-chaves: Água Potável. Efluente. Tratamento de efluente. Escoamento Superficial.

Abstract: The Brazil is a freshwater Rico country compared to other countries, but its poor water distribution has not contributed to the high demand of water in populous regions, which refer us to a current framework of scarcity. Pollution arises as a result of this exacerbated water demand, which consequently makes the subject wastewater treatment win notoriety. Out a review of the literature on the theme which allowed sewage treatment meet existing methods. Among the studied what else stood out was via runoff, whose treatment is performed via disposal of the soil. This research aims to demonstrate the advantages and disadvantages of treatment chosen and relate it as an aid to combat famine. As results obtained an attractive cost-benefit ratio and the required parameters such as: removing oxygen biochemical demand (BOD), nitrogen (N), phosphorus (P) and fecal coliforms (CF); In addition, it was observed that it is a technique of low energy demand, low cost of implementation and operation. Taking into consideration this aspect can prove through review that is a viable alternative, as in Brazil, for example, the treatment of effluent is considered expensive and lacks technical and scientific studies for the implementation of a new treatment.

Key words: Drinking Water. Sewage. Effluent treatment. Runoff

*Autor para correspondência

^f Funvic – Fundação Universitária Vida Cristã, Pindamonhangaba, Kisla_nogueira@hotmail.com

² Funvic – Fundação Universitária Vida Cristã, Pindamonhangaba, miranda.pinda@gmail.com

³ Funvic – Fundação Universitária Vida Cristã, Pindamonhangaba, cakelly73@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A água é a molécula mais abundante na superfície da terra, cobre em forma líquida 71% do nosso planeta, e é o maior constituinte dos seres vivos.

O planeta Terra é constituído por $\frac{3}{4}$ de água (doce e salgada) e apenas $\frac{1}{4}$ de terra (continentes e ilhas). A água apropriada para o consumo humano é a doce, e esta representa apenas 2,5% do total de águas do mundo, destes 2,5%, 1,0% é água doce superficial, os demais são subterrâneas, o que dificultam sua utilização (os outros 97,5% são água salgada, disposta em mares e oceanos). (SABESP, 2015)

O Brasil possui 8.547.403,5 km² de extensão territorial, é considerado o quinto maior país do mundo neste aspecto, detém 12% de água doce superficial do planeta. Possui uma ampla diversificação climática e também uma pluviometria que varia, sobre mais de 90% do seu território, entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano o que remete à ideia de abundância de água potável no país.

Mesmo o país sendo o mais rico em água doce do planeta, considerado uma potência mundial quando o assunto é disponibilidade hídrica, várias cidades brasileiras enfrentam o problema de abastecimento, onde nem mesmo as cidades situadas no Norte do país, que detém 80 % das descargas de rios, conseguem escapar deste cenário. No Brasil as reservas hídricas seguem uma ordem inversamente proporcional ao número de habitantes. (REBOUÇAS, 2003).

Além da má distribuição presente no país outro fator que compromete a oferta hídrica do Brasil é a poluição das águas via despejo de efluente, que sem nenhum tratamento são lançados e tornam-se responsáveis por prejudicar a água inviabilizando o seu uso. (SPERLING, 1996)

Efluente é uma denominação de resíduos hídricos, oriundo do meio doméstico, industrial, agrícolas e etc. Também pode ser denominada como águas residuárias tradução de *wastewater* do inglês. (SILVA, 2004).

Considerando dados apontados pelo Sistema Nacional de Informação de Saneamento - SNIS (2014), estima-se que são lançados nas reservas hídricas efluentes com uma demanda bioquímica por oxigênio- DBO₅ na ordem de 5,5 mil t por dia, sendo que apenas 39% do efluente do Brasil são tratados, e 28,5% das cidades são adequadas ao tratamento.

O efluente que não fora suscetível a um tratamento é lançado de forma *in natura* nos corpos hídricos, que pode trazer consequências como contaminações microbiológicas, aumento de turbidez, mau odores que são responsáveis por tornar a água imprópria, quando esta não consegue depurar o efluente.

No Brasil, o tratamento de efluente é considerado como um método caro, visto que o elevado custo de energia, custos de projetos, construção e operação de uma planta de processos convencionais tem de fato preços exacerbados. Na maior das regiões onde é efetuado o tratamento de efluente, o processo utilizado é via lodo ativado que possui um custo de implantação entre 60-120 US\$/hab. (SPERLING, 1996)

Rebouças (2003) afirma a cada US\$1,00 investido em saneamento básico, represente uma economia de em média US\$ 5,00 dólares em despesas médicas.

Diante deste cenário surge a vontade de estudar a viabilidade de outros tratamentos de efluentes no Brasil, que através de uma fundamentação bibliográfica foi possível conhecer os múltiplos tipos de tratamentos existentes.

Os tratamentos por disposição no solo destacaram-se entre os demais analisados, especificamente o denominado escoamento superficial, que é uma das variedades dessa técnica.

Ribas (2008), considera a disposição de efluente como um sistema acessível, eficiente, valor ínfimo de operação e implementação, devido o tratamento ocorrer por meios naturais, envolvendo etapas físicas, químicas e biológicas.

Escoamento superficial não é uma técnica muito conhecida no Brasil, desta forma o presente trabalho tem como objetivo fornecer conteúdo que possa servir e contribuir com informações para pesquisas futuras.

MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração da presente revisão de literatura, buscou-se um tema que seja da atualidade, desta forma algo voltado para a utilização da água tornou-se atrativo, visto que assuntos com a temática sobre recurso hídricos ganha cada vez mais notoriedade. Surge como foco o tema tratamento de efluente. Através de análise exploratória e seletiva de documentos já existente pode-se conhecer os tipos de tratamentos de efluentes. Sperling (1996) em seu livro princípios básico de tratamento de efluente possibilitou a escolha do método tratamento via escoamento superficial, cujo apresentá-lo de forma que possa servir de fonte de pesquisas futuras, tornou-se o objetivo do presente trabalho.

Fora realizada revisão da literatura nacional e internacional que é uma pesquisa fundamentada em pesquisas anteriores e úteis para posteriores. (SANTOS, 2012). Utilizou-se o banco de dados SCIELO, Google Acadêmico e LILACS, sendo selecionados artigos publicados com os seguintes termos de pesquisa: 1) Escassez de água 2) Tratamento de efluentes 3) Reuso 4) Escoamento superficial 5) Disposição no solo. Utilizaram-se também dados do IBGE, Agência Nacional das Águas (ANA), Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e Sistema Nacional de Informação de Saneamento - SNIS (2014) entre outros.

A pesquisa bibliográfica incluiu artigos originais, e livros. Foram selecionados 24 artigos, contudo apenas 17 possuíam conteúdo relevante para o tema, dos livros foram escolhido 2 com tema de tratamento de efluentes e 1 com tema reuso de efluente, onde estes contribuíram efetivamente para esta revisão de literatura

Utilização da água

A água é utilizada em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento a geração de energia, a irrigação, a navegação, a agricultura e ao nosso consumo. Além de sua utilização necessária, diversos fatores estão levando-a a esgotabilidade, dentre eles o desperdício é um ponto que merece atenção.

Quando se fala em desperdício, logo a ideia de que a população é o maior causador vem à tona, mas ao contrário do que se pensa, não é apenas o consumidor comum o responsável pelo uso desregrado da água, mas sim as operadoras de serviço, onde o detrimento da água ocorre antes mesmo de chegar as casas, cerca de 38,8 % da água tratada é “perdida” neste trajeto, a qual surge a conveniência de se buscar aplicação de novos tipos de tratamentos e de distribuição da água. (SABESP, 2015).

A demanda de água ao longo dos três últimos séculos, em varias regiões do mundo, cresceu 35 vezes. Conforme a Agência Nacional da Água- ANA (2015) cita, a demanda atual de água do país está na faixa de 630 m³ s-1.

A Organização das Nações Unidas - ONU (2003), estima que cada pessoa necessita cerca de 110 L d-1. Sabe-se que no Brasil conforme o SNIS (2014) cita cada pessoa em média consome 166,3 L d-1.

Sperling (2005) afirma que a demanda de água aumenta a cada ano que passa, consequentemente surge um crescimento na poluição nos corpos hídricos oriundos de lançamentos de efluente sem tratamento. A partir de então surge à necessidade de efetuar e conhecer os tipos de tratamentos de efluentes existentes, visto que no Brasil a coleta de efluente não ocorre de forma efetiva. O Instituto Brasileiro de Geografia e estatística IBGE (2010) comprova isto, cujo número de regiões sem coleta de efluente é alarmante, como a região Norte do País que onde possui uma taxa de 92,9% de efluente sem coleta.

O tratamento de efluentes beneficia principalmente o lado ambiental, contudo traz benefícios econômico e social. Ao ser tratado o efluente passa a não ser lançado nos cursos d'guas, e como resultado há uma melhoria das características das águas. O aumento da disponibilidade de água para processos mais exigentes como: Abastecimento público, hospitais e entre outros, vem como consequência dessa melhora de qualidade. Esse benefício em âmbito ambiental, resulta em um equilíbrio ecológico que impacta diretamente sobre fatores econômicos e sociais, e fornece mudanças nos padrões de consumo e produção. (FIESP, 2004)

Hespanhol (2003) salienta que o reuso da água para fins não potáveis deve ser considerado como uma primeira opção e reuso, onde se pode citar sua aplicação em indústrias, construções civis, irrigação entre outros lugares onde a demanda de água para utilização é de menor qualidade, inviabilizando a utilização de água mais potáveis sem a devida necessidade.

Parâmetros de qualidade da água

A qualidade da água é representada por diversos parâmetros, especificando suas características físicas, químicas e biológicas. Tais parâmetros podem ser de utilização geral, tanto para caracterizar água de abastecimentos, água residuárias, mananciais e corpos receptores (corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente) (SPERLING, 1996).

Dentre os parâmetros os principais obtêm-se:

- **Parâmetros físicos** - Cor (uC), turbidez (uT) , sabor, odor, e temperatura °C ;
- **Parâmetros químicos** - pH (-), alcalinidade (mg/L de CaCO₃), acidez (mg/L de CaCO₃), dureza (mg/L de CaCO₃), nitrogênio, fósforo (mg/L), e matéria orgânica (DBO e DQO);
- **Parâmetros biológicos**: Organismos Indicadores, algas e Bactérias com Coliformes fecais (CF).

Sperling (1996) Salienta que dentre os parâmetros que caracterizam o grau de poluição de efluente, a Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO), Nitrogênio (N), P (Fósforo) e coliformes fecais (CF) são os fundamentais, e comumente utilizados.

A matéria orgânica presentes no efluente é a principal poluidora da água. É formada principalmente por diversos

compostos, desta forma são utilizados métodos direto e indireto para determinação da matéria orgânica.

- **Métodos diretos**: Carbono Orgânico Total
- **Métodos indiretos**: Demanda bioquímica por oxigênio (DBO) e DQO (Demanda química por oxigênio).

A DBO – Demanda Bioquímica por Oxigênio sucintamente é a quantidade de oxigênio que os microorganismos presentes no efluente consomem, durante um determinado período de tempo. Os parâmetros DBO e DQO, medem o consumo do oxigênio e consequentemente o grau da poluição; Um efluente tratado deve possuir uma DBO 5-15 mg/L enquanto um não tratado DBO 100- 250 mg/L. (FRANCO, 2014)

Para oxidação de matéria orgânica presente no efluente é necessário oxigênio. A DQO demanda química de oxigênio determina a quantidade necessária para a oxidação. Em uma comparação a DQO de efluente tratado deve esta na faixa de 15-75 mg/L, e não tratado 200 – 700 mg/L(FRANCO, 2014)

Sperling (2009) informa que para um tratamento conter uma eficiência de remoção é necessário haja a remoção de DBO no mínimo 60% e média ou superior as 70%, e a de DQO seja de 70 á 80%. Para o parâmetro P nenhum tratamento seria viável, visto que CONAMA N° 357 (2005) salienta a necessidade de haver na água para ser considerado 5 mm³/L para P, 3,7 mg/L para N e 250 mg/mL para CF .

O P é outro parâmetro utilizado para medir o grau de poluição, ele não apresenta problemas de ordem sanitária, contudo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos que estabilizam a matéria orgânica, assim também como o nitrogênio. (SPERLING, 1996)

E nos parâmetros biológicos, o que é mais comumente utilizado é medir o grau de bactéria presente no efluente, cujo este é responsável de transmitir doenças. Coliformes Fecais é um tipo de bactéria, utilizada como parâmetro.

Tratamento de efluentes

Após a utilização da água nos devidos fins, há a formação de efluente. As residências, indústrias, á água oriunda das chuvas devem estar conectadas a um sistema de coleta, que é responsável por transportar o efluente ao central de tratamento. (SABESP, 2015). O tratamento de efluentes consiste na retirada de poluentes tais como: químicos, físicos e biológicos presentes no efluente.

Sperling (1996) salienta que a água de uso para abastecimento doméstico deve conter requisitos de qualidade como ser isenta a substâncias químicas que ameaçam a nossa saúde, possuir baixa agressividade, possuir uma aparência agradável, e possuir ausência de microorganismos.

O esgoto oriundo de uma cidade e que são designados para uma estação de tratamento são classificados em três tipos de acordo com a sua origem.

O esgoto doméstico compõe-se de água do banho, urina, resto de comida, fezes, produtos químicos, oriundos de residência, edifícios. Em linhas gerais eles originam-se em instalações que contenham banheiros, lavanderia e cozinhas. O esgoto pluvial é oriundo das chuvas, este é coletado e direcionado as galerias pluviais. Estas galerias são dutos responsáveis por coletar a água proveniente da chuva e direcioná-la até rios, de forma que evita o acúmulo da água nas vias públicas. O esgoto fabril é formado a partir de resíduos industriais. Este

tipo de efluente necessita de um tratamento rigoroso. (SPERLING, 2005)

É de suma importância dividi-los, pois cada tipo de efluente tem sua composição e, com isso, se dá um tratamento diferente.

Existem hoje diversas técnicas para tratamento ou recuperação de efluentes, comparando-as há aquelas que possuem eficiência, contudo possuem custos elevados e operações extremamente complexas, em contrapartida possuem aquelas com custos mais baixos e operações mais simples. (MILEN, 2014)

O tratamento de efluente é de extrema importância visto que diminui risco de doenças a população e além de haver a preservação da natureza.

De maneira geral um processo de tratamento pode adotar diferentes tecnologias, e segue os seguintes passos: Pré Tratamento; Primário; Secundário; Terciário e Desinfecção. (SPERLING, 1996)

O primeiro dos tratamentos seria o Pré- Tratamento que é a remoção de grandes sólidos e areia a fim de proteger os passos seguintes do tratamento e para um melhor escoamento do líquido, sendo através de grades ou filtros de areia, isto vai variar de acordo com a necessidade do efluente tratado. (SILVA, 2003)

A (figura 1) represente um tipo de sistema de gradeamento onde efluente passa pelas grades presentes, e há a remoção dos sólidos com maiores dimensões e areia.

Figura 1 – Gradeamento



Fonte: Ceron (2002)

O Tratamento Primário é feito através de tanques de decantação, sedimentando no fundo o sólido, formando o lodo primário, e na superfície os de menor densidade. Sua remoção pode ser tanto mecânica como manual. (SILVA, 2003).

A (figura 2) demonstra um sistema de gradeamento, onde o efluente presente no tanque de decantação passa pela remoção de seus sólidos suspensos, originando o lodo primário. Gradeamento é um sistema primário de tratamento. Se- quente ao tratamento primário surge o tratamento secundário.

Figura 2 - Decantador primário



Fonte: Ceron (2002)

A (figura 3) ilustra um decantador secundário onde ocorre a remoção de agentes biológicos com reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos, que origina forma o lodo biológico. O decantador secundário é uma etapa de tratamento secundário. (SPERLING, 1996)

Figura 3 – Decantador secundário



Fonte: Ceron (2002)

O tratamento Terciário ocorre com a remoção de resíduos tóxicos e biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados no tratamento secundário. (SILVA, 2003).

A (figura 4) demonstra um tipo de tratamento terciário denominado valor de oxidação que é um canal de concreto onde o efluente fica por horas que resulta no tratamento terciário.

Figura 4 – Valo de oxidação



Fonte: Ceron (2002)

O processo de desinfecção seria o último passo do processo de tratamento de efluente, este pode ser feita pelo processo natural (água de reuso indireto) ou artificial - via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. (SPERLING, 1996).

A (figura 5) demonstra um processo de desinfecção de forma natural onde o efluente é despejado nos corpos hídricos para que haja sua duperação realizada pela água, esse processo e denominado reuso indireto.

Figura 5 – Reuso indireto



Fonte: Ceron (2002)

Sperling (2009) salienta que na escolha dos processos de tratamento de efluente, deve haver uma análise técnica, econômica, ambiental, conter eficiência de remoção requerida, enquadramento na questão de reuso, e área disponível.

Com base nestes aspectos, Figueiredo (1985) afirma que dentre as técnicas existentes, o mais viável economicamente para tratamento de efluente são os tratamentos via disposição do solo que está ligado com o aproveitamento natural do filtro natural de plantas, solos, microorganismos.

Os microorganismos transformam o orgânico em composto mais simples, onde se alimentam e como resultado obtém-se o tratamento do efluente.

Tratamento via disposição de solo

O efluente é causador de inúmeras doenças, ao ser lançado na água sem nenhum tratamento aumentam a chances de transmiti-las. Por outro lado ao jogá-lo no solo este passa a fornecer um controle biológico ao processo, de forma que o efluente atua como fonte de energia, e o solo um sistema

depurador. Este processo e denominado disposição de efluentes no solo. (RIBAS, 2008)

Coracchi Filho (1999) salienta que o efluente ao infiltrar no solo, os microorganismos presente na terra utilizam da matéria orgânica contido nos despejos, os convertendo em nutrientes que ficam a disposição da vegetação.

No Brasil, caberia à implantação do tratamento via disposição do solo visto que este tipo de tratamento e viável para lugares de clima tropical e grande expansão territorial.

Com ele há um reaproveitamento da água, e uma diminuição de fertilizantes químicos trazendo consigo não só benefícios econômicos como também ambientais, pois há a redução de impactos causados quando o efluente é lançado nos corpos hídricos. (MILEN, 2014)

Há quatro tipos de tratamentos via disposição do solo apresentados por Sperling (1996), onde se deve levar em conta suas peculiaridades, sendo eles:

- **Infiltração lenta** - O efluente é aplicado no solo, onde parte é evaporada e a outra é absorvida pelas plantas e pelo solo.
- **Infiltração rápida** - O efluente é espalhado em bacias rasas onde seu fundo poroso faz com que o líquido flua para o solo. Essa aplicação é intermitente.
- **Infiltração subsuperficial** - Similar ao anterior, porém as bacias são subterrâneas.
- **Escoamento superficial** - Similar à infiltração lenta, porém é feita em terrenos com declive e, ao final, o efluente é coletado por valas ou tubulações.

Sperling (1996) em uma análise geral realiza a comparação entre o tratamento via escoamento superficial e infiltração lenta levando em conta os principais parâmetros exigidos sendo eles remoção de DBO, N, P e CF. O parâmetro DQO, não foi objeto de análise pelo autor.

Conforme a (tabela 1), fora possível observar que o tratamento via infiltração lenta possui uma taxa de remoção dos parâmetros P, N, DBO e CF maior que o tratamento de escoamento superficial, onde a taxa para o Infiltração Lenta é de 94 - 99 % para DBO, 65-95 % para N, 75 - 99% P e > 99 % para CF., enquanto escoamento superficial é de 85 - 95% para DBO, 10 - 80% para N, 20 - 50 % para P e 90 - > 99 para CF.

Contudo ambos os tratamentos estão dentro da faixa de valor salientados por Sperling (2009), que considera um tratamento eficaz quando a remoção da DBO > 70%.

Outro ponto que se pode notar fora a questão do custo per capita de implantação e a área demandada para isto. No quesito custo, escoamento superficial está na média de 5- 15 US\$ per capita, enquanto infiltração lenta 10 - 20 US\$ per capita.

No quesito área, escoamento superficial demanda uma área menor, cerca de 1 - 6 m² por habitante, enquanto infiltração lenta requer uma área maior, cerca 10 - 50 m² por habitante.

Desta forma foi possível observar a relação custo- benefício de ambas, onde escoamento superficial desponta, tendo um custo relativamente menor, uma demanda de área também menor, e um taxa de remoção mesmo que menor esta dentro dos parâmetros, tornando o tratamento também eficiente.

Tabela 1 - Análise de tratamentos via disposição de solo levando em consideração parâmetros considerados importantes na escolha de tratamento de efluentes

	Escoamento superficial	Infiltração lenta	
Eficiência de remoção (%)	DBO	85-95	94-99
	N	10-80	65-95
	P	20-50	75-99
	Coliforme	90->99	>99
Requisitos	Área (m ² /hab)	1 – 6	10 – 50
	Potencia (W/hab)	0	0
Custo de implantação (US\$/hab)	5- 15	10 – 20	

Fonte: Sperling (1996)

Escoamento superficial – método e requisitos

Escoamento superficial é um tratamento via disposição do solo. É uma pratica antiga e eficaz que pode ser considerado um método que reúne tratamento e reuso de água. (BAS-TOS et al, 2003)

Como todo tratamento via disposição do solo, o tratamento escoamento superficial sucede de uma etapa primária, onde são removidos os sólidos, em seguida acontecem às etapas do próprio processo, onde este passar ser considerado um tratamento secundário. (WPFC, 1989)

Este método consiste na aplicação do efluente em uma parte superior de uma rampa vegetada, onde ocorre o escoamento deste efluente possibilitando a depuração ao longo desta rampa, posteriormente há o recolhimento de uma parte do efluente tratado no final da rampa, a outra parcela é evaporada com o decorrer do processo. (FIGUEIREDO, 1985)

Neste tabuleiro inclinado o efluente líquido é lançado por meio de tubos perfurados ou aspersores. Processos químicos, físicos, biológico, absorção dos nutrientes e produção de biomassas pelos vegetais são responsáveis pela eficiência do tratamento. As plantas são responsáveis pela a retirada de poluentes como sólidos suspensos, nutrientes e metais pesados, mas também como suporte aos microorganismos para oxidação da matéria orgânica. (FIGUEIREDO, 1985)

Porém o desempenho deste tratamento depende das propriedades do solo, do efluente, da rampa e dos vegetais. Dentre os tratamento via disposição do solo, o escoamento superficial é o que menos depende das características do solo.

O inicio da implantação da técnica acontece com a preparação do terreno, onde há a sua planificação, e aeração. O tamanho do terreno deve ser proporcional ao tamanho da rampa, cuja esta e responsável pelo desempenho do sistema.

Para este tipo de tratamento é indicado solos de ínfima permeabilidade onde pode-se citar os argilosos. A inclinação da rampa deve possui uma declividade na casa 2 a 8% e o tamanho de 30 - 45 m. Para um melhor entendimento se tem a seguinte (equação 1) .:

$$(1) \quad H = \% \times L$$

Exemplo: Um terreno de comprimento de 40 m (L) e uma inclinação de 5%, a altura(H) será :

$$(2) \quad H = 0,05 \times 40 \Rightarrow H = 2 \text{ m}$$

Também possui a necessidade de haver crescimento de culturas na área da disposição do solo. A vegetação que deverá estar presente neste tipo de tratamento tem que ser resistentes à presença de humidade, e resistente a produtos tóxicos, onde pode ser tragos pelo efluente. (MILEN, 2014)

As plantas aumentam a resistência do solo, evita erosão e mantem os sólidos em suspensão. As mais comuns são *Brachiaria humidicola* e o *Tifton*. (SPERLING, 2005)

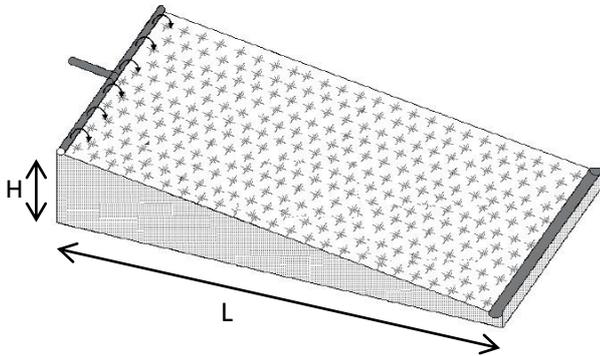
Outro parâmetro de extrema importância seria a vazão do esgoto a ser aplicado, Milen (2014) considera uma taxa boa de aplicação uma vazão de superior a 0,30 m³ h⁻¹ m⁻¹. O período ideal de aplicação seria de 8 horas diárias, visto que é compatível com a carga horaria dos colaboradores da estação de tratamento. Terada (1985) salienta que um ciclo eficiente de aplicação seria de um dia e três para a secagem do solo.

Milen (2014) salienta que apesar da grande eficiência de remoção, este tratamento precisa de muito aperfeiçoamento visto que ele pode causar contaminações ambientais e ser transmissor de doenças. Deve-se entender o destino do transporte de nutrientes a fim de se avaliar os o riscos e enquadrar o tratamento de modo que este seja compatível as normas ambientais e com o solo ao qual será inserido.

Sperling (2005) ressalta que este método possui um baixo custo de implantação assim como também, compara com outros tratamentos existentes e demonstra vantagens em vários quesitos. Mesmo não sendo o tratamento de maior eficiência de remoção, não deixa de ser um tratamento atrativo visto que a diferença de remoção com os tratamentos mais eficientes é pequena e a relação custo-benefício o mantém a frente.

A (figura 6) demonstra um esboço da técnica escoamento superficial.

Figura 6 – Desenho típico de um sistema de escoamento superficial



Fonte: Sperling (1996)

Segundo Bastos et al. (2003) a técnica de escoamento de efluentes é utilizado há muito anos na Austrália como tratamento de efluente secundário, Contudo não é um tratamento muito utilizado no Brasil e na América visto que carece de informações técnico-científicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podem-se citar vantagens via escoamento superficial apontada por Figueiredo (1985) como:

- Dos tratamentos de efluentes domésticos e industriais, este demonstra alta eficiência de remoção de DBO, N, P, CF e sólidos suspensos.
- O considera vantajoso devido o tratamento ter boa relação custo-benefício e propício para países em desenvolvimento.
- Considerado um método que reúne o tratamento do efluente, e o reuso para agricultura, visto que fornece nutrientes ao solo.

Sperling (1996) já aponta que dentre os tratamentos via disposição do solo uma vantagem do via escoamento superficial é de não gerar odores.

Terada (1985) realizou um estudo que comprova a eficiência do tratamento via escoamento superficial, levando em conta os parâmetros exigidos.

Ocorreu em Populina – SP, onde companhia de saneamento básica do estado de São Paulo- SABESP, alcançou uma eficiência de remoção de DBO e DQO na faixa de 85 e 81% respectivamente em uma estação de tratamento utilizando a técnica de escoamento superficial, com capacidade de tratar 12L e vegetação *Brachiaria humidicola*.

Além dos pontos de eficiência de remoção, notou-se que no âmbito operacional, a unidade apresentou resultados bons de manutenção visto que a unidade de escoamento superficial não apresenta equipamento hidráulico ou mecânico. Desta forma conclui-se que a técnica é uma excelente alternativa.

Outro ponto relevante é o auxílio ao combate a escassez que o tratamento de efluente proporciona, este permite que ações que necessitam de água menos potáveis possa utilizar a água produto via tratamento de efluente, evitando demanda de água totalmente potável.

Segundo WPFC (1989) a água quando bem tratada é uma valiosa alternativa como nova fonte hídrica possibilitando a redução da procura por novos corpos de água.

Tomaz (2010) aponta que o reuso de efluente são designados para uso industrial, agrícola, ambiental urbano e recreacional. Desta forma no meio agrícola o reuso do efluente fornece nutrientes ao solo, o reuso de forma recreacional pode ser utilizado em lagoas para barcos e pescas. O reuso urbano pode ser utilizados em lavagens de praças, ruas e afins.

Houve um estudo sobre reaproveitamento da água de efluente a fim de se entender o papel no combate a escassez de água. Ocorreu em São Caetano do Sul - SP, onde a prefeitura da cidade utilizou a água de reuso tratada pela companhia de saneamento básico do estado de São Paulo (Sabesp) para limpar as áreas publicas da cidade que consome cerca de 1000 m³ ao mês, gerando no ano de 2002 uma economia de 30 milhões de litros de água potável no mês. Além disso, fornecia por atacado 300 m³ d-1 à água de esgoto tratada para as empresas que o projeto abasteceu que necessitavam de água de menos qualidade, dando-lhes benefícios em âmbito econômico, e ambiental. (CARMARGO, 2002)

Apesar das vantagens apresentadas o tratamento via escoamento superficial apresenta desvantagens apontadas por Santamaria (2003), tais como:

- A eficiência do tratamento depende de fatores como clima, tolerância e vegetação, declividade do terreno e temperatura;
- A ameaça de contaminar o ambiente, como contaminação do meio ambiente, vegetação, lençol freático, neste caso deve se levar em considerações as características do solo, e verificar se o tratamento é aplicável ou não;
- Riscos de transformar o solo em fonte de agente causadores de doenças;
- Necessidade de solo impermeável para sua alocação

CONCLUSÕES

Uma estação de tratamento de efluente deve promover a eficiência em relação à remoção de poluentes da água. É de suma importância que uma estação seja projetada de forma que atenda as exigências impostas sobre o tratamento de efluentes além de possuir a relação custo-benefício alinhada com o ambiente ao qual se insere.

O tratamento efluente é um auxílio ao combate a escassez de água, visto que diminui a demanda de novos corpos hídricos em atividades que necessitam de águas inferiores, desta forma cabe escolher um tipo de tratamento que adequa-se a realidade do país.

O tratamento via escoamento superficial representa uma tecnologia atrativa para tratamento do efluente visto que possui uma eficiência de remoção positiva, um custo de implantação e operação baixo, demanda energética ínfima, e se adapta a realidade brasileira cujo clima predominante é tropical, porém ainda há necessidade de se estudar mais este tipo de tecnologia para que possa minimizar seus pontos negativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS AGUAS - ANA cadernos de recursos hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília – DF, 2005.

- AGÊNCIA NACIONAL DAS AGUAS - ANA. Atlas Urbana de abastecimento de Água. Brasília – DF, 2015.
- BASTOS, R.K.X; BEVILACQUA, P.D; NASCIMENTO, L.E do; CARVALHO, G.R.M; SILVA, C.V.da. Coliformes como indicadores da qualidade da água: Alcance e limitações. In: XXVII Congresso interamericano de engenharia Sanitária e Ambiental. Viçosa – MG. 2003
- CAMARGO, R. A possível futura escassez de água doce que existe na terra, é a principal preocupação das autoridades. Revista Sinergia, São Paulo, v. 3, n. 6, p.36-42, 2002.
- CERON P.L. M - Efluentes: Resolução CONAMA 430/2011, o que mudou. REVISTA DAE. São Paulo. Ed. n 5. P. 61. 2012
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.
- CORACCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C. A. L.; Tratamento de efluentes sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. PROSAB. Rio de Janeiro, Brasil. 1ª Edição, 1999. 456 p.
- FIESP, Manual de conservação e reuso de água para industrial. São Paulo – SP, 2004;
- FIGUEIREDO, R.F.de. Tratamento de efluentes pelo processo de escoamento superficial no solo. Revista DAE, São Paulo – SP, v. 45, n.140, p. 62- 66, 1985.
- FRANCO, A. C. R. et al. Tratamento de efluentes domésticos por disposição no solo pelo método de escoamento superficial. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente,, Uberaba -MG, v.7,n.2,p.391- 411, 2014.
- HESPANHOL, I. MIERZWA, J. C Reuso de efluente doméstico na agricultura e a contaminação ambiental por vírus entéricos humanos. Biológico, São Paulo, v. 65, n. 1 e 2, p. 19-21, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2010. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa nacional de saneamento básico. Rio de Janeiro: IBGE; 2008.
- MILEN, L C. Tratamento de efluente doméstico pelo método de escoamento superficial no solo: Uma revisão de literatura. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal - PB, v. 9, n. 5, p.26-33, dez. 2014.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. 2003
- REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia análise & dados, v. 13, p. 341-345, 2003.
- RIBAS, T. B. C.; NETO, P. F. Disposição no solo de efluentes de efluente tratado visando à redução de coliforme termotolerantes. Ambi-Agua, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 81-94, 2008.
- SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tratamento de água: Saneamento Básico do estado de São Paulo. 2015.
- SANTAMARIA, J.; TORANZOS, G. A. Enteric pathogens and soil: a short review. International Microbiology, v. 6, n. 1, p 5-9, 2003.
- SANTOS. V. O que é e como fazer “revisão da literatura” na pesquisa teológica. FIDES reformata XVII, nº 1 p. 89-104, 2002.
- SILVA L.M da. Avaliação da eficiência de sistema não convencional de esgotos sanitários e do impacto dos efluentes no corpo receptor. 2003. 150 f. Dissertação de Mestrado – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil
- SILVA, G. H. Sistema de alta eficiência para tratamento. 2004. 75f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnostico dos serviços de água e efluente de 2013. Brasília – DF, 2014.
- SPERLING, V. M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de efluentes. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.
- SPERLING, V. M.. Padrões de lançamento para Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos, AESB. São Paulo – SP. 2009.
- SPERLING, V. M.. Princípios básicos do tratamento de efluentes. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- TERADA, M.; ZUCCOLO, A. C. F.; PAGANINI, W. S. Tratamento de efluentes domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas. Revista DAE, vol. 45, n. 141, p. 249-254, 1985.
- TOMAZ, P. Reuso de efluentes: Promover a reciclagem e reutilização águas residuais e dos resíduos sólidos. São Paulo. 2010. Cap. 4, p. 1-25
- WPCF –Water Pollution Control Federation (1989) Water Rouse (Second Edition) – Manual of practice, Alexandria – VA, US

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da Biblioteca institucional.

Daniel Ribeiro de Oliveira

Kisla Nogueira Tavares

Pindamonhangaba, dezembro de 2015.