

A utilização de mini-estações de tratamento de esgoto em residências

Nícolas Fernandes Martins¹

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia-Campus do Pontal.
nicolas.sc@gmail.com

Resumo

O presente trabalho tratará do desenvolvimento de um protótipo de estação de tratamento de esgoto (ETE), sendo um protótipo onde foram analisados dados químicos e levantamento da microfauna do lodo ativado. Foram analisados antes e após o tratamento do protótipo dados referentes à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Amoniacal, fosfato, óleos e graxas, ph e espectrofotometria. É o primeiro trabalho que utiliza medidas de espectrofotometria em análises de águas tratadas. Todos os resultados comprovam que a estação de tratamento pode ser eficaz em residências que não possuem tratamento de esgoto. Foram realizadas plantas para instalação de uma estação de tratamento em residências.

Palavra Chave: Estação de Tratamento de Esgoto (ete), decantadores e reator anaeróbico ascendente.

1.Introdução

O presente trabalho é o desenvolvimento de um protótipo para estação de tratamento de esgoto em residências domésticas que não possui estações de tratamento nos municípios. Numa estação de tratamento de esgoto (MARTINS, 2009) as águas residuais passam por vários processos com o objetivo de separar ou diminuir a quantidade da matéria poluente da água. Esses processos são muito importantes para diminuirmos os dejetos lançados nos rios, pois estes ocasionam a morte de organismos vivos da água, afetando rapidamente os peixes. Se o esgoto a céu aberto deságua em um rio, esse figurará como uma fonte enorme de matéria orgânica. A Demanda Bioquímica de Oxigênio desse esgoto é considerada alta ou, em outras palavras, as águas do esgoto representarão um alto consumo de oxigênio do rio, exatamente por serem ricas em matéria orgânica¹. O esgoto bruto ou despejo líquido é formado pelos dejetos domésticos e industriais que, quando lançados num manancial, contribuem para sua degradação, afetando sua qualidade. Para preservar os recursos hídricos e evitar a contaminação da fração de água disponível, a edificação e otimização de estações de tratamento de esgoto² são de fundamental importância (SCALIZE, SITA e LEITE, 2003). O protótipo proposto por Kondo e Rosa (2007) possibilita a utilização de materiais recicláveis na construção de uma ETE.

A falta de tratamento de esgotos sanitários é considerado um dos maiores problemas ambientais mundialmente e o caso é alarmante no Brasil. Segundo o IBGE (2007) 47,2% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica. Isso significa que quase 100 milhões de habitantes não dispõem desses serviços; o problema é ainda mais grave nas comunidades rurais e de baixa renda. O Estado do Paraná não se entra em situação muito diferente da brasileira atual. A qualidade e o acesso aos serviços de saneamento estão diretamente relacionados à saúde pública. Água encanada e tratada é considerada um grande benefício para as comunidades, mas se esse serviço não vier acompanhado de um sistema de tratamento de esgoto adequado poderá, em certos casos, não acabar com os problemas de saúde relacionados à veiculação hídrica, tal como verminoses, hepatite e diarreia. A Fundação Nacional de Saúde destaca que, a cada R\$ 1,00 investido no setor de saneamento, cerca de R\$ 4,00 são economizados com a saúde (FUNASA, 1994). Segundo Santos (2006), esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o efluente é produzido, podem ser operados por mão de obra não especializada, possuem baixo custo energético e são menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto.

A descarga de esgoto doméstico não tratado tem sido identificada como uma das maiores fontes de poluição de ambientes marinhos (UNEP/GPA, 2006). Segundo relatório do Programa Global de Ação para Proteção do Ambiente Marinho de Atividades Baseadas em Terra (GPA) (UNEP/GPA, 2006) esse problema ocorre principalmente em países em desenvolvimento nos quais somente uma parcela do esgoto doméstico é coletada e as estações de tratamento existentes, em sua maioria, não funcionam de forma eficiente. A ampliação dos sistemas de distribuição de água potável desencadeou novas preocupações em relação ao esgoto doméstico (Carrera-Fernandez & Garrido, 2002). O lançamento descontrolado de esgotos domésticos em rios, lagos e outros corpos de água, representa uma das principais causas da poluição hídrica no Brasil e no mundo (UNEP/GPA, 2006). A precária rede de saneamento existente na maioria das cidades brasileiras constitui-se na principal origem da poluição das águas, representando a mais importante pressão ambiental sobre os mananciais hídricos. Segundo Margullis et al. (2002), os dados do Censo 2000 indicam que mais de 92% da população urbana conta com alguma forma de esgotamento sanitário, isto é, suas residências estão conectadas a rede de esgoto e/ou possuem fossa séptica ou rudimentar. Neto (1997) afirma que levar o tratamento a toda a população brasileira, independente da classe social, somente será viável sob o aspecto sócio-econômico e ambiental se as soluções técnicas primarem pela simplicidade. Esta condição não deve ser entendida como uma opção pela segunda qualidade, pelo descaso com a eficiência e descuido com a construção, operação e manutenção do sistema. Margulis et al. (2002) apresentam um custo médio por domicílio de US\$ 616,00 a US\$ 685,00 para implantar um sistema de coleta e tratamento de esgoto adequado para a população atualmente sem acesso a este serviço. Em documento sobre as prioridades dos municípios brasileiros (Brasília, 2000) são apresentados dados do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) que indicam um investimento médio de US\$ 420,00 a US\$ 840,00 por domicílio atendido com coleta e tratamento de esgoto. A mesma fonte aponta custos médios anuais de operação entre US\$ 6,00 e US\$ 13,00 por unidade domiciliar. Por outro lado, demonstra-se que para cada US\$ 1 milhão investidos em esgotamento sanitário são criados 55 empregos diretos e 37 indiretos.

Poderão ocorrer também, tanto nas localidades objeto desta pesquisa, como nos demais municípios brasileiros, outros impactos positivos como a geração de novos negócios, a valorização dos imóveis, o desenvolvimento do potencial turístico e a ampliação da arrecadação municipal. Margulis et al. (2002) também constataram uma grande subutilização da capacidade instalada nas empresas de saneamento no Brasil: somente 20% da capacidade de tratamento é utilizada. Esta situação tem origem, em parte, no planejamento deficiente e nos elevados custos de manutenção de grandes ETE's. Estas grandes unidades foram privilegiadas pelas empresas, embora estações menores e menos onerosas pudessem proporcionar um efeito muito maior na qualidade dos rios em áreas ecológica e ambientalmente sensíveis. Parte considerável dos problemas que comprometam a ampliação dos serviços de saneamento é de natureza operacional, ou seja, decorrem da ineficiência no uso dos recursos investidos e não estão relacionados à necessidade de investimentos. A subutilização das grandes ETE's serve de subsídio para a discussão sobre sistemas menores e de complexidade reduzida, já que o ganho de escala que justificou decisões anteriores parece não estar sendo bem aproveitado. A relação custo-benefício da centralização precisa ser revista a fim de ampliar a eficiência dos recursos aplicados no saneamento ambiental. A centralização prevê economia de escala devido ao dimensionamento das ETE's, porém, na prática brasileira relatada na literatura, este benefício parece estar se perdendo. Explica-se: a economia de escala poderia ser obtida a partir de uma determinada quantidade tratada de esgoto, ou seja, os custos fixos são divididos pelo volume produzido. Quando a capacidade instalada é subutilizada, os custos fixos médios daí decorrentes ficam mais elevados do que o projetado, gerando perdas econômicas.

2. Objetivo

O presente trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de estação de tratamento de esgoto que pode ser levado para instalação em uma residência. De início trabalhamos com um protótipo em miniatura, mas que poderá ser extrapolado para utilização em casas ou até mesmo em conjuntos habitacionais.

3. Metodologia

Utilizamos modelos de materiais de baixo custo, como três garrafas plásticas de 6 litros e 1 garrafa Pet de 2 litros, 1 manqueira de 2,5 cm de diâmetro, 1 torneira de fluxo de corrente, 1 bexiga e 1 torneira de filtro de água. Para medidas utilizamos como resultados a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Espectrofotometria

4. Resultados e discussões

A figura 1 representa a protótipo montado para a realização dos experimentos, sendo 1 o decantador primário, 2 a caixa de gordura, 3 o reator anaeróbico ascendente, 4 o decantador secundário.



Figura 1: Protótipo da Estação de Tratamento de Esgoto.

No decantador primário (figura 2) ocorre a deposição de partículas no fundo, por ação da força gravitacional. Na caixa de gordura, a deposição se dá em fases estratificadas, as quais podem ser diferenciadas por coloração. É uma etapa importante, pois separa os materiais para um melhor aproveitamento no reator. Há muitas estações que não possuem decantadores, não otimizando processo e aumentando a demanda de reatores para fermentação. Há muitos processos separados no decantador primário que não são fermentados no reator, é o caso de plásticos, muitos lipídios pesados, fios e derivados do petróleo que são estruturas enormes, de difícil fermentação.



Figura 2: Decantador Primário

A caixa de gordura (figura 3) é de suma importância para reter estruturas grandes. Além de reter grandes manchas de gorduras, nas suas paletas criam-se algas e bactérias naturalmente que degradam grande quantidade de matéria orgânica.

É muito importante a caixa de gordura, pois assegura uma água com poucos resíduos para o próximo processo.



Figura 3: Caixa de Gordura .

A figura 4 representa o reator anaeróbico ascendente. Nele, ocorre o processo de degradação anaeróbica pela decomposição da matéria orgânica por bactérias metanogênicas. O lodo ativado, adquirido de estações de tratamento de efluentes (esse material nos foi doado pela estação do município), possui essas bactérias, as quais, na ausência de oxigênio, produzem metano. Apresenta, também, bactérias aeróbicas, responsáveis pela produção do gás carbônico. A bexiga na parte superior corresponde aos gases metano e dióxido de carbono, sendo o metano utilizado para a produção de energia por geradores. A tabela abaixo mostra o levantamento microbiológico realizado na amostra de lodo ativado nos dias de atividade. Durante o período em estudo as características estruturais dos flocos biológicos não apresentaram variações significativas, permanecendo irregulares, firmes e compactos com presença de poucos filamentos de bactérias filamentosas. Os flocos de lodos ativados são o centro de todo o processo. Muitos problemas operacionais são causados diretamente pelo fato de esses flocos não possuírem uma boa qualidade (Cetesb, 2002).

No lodo ativado os micrometazoários do grupo dos rotíferos contribuem para a manutenção da população de bactérias saudáveis, decompõem a matéria orgânica, atuam na recirculação de nutrientes minerais, alimentam-se de bactérias que não estão aderidas ao floco, contribuindo para a diminuição da turbidez no efluente final e mantém o balanço ecológico do sistema (WEF, 1990, citado por Bento, 2000). Nos dias em que apareceram rotíferos no 2º estágio biológico verificou-se uma queda nos valores de turbidez. Em ambientes muito poluídos, mesmo ricos em matéria orgânica, verificou-se que protozoários não conseguem sobreviver por muito tempo, devido à toxicidade.

Tabela 1 : Dados microbiológicos do lodo ativado

| Grupo | Gênero |
|-------------------------------|------------------|
| Ciliados livres natantes | Paramecium spp |
| Litonotus spp | |
| Spathidium spp | |
| Colpoda spp | |
| Tetrahymena spp | |
| Ciliados predadores de flocos | Chilodonella spp |
| Euplotes spp | |
| Ciliados fixos | Vorticella spp |
| Epistylis spp | |
| Tokophrya spp | |
| Flagelados | Monas spp |
| Heteronema spp | |
| Amebas | Amoeba spp |
| Rotíferos | Philodina spp |
| Philodinavus spp | |
| Rotária spp | |
| Nematóides | Rhabditis spp |



Figura 4: Reator Anaeróbico Ascendente

O decantador secundário (figura 5) é a ultima etapa, onde se decanta pouco do material que passará ao reator e à última caixa de decantação. No protótipo acima trabalhamos com fluxo de 25 L/dia com uma taxa de vazão de 1,25 L por hora.



Figura 5: Decantador Secundário

A DBO (RAVEN, 2002) de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO. A DBO foi analisada no laboratório de química da Universidade Federal de Uberlândia. Pode-se observar que na figura 5, na caixa secundária, obtivemos uma diminuição na DBO final devido aos processos fermentativos na caixa primária.

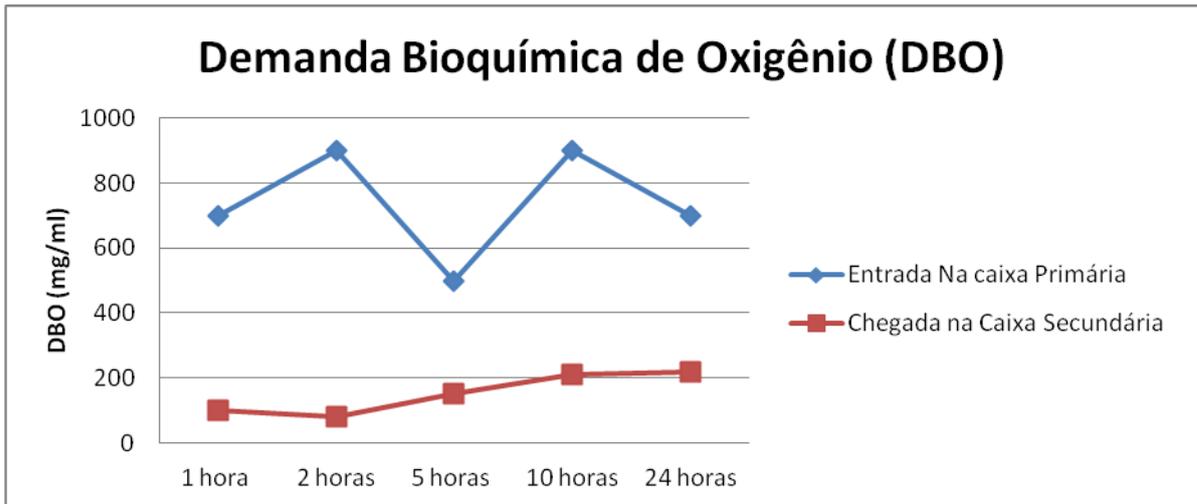


Figura 6: Demanda Bioquímica do Protótipo de Estação de Tratamento de Esgoto.

Nitrogênio amoniacal (RAVEN, 2002) corresponde ao nitrogênio proveniente de um composto derivado do amoníaco. É normalmente expresso em miligramas de nitrogênio por litro (NBR 9896/1993). Em uma análise de água os compostos de nitrogênio são registrados como: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl, nitrato, nitrito. A presença de compostos de nitrogênio na água é usualmente admitida como indicação da presença de matéria orgânica. A amônia é a mais reduzida forma de nitrogênio orgânico em água e inclui NH_3 (amônia) e NH_4^+ (ion amônio) dissolvidos. Embora a amônia seja somente um pequeno componente no ciclo total do nitrogênio, ela contribui para a fertilização da água tendo em vista que o nitrogênio é um essencial nutriente para as plantas. O nitrogênio amoniacal após a caixa secundária foi menor após a fermentação dos compostos.

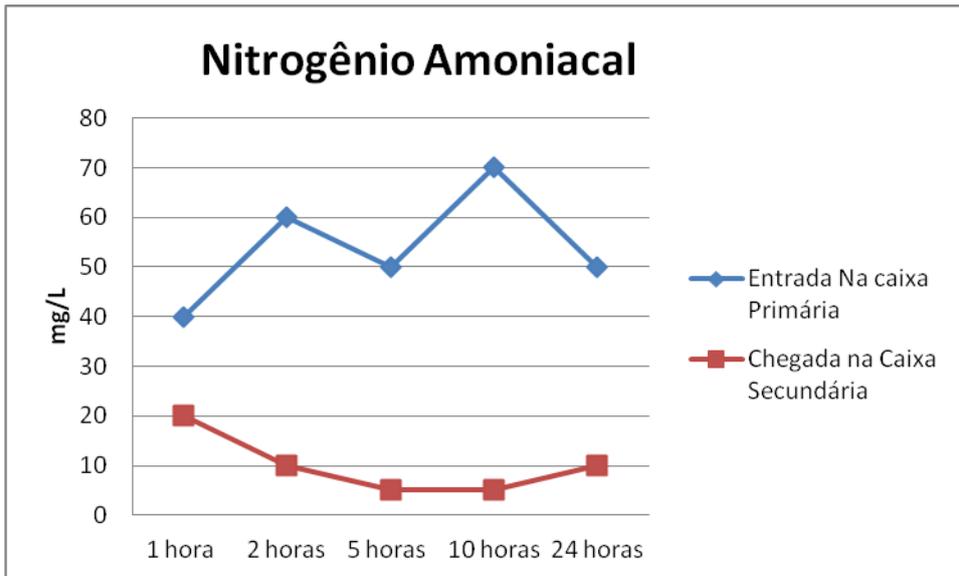


Figura 7: Nitrogênio amoniacal do protótipo de estação de tratamento de esgoto

Na química, um fosfato é um íon poliatômico ou um radical consistindo de um átomo de fósforo e quatro de oxigênio. No campo bioquímico, um íon de fosfato livre em solução é chamado de fosfato inorgânico, para distingui-lo dos fosfatos existentes nas moléculas de ATP. A quantidade de fosfato no final foi muito menor que a inicial, sendo muito importante para uma estação de tratamento de esgoto, pois o fosfato é um dos principais responsáveis pela eutrofização dos rios.

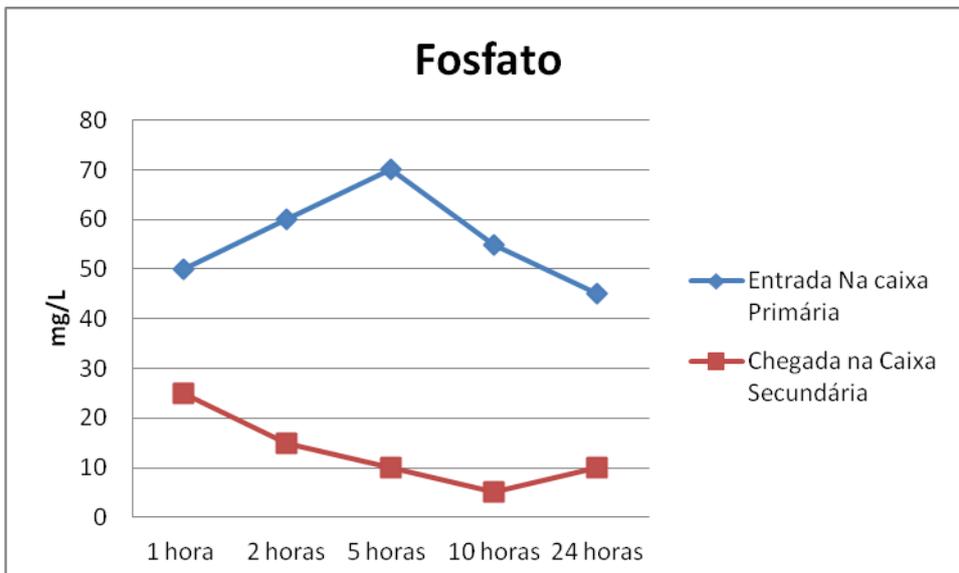


Figura 8: Dados referentes de fosfato do Protótipo de Estação de Tratamento de Esgoto .

O termo óleo e graxas (RAVEN,2002) refere-se a uma classe de substâncias que, por convenção, deve apresentar-se no estado líquido e viscoso nas condições ambientes de temperatura e pressão ao nível do mar. Os óleos são hidrofóbicos (são imiscíveis com a água) e lipofílicos (miscível com outros óleos). Entre as origens dos óleos, temos a vegetal, a animal e a mineral. Nos óleos e gorduras observamos uma grande diminuição muito importante para devolução da água no rio.

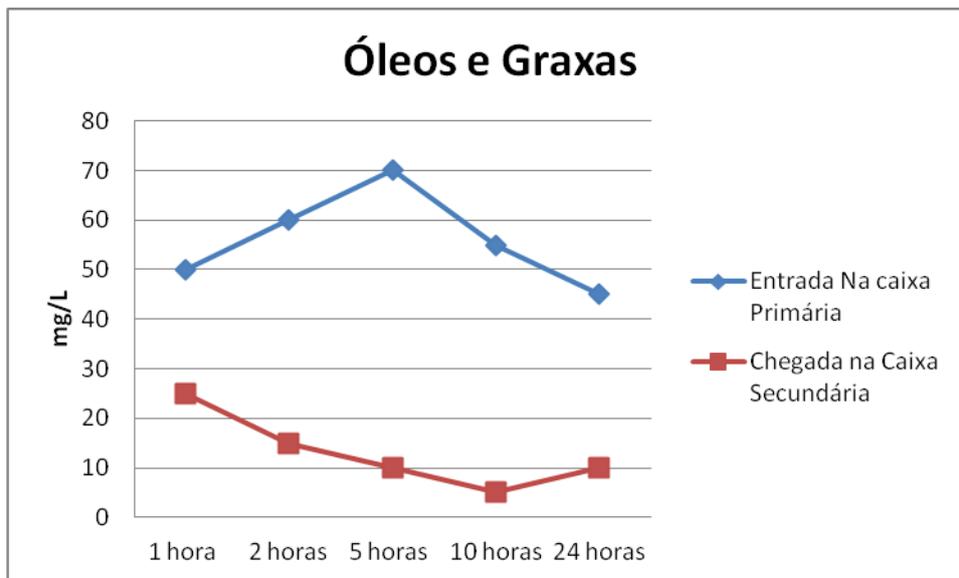


Figura 9: Dados referentes a óleos e Graxas.

O pH refere-se a uma medida que indica se uma solução líquida é ácida ($\text{pH} < 7$, a 25°C), neutra ($\text{pH} = 7$, a 25°C), ou básica/alcalina ($\text{pH} > 7$, a 25°C). Uma solução neutra só tem o valor de $\text{pH} = 7$ a 25°C , o que implica variações do valor medido conforme a temperatura. O CONAMA recomenda-se lançar os dejetos tratados com pH próximo de 7.0, dessa forma o protótipo abaixa um pouco o pH , deixando a água mais básica, mas pode-se tratar a água para estabilizar em próximo do 7.0.

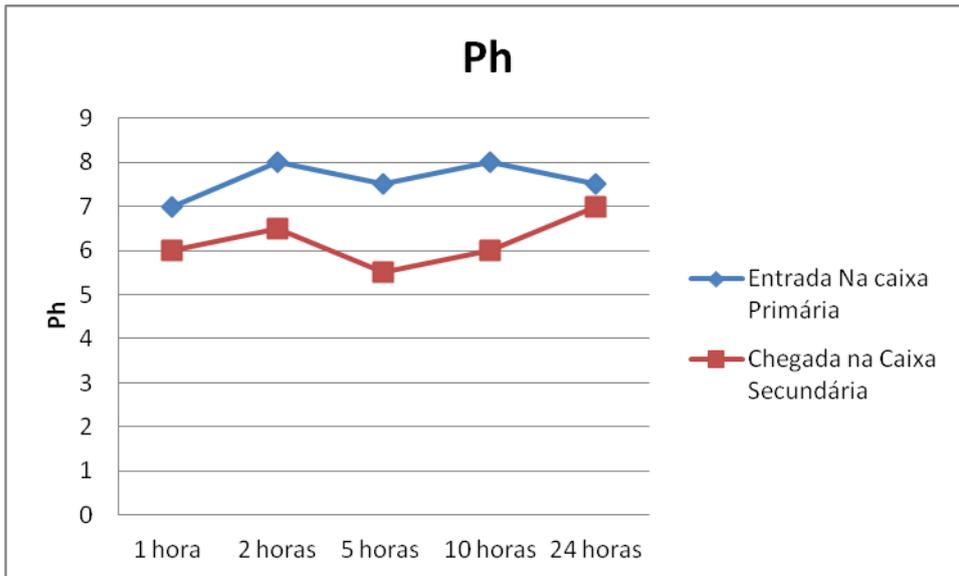


Figura 10: Dados referentes ao Ph, antes e depois do tratamento.

5. Fundamentos teóricos referentes à espectrofotometria.

Para uma medida diferenciada utilizamos um espectrofotômetro e fizemos medidas no início (decantador primário) e no final (na caixa secundária) em intervalos de horas como demonstrado no gráfico abaixo. Os estudos de Pierre Bouguer (1729) e de Johann Heinrich Lambert (1760) verificaram que as propriedades associadas ao processo de absorção de luz podem ser enunciadas em termos de duas leis fundamentais. A primeira lei diz que a intensidade I de um feixe de luz (monocromática) transmitida por um corpo homogêneo é proporcional à intensidade I_0 de luz incidente, ou seja, $I = k \cdot I_0$. A segunda lei diz que a intensidade de luz (monocromática) transmitida decresce exponencialmente com o aumento da espessura da camada do corpo homogêneo. August Beer (1852) estudou a influência da concentração de soluções coloridas sobre a transmissão de luz, concluindo que a intensidade da radiação transmitida decresce exponencialmente quando a concentração do meio aumenta aritmeticamente, desde que a espessura do meio seja mantida constante. Assim, a lei de Beer-Lambert, também conhecida como lei de Beer ou lei de Beer-Lambert-Bouguer é uma relação empírica que associa a absorção de luz com as propriedades do material atravessado pela radiação, sendo expressa de distintas maneiras:

$$A = -\log \frac{I}{I_0}$$

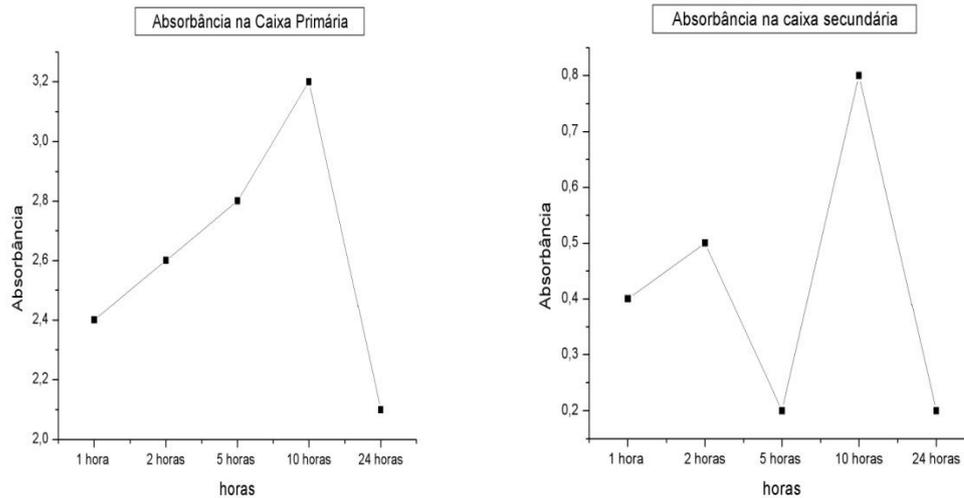


Figura 11: Resultados de Expectofotometria antes e depois do processo fermentativo.

Na caixa secundária os resultados mostram a diminuição de absorbância, ou seja, a água após o processo diminuiu a quantidade de matéria orgânica. A absorbância não é utilizada para quantificar resultados em Estações de Tratamento de Esgoto, mas nesse trabalho obtivemos resultados excelentes com o espectrofotômetro.

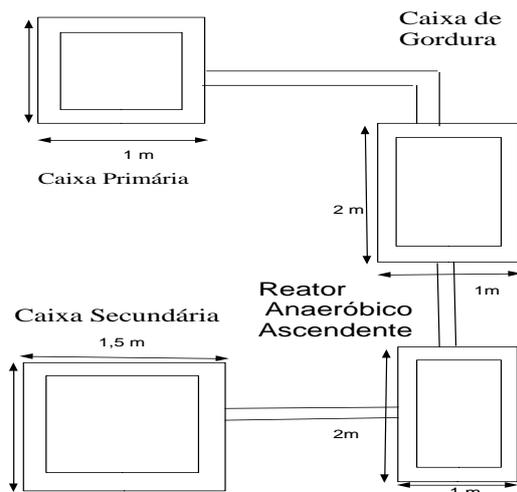


Figura 12: Modelos de Planta desenvolvido para uma estação de Tratamento em Residências. Com um poder de tratamento de 100 l/dia de esgoto. Para aumentar a produção deve-se atentar ao reator anaeróbico, pois possui uma capacidade ideal de fermentação.

A figura 12 representa a planta de uma estação de tratamento de esgoto que pode ser construído em uma casa. A figura 13 representa o modelo de caixas de uma estação de tratamento de esgoto, sendo um projeto futuro para desenvolvimento em forma de caixas, o modelo da figura 12 é de modelo no chão, com caixas de cimento.

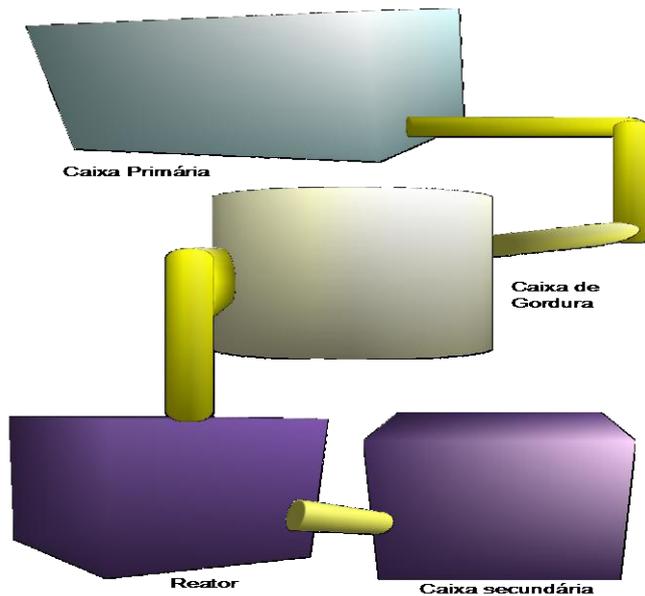


Figura 13: Modelo de caixas desenvolvido para alimentação de 50 l/dia de esgoto

A figura 13 representa um projeto em forma de caixas, onde será realizado para experimentação, muito portátil e de fácil construção.

6. Referências

BRASÍLIA (2000) - Incorporação da coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário na agenda de prioridades dos municípios brasileiros. [http://Andresa G. Wagner, Valeria R. Bellotto / Revista de Gestão Costeira Integrada 8\(1\):93-108 \(2008\)](http://Andresa G. Wagner, Valeria R. Bellotto / Revista de Gestão Costeira Integrada 8(1):93-108 (2008))

BENTO, A. P. Caracterização da Microfauna na Avaliação da Remoção de Nitrogênio e Matéria Orgânica em um Sistema de Tratamento por Lodos Ativados. 687. (2000)

CARRERA-FERNANDEZ, J. & Garrido, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador, Edufba, 2002.

CARVALHO, J. V. Análise econômica de investimentos: eva: valor econômico agregado. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2002.

CETESB. **Microbiologia de Lodos Ativados**, São Paulo, série manuais, 2002.

Tratamento de esgoto doméstico nas escolas. **Química Nova na Escola**, no. 26, p. 33-36, 2007.

MARGULIS, S; HUGHES, G.; GAMBRILL, M. & AZEVEDO, L.G.T. (2002) - Brasil: a gestão da qualidade da água: inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico. Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br/>>.

MARTINS,N,F.; COIMBRA,D.; ETE Subsidiando uma Abordagem Interdisciplinar. **Encontro Nacional no Ensino de Física**. ESNEF, 2009.

Neto, C. O. Andrade. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro, ABES, 1997.

SANTOS, Antonio Netos Ferreira dos. **A Tecnologia Hidropônica como Prática**. Mestrado, Uberlândia, 2006.

SCALIZE, Paulo Sergio; SITA, Wagner; LEITE, Wellington C. de A. Desempenho de tratamento de esgoto doméstico nas escolas. **Química Nova na Escola**, no. 26, p. uma Estação de Tratamento de Esgoto pelo Processo de Lodos Ativados

UNEP/GPA. - The state of Marine Environment: Trends and processes. UNEP/GPA, The Hague. (2006)

The use of mini-stations treatment sewer in residents

The present work was to develop a prototype of a sewage treatment plant (WWTP), where a prototype was being analyzed chemical data and a survey of activated sludge microfauna. Been analyzed before and after treatment of the prototype data for Biochemical Oxygen Demand (BOD), Ammonia Nitrogen, phosphate, oil and grease, pH and spectrophotometry. And the first work that uses spectrophotometry measures analysis of treated water. All results prove that the sewage treatment can be effective in residências where there are no sewage treatment. Realizada out plans for installation of a sewage treatment plant in residences.

Key words: Sewage Treatment Station (ETE), decanters and anaerobic reactor up.