

II-166 – SISTEMA DE REÚSO DA ÁGUA GERADA EM UMA INDÚSTRIA CONCRETEIRA

Fernando Ernesto Ucker⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo Centro Universitário Franciscano – UNIFRA. Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás – UFG.

Lidiane Bittencourt Barroso

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFSM). Doutoranda em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFSM). Professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM).

Maria Isabel Pimenta Lopes

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Diplome D'etude Approfondies Mecanique Structures - Universite de Poitiers e doutora em Genie Mecanique Et Productique - Universite de Tours. Professora Adjunta do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA).

Endereço⁽¹⁾: Rua 6A, nº 180, apto 1104 – Setor Jardim Goiás – Goiânia – GO - CEP: 74805-348 - Brasil - Tel: (62) 8488-7849 - e-mail: ferucker@gmail.com

RESUMO

Surgindo como uma opção inteligente da preservação dos recursos hídricos, o reúso da água torna-se uma alternativa de boa aceitação no mercado industrial, e com grandes benefícios para o meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi gerar um anteprojeto que possibilite o tratamento e reúso do efluente gerado na lavagem de caminhões de uma concreteira localizada no município de Santa Maria - RS. O sistema atual de tratamento do efluente na indústria dispõe apenas de três decantadores. Seguindo como norma básica a NBR 13.969 (ABNT, 1997) que dispõe das classes de água de reúso e padrões de qualidade da água, foi avaliado o efluente gerado. As análises mostraram que o efluente possui elevada concentração de sólidos totais dissolvidos, bem como alteração nos valores de turbidez e cor aparente. Estes resultados comprovaram a ineficiência do atual tratamento, fazendo-se assim necessária a implantação de um novo sistema. Para isto foi dimensionado um reservatório primário, para a água inicial da lavagem, um decantador, para reter parte dos sólidos suspensos, uma caixa para a separação de água e óleo, um filtro composto por areia e pedra brita. Após, esta água fica armazenada em um reservatório, onde é redirecionada para a lavagem, por meio de uma bomba, fechando o ciclo do reúso. O projeto de reúso da água nesta Empresa é de grande valia a partir do momento da sua implantação, eliminando o uso do poço artesiano.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente industrial, Reúso da água, Sistema de tratamento.

INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da população mundial, juntamente com o uso indevido da água, está levando a contaminação de mananciais, tornando a cada dia a água como um bem ainda mais valioso. O intenso uso e exploração dos recursos hídricos, já limitados, nas atividades de produção e consumo estão degradando-os. Diante disso, é cada dia mais visível a necessidade de se reduzir a poluição hídrica, assim como buscar alternativas viáveis para o tratamento e reutilização do efluente.

A escassez e o mau uso dos recursos hídricos fizeram com que a Organização das Nações Unidas - ONU considerasse a água o principal tema do século 21 e declarasse 2003 o ano internacional da água. A proteção da água potável deve garantir que ela não se torne, num futuro próximo, um produto de luxo e, por isto, a ONU para a UNESCO propõe que a década de 2005 a 2015 seja dedicada à busca de soluções (PARA, 2004).

O reúso da água surge então como uma tecnologia capaz de solucionar parte deste problema, e traz, dentre outras, vantagens como à redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma, além de evitar a utilização de água potável para fins não potáveis, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de plantas, lavagem de veículos, entre outros. Esta prática torna-se então uma alternativa de boa aceitação no mercado, e com grandes benefícios para o meio ambiente.

Segundo Brega Filho e Mancuso (2002), o reúso da água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente. Para Telles e Costa (2007), pode-se ainda entender o reúso como o aproveitamento do efluente após seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais.

Na indústria, responsável pela emissão de poluentes e também de outros impactos ambientais a técnica do reúso já é aplicada, mas ainda está associada a iniciativas isoladas, e a maioria dentro do setor privado. O rápido crescimento econômico associado à falta de tecnologia sustentável, bem como a exploração de recursos naturais descontrolada, fez com que este assunto adquirisse interesse público e, por consequência, desencadeou iniciativas políticas e econômicas (TELLES E COSTA, 2007).

No setor industrial, a água pode ser aplicada tanto como matéria-prima como agente de limpeza, em sistemas de refrigeração, produção de energia, entre outras. Algumas vantagens estão levando as empresas a investirem no reúso da água, como a questão econômica, e o comprometimento com a preservação ambiental. Esta preservação, além de conservar os recursos naturais por um tempo maior, poderá ainda trazer para a empresa o status de “ambientalmente correta”.

Segundo Viggiano (2008), o Brasil ainda é carente de normas e diretrizes que definam plenamente os conceitos, parâmetros e restrições ao reúso das águas servidas a nível residencial, comercial e principalmente industrial. Porém, Hespanhol et al (2006) classificam a água de reúso baseado na qualidade requerida por cada classe, sendo considerada principalmente a possibilidade de contato entre o operador da lavagem e o efluente já tratado, conforme a tabela 1.

Acompanhando o crescimento desordenado da população mundial, a indústria de concreto age intensamente no mercado, fornecendo o material necessário para a fabricação de novas moradias. Porém, para a fabricação e uso do concreto, alguns impactos ambientais ocorrem como a geração de materiais particulados e de efluentes provenientes da lavagem dos caminhões responsáveis pelo transporte do concreto. A minimização dos impactos gerados por esta indústria nem sempre é buscada, tendo em vista a pequena fiscalização e busca de qualificação por parte destes.

Tabela 1 – Classes de água de reúso e padrões de qualidade.

Classe	Uso Previsto	Turbidez (NTU)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH	Cloro Residual (mg/L)
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto com o usuário	Inferior a 5	Inferior a 200	Inferior a 200	Entre 6 e 8	Entre 0,5 e 1,5
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, etc.	Inferior a 5	Inferior a 500	-	-	Superior a 0,5
3	Reúso em descargas dos vasos sanitários	Inferior a 10	Inferior a 500	-	-	-
4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos	-	Inferior a 5000	-	-	-

Fonte: HESPANHOL et al (2006)

No sentido de buscar alternativas para a correção de parte dos impactos ambientais gerados, o presente trabalho teve como objetivo geral a elaboração de anteprojeto que possibilite o tratamento e reúso do efluente gerado na lavagem de caminhões em Empresa Concreteira, localizada no município de Santa Maria – RS. O projeto executivo e financeiro não fez parte do escopo deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho desenvolveu-se no município de Santa Maria-RS, com base em visitas técnicas e amostragem do efluente gerado a partir da lavagem de caminhões, na Empresa Supertex Soluções em Concreto Ltda. Para a análise deste efluente gerado foram encaminhadas as amostras ao Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário Franciscano - UNIFRA, localizado na Rua Silva Jardim, nº 1323, Bairro Centro. Os desenhos técnicos contidos neste trabalho foram criados a partir do programa AutoCAD versão 2004.

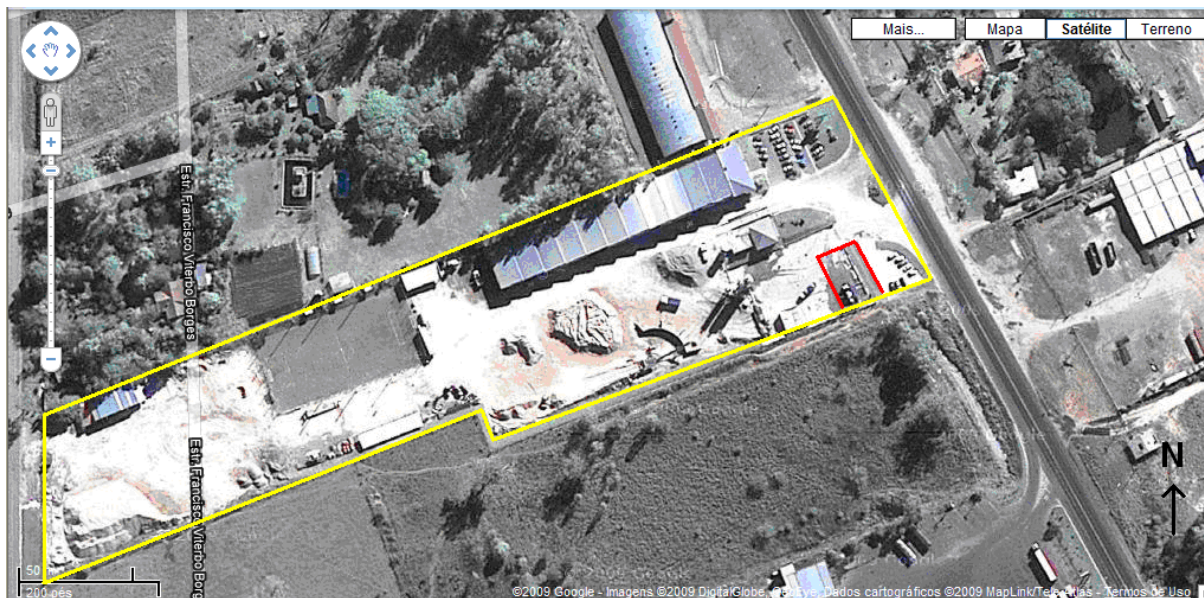


Figura 1 – Localização da Empresa Supertex Soluções em Concreto Ltda (Google Maps, 2009).

Foram coletadas amostras nos meses de junho a outubro de 2009 em cinco pontos pré-definidos. O primeiro ponto corresponde à água limpa proveniente da fonte de abastecimento (poço artesiano) e serviu como parâmetro de comparação (testemunho) dos demais pontos. Nos pontos 2, 3 e 4 estão localizados os decantadores, único sistema de tratamento implantado na Empresa, antes de atingir seu destino final (ponto 5) conforme figura 2.

Para a análise do efluente gerado, as amostras foram avaliadas, de acordo com a metodologia descrita por Macêdo (2003) os parâmetros: pH, cor aparente, turbidez, oxigênio dissolvido, cloro residual, sólidos totais dissolvidos e coliformes fecais/totais. Os aparelhos responsáveis pela determinação dos parâmetros foram devidamente calibrados e testados antes de cada análise.

Os valores obtidos pelas análises foram comparados com os resultados da amostra testemunho e os valores determinados na tabela 1. A avaliação destes parâmetros apresentou a real eficiência dos decantadores instalados na Empresa. Com isto, foi possível verificar a necessidade de se projetar um novo dimensionamento do sistema. Este dimensionamento foi realizado de acordo com o volume e vazão do projeto, bem como a análise dos parâmetros citados por Hespanhol et al (2006).

Os valores obtidos pelas análises foram comparados com os resultados da amostra testemunho e os valores determinados na tabela 1. A avaliação destes parâmetros apresentou a real eficiência dos decantadores instalados na Empresa. Com isto, foi possível verificar a necessidade de se projetar um novo dimensionamento do sistema.

O volume total de água do sistema foi calculado a partir da vazão de água utilizada na Empresa, multiplicado pelo número de lavagens de caminhões feitas por dia, considerando toda a frota utilizada. Este volume foi calculado de acordo com Ignácio (2009).

$$V = Q \times t \quad (1)$$

Em que:

V = Volume total do sistema, necessário para o dimensionamento, em m³; Q = Vazão resultante de todos os caminhões, em m³/h; t = Tempo total de lavagem dos caminhões, expressos em horas.

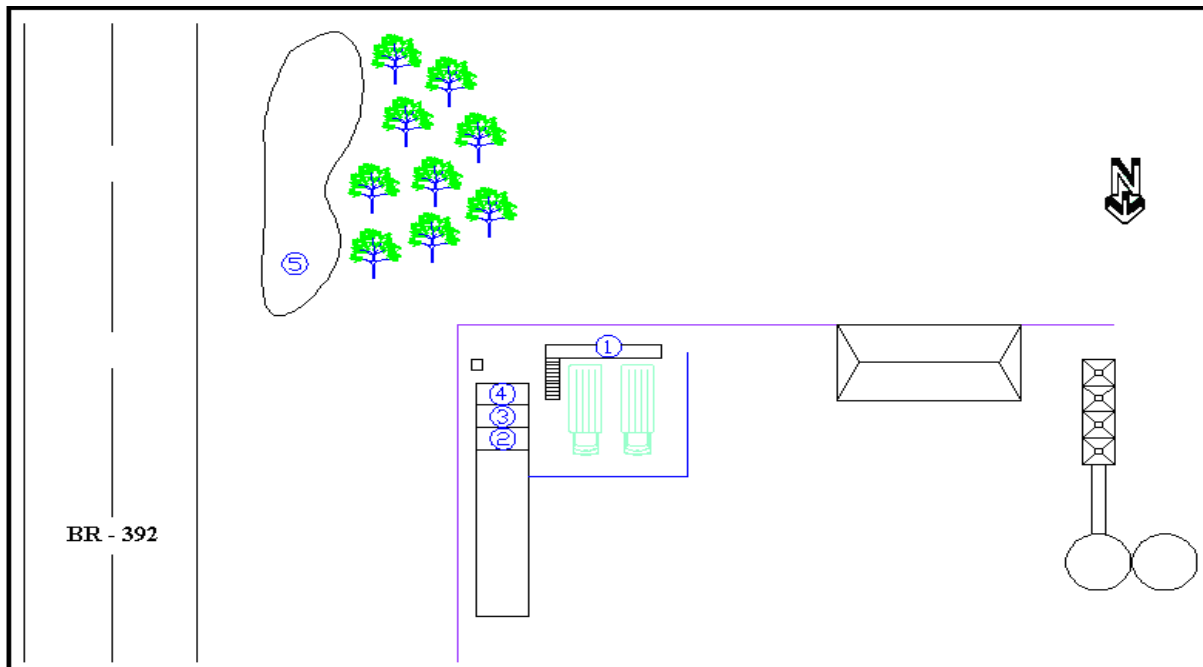


Figura 2 – Croqui do atual setor de lavagem da Empresa.

O reservatório do efluente bruto é o local de armazenamento primário do efluente. É onde os veículos despejam o concreto remanescente dos caminhões betoneira, juntamente com a água utilizada para a lavagem dos mesmos. Para o dimensionamento deste reservatório, foi levado em conta o volume total de água utilizada por dia.

Após passar pelo reservatório primário, o efluente com menos partículas de sólidos, passa por um sistema de decantação. Basicamente, a remoção dos sólidos, sejam estes dissolvidos ou em suspensão, presentes no efluente tem por finalidade eliminar os efeitos ao funcionamento dos componentes das instalações a jusante.

Este sistema foi dimensionado a partir do volume calculado e da vazão do sistema. Fez-se necessário o correto dimensionamento do comprimento e largura do decantador, a fim de reduzir o arraste de partículas pelo mesmo. O comprimento deste sistema foi calculado por meio da equação (2), descrita por Jordão e Pessoa (2005). Após ser encontrado o valor do comprimento, pode-se atribuir um valor para a largura do decantador, obedecendo à equação (3), também descrita por Jordão e Pessoa (2005). A fim de evitar o efeito de turbulência da água ao entrar no decantador, é adicionado na equação (2) uma porcentagem variante entre 5 e 50%. Para este caso, aleatoriamente foi atribuído 10%.

$$L = 15 (+10\%) \times h \quad (2)$$

Em que: L = Comprimento do decantador; H = Altura do decantador.

$$3 < \frac{\text{Comprimento}}{\text{Largura}} < 4 \quad (3)$$

A remoção de óleos e graxas é de grande importância para o funcionamento correto dos sistemas de tratamento, sejam eles de efluentes residenciais ou industriais. Retirando este material do sistema, estar-se-á evitando odores e o aspecto desagradável que este causará. Devido à constatação visual da presença de óleos no efluente gerado na Empresa, fez-se necessário a instalação de um sistema capaz de removê-lo. O valor da área de cada câmara do separador foi calculado de acordo com Tomaz (2005).

$$A = \frac{F \times Q}{V_t} \quad (4)$$

Em que:

A = Área de cada câmara, em m²;

F = Fator de turbulência;

Q = Vazão do sistema em m³/s;

V_t = Velocidade ascensional final da partícula de óleo em cm/s.

Depois de passado pelo decantador e caixa separadora de água e óleo, o efluente, livre do óleo e da maior parte dos sólidos, passa por um filtro, composto de areia de diferentes granulometrias, pedra brita e manta geotêxtil. Este filtro terá a função de reter o restante de sólidos presentes no efluente, a fim de não danificar a tubulação e equipamentos do processo. A espessura das camadas e altura da caixa de areia foi dimensionada a partir de Di Bernardo e Dantas (2005), o qual estabelece valores mínimos de camadas para filtros rápidos por gravidade.

A água da lavagem de caminhões após tratamento é encaminhada até um reservatório, para possível reúso. Este reservatório foi calculado de acordo com o volume inicial, e terá seu início ao final da altura do filtro, para ser aproveitada a ação da gravidade, gerando assim menor gasto com bombeamento.

Para o dimensionamento da bomba da água de lavagem de caminhões foram realizados os passos, de acordo com o manual técnico disponível no site das Indústrias Schneider SA (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da tabela 2 mostram a média dos valores obtidos entre os meses de junho e outubro de 2009, e comprovam a ineficiência dos decantadores em funcionamento na Empresa. Em comparação com a água do poço artesiano utilizado para a lavagem dos caminhões, nota-se o aumento significativo dos parâmetros analisados, como a cor aparente, turbidez, sólidos totais dissolvidos e pH.

Tabela 2 – Média dos valores obtidos para a análise dos decantadores entre junho e outubro de 2009.

Parâmetro	P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5
pH	7,18	12,00	11,99	11,99	11,72
Cor aparente (Pt-Cb)	1,34	37,38	23,78	19,9	18,72
Turbidez (NTU)	1,32	67,16	63,46	61,28	58,14
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	89,0	2188,2	1558,4	2546,2	2350,7
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	10,338	8,496	7,888	6,916	9,415
Coliformes totais/fecais (NMP/100ml)	0	0	0	0	0
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0

Os resultados na tabela 2 mostram a não conformidade com o Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria (2006) com os parâmetros pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos para um reúso de água classe 1, a qual envolve a lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto com o usuário. Torna-se necessário por isto a construção de um novo sistema de tratamento do efluente gerado, para possibilitar assim o reúso da água.

Com um cronômetro foi contabilizado o tempo de lavagem dos caminhões, onde se obteve uma média de 6 minutos e 22 segundos por caminhão. O valor foi multiplicado pelo número de caminhões da Empresa, atualmente 8, e pelo número médio de vezes que cada caminhão é lavado por dia, 3. Com isto, foi possível estimar um total de 2 horas, 32 minutos e 48 segundos de funcionamento da bomba por dia. Utilizando como base uma vazão máxima de 7,0 m³/h, podemos chegar ao volume de 17.826 L/dia de água utilizada.

O sistema implantado possui um reservatório dimensionado com 13,45 m de comprimento, 3,26 m de largura, e 0,80 m de profundidade. Este reservatório será a primeira etapa do tratamento do efluente, sendo responsável pela sedimentação de grande parte do material grosseiro presente. O reservatório deve ser construído de forma para facilitar a entrada de máquinas para a remoção do material sólido decantado neste setor. Para suportar o volume útil estipulado, deve-se construir esta etapa de tratamento com 0,90 m de altura na parte mais profunda,

até a tubulação de passagem do efluente à próxima etapa de tratamento, tendo um comprimento total de 9,00 m, além desta largura, de 3,26 m, perfazendo um total de aproximadamente 20,50m³.

De acordo com a baixa vazão da Empresa, faz-se necessário apenas um decantador, o qual foi dimensionado a partir da velocidade de sedimentação das partículas com diâmetro menor do que 0,10 mm, que gira em torno de 0,16 m/s. Aplicando as equações (1) e (2), foi encontrado para o sistema de tratamento um decantador com 10,00 m de comprimento, 0,70 m de altura útil e 2,50 m de largura. A fim de não parar o funcionamento do sistema nos dias de limpeza, 2 decantadores são igualmente instalados, um ao lado de outro, fazendo parte de um sistema de decantação em conjunto.

Utilizando dados referenciados por Tomaz (2005), o qual dá valores de Fator de Turbulência (F) em torno de 1,74, e velocidade ascensional (Vt) em torno de 0,002 m/s, foi encontrado o valor da área da caixa separadora que fica no meio do sistema, onde ocorre a separação propriamente dita, que é de 1,70 m². Para a altura útil do sistema foi utilizado o valor mínimo permitido, que é de 0,90m. A água passa de tanque para tanque por meio de um sistema de sifão instalado com tubulações em PVC de 100 mm, distantes 0,30 m do fundo da caixa.

O filtro foi dimensionado com 1,00 m de comprimento, 1,50 m de largura, e altura total de 1,00 m, contando com a altura livre acima da primeira camada filtrante. A camada suporte, também chamada de fundo falso, composta por pedra brita número 1, terá altura de 0,15 m. Junto com esta camada de pedra brita são necessários coletores da água filtrada, os quais são compostos por tubulação em PVC de 50 mm, interligados por outra tubulação central e assim escoados em PVC de 100 mm até a próxima etapa do sistema. Acima desta camada deve haver uma manta geotêxtil, que recobrirá toda área horizontal desta camada. A camada de areia retida em peneira malha 10 terá altura de 0,25 m. Acima deve haver outra camada de areia, porém mais fina, passante em peneira número 10, de 0,20 m. Entre estas duas camadas de areia haverá novamente manta geotêxtil. A primeira camada contará com pedra brita número 1, e terá 0,10 m de altura. Acima destas camadas, deve haver uma altura livre de 0,30 m, para futura lâmina de água.

Este reservatório foi dimensionado a partir do volume total do projeto, e possui 4,00 m de comprimento e 4,00 m de largura, com profundidade de 1,50 m de altura útil para a água tratada. A fim de projetar um sistema que seja conduzido pela ação da gravidade, este reservatório começará a partir do final do filtro. Para o dimensionamento da bomba foi adotado o parâmetros de rendimento da bomba como o global, em 70%.

Com isto, obteve-se então valores de vazão: 7,0 m³/h, diâmetro de recalque: 40 mm, diâmetro de sucção: 50 mm, altura manométrica total: 7,81 m e potência do motor de 1 CV.

O anteprojeto (figura 3) dimensionado neste trabalho teve por objetivo reduzir os impactos ambientais do estabelecimento, tornando o sistema de lavagem da Empresa fechado, e poupando em torno de 18 mil litros de água de poço artesiano por dia.

CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível verificar a necessidade de melhoria no sistema de descarte do efluente da lavagem de caminhões da Empresa Supertex Soluções em Concreto Ltda. O despejo incorreto deste efluente em vala nas proximidades, pode trazer sérios riscos ao ambiente local, como a diminuição da infiltração no solo, o aumento excessivo do pH e a contaminação do lençol freático. O efluente apresentou uma grande disparidade entre a amostra testemunho (poço artesiano) e a amostra no final do sistema de tratamento.

O anteprojeto proposto para a realização do tratamento do efluente gerado e o seu reúso na lavagem de caminhões irá possuir as dimensões: reservatório inicial: 9,00 x 3,26 x 0,90 m; decantadores: 10,00 x 2,50 x 0,70 m; caixa separadora de água e óleo: 1,00 x 3,26 x 1,00 m; filtro: 1,00 x 1,50 x 1,00 m; e por último o reservatório final: 4,00 x 4,00 x 2,90 (a partir do nível do solo) m, sendo as dimensões em: comprimento x largura x altura, respectivamente.

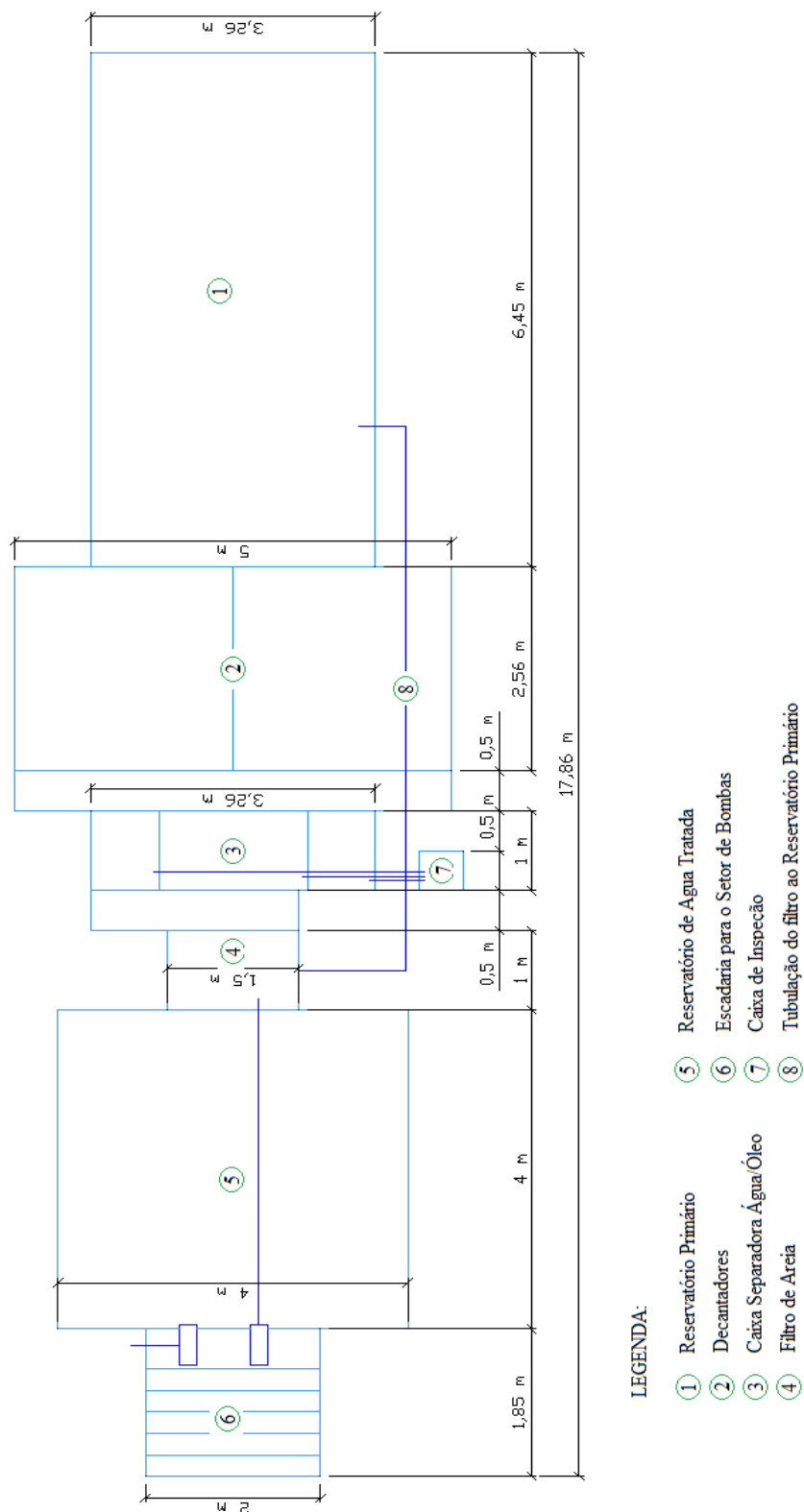


Figura 3 – Vista superior do modelo final do anteprojeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997.
2. BREGA FILHO, D. e MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso da água.** In: **Reúso da Água; Capítulo 2.** Eds. P.C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo. 2002.
3. DI BERNARDO, L e DANTAS, A., **Métodos e técnicas de tratamento de água** – Volume 2, Editora Rima. São Paulo. 2005.
4. GOOGLE MAPS. **Endereço: BR 392 Km 3,5 nº 4401, Bairro Minuano, Santa Maria - RS.** Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>> Acesso em: 21/12/2009. MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** Editora Saraiva. 2ª edição, São Paulo SP, 2006.
5. HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. D. B. e SILVA, M. C. C.. **Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria.** 1. Ed. Rio de Janeiro: DIM, 2006.
6. IGNÁCIO, R. F. **Curso básico de mecânica dos fluídos.** Disponível em: <<http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/Apostila/Unidade%203/Primeira%20aula%20da%20unidade%203.pdf>>. Acesso em 3 de novembro de 2009.
7. INDÚSTRIAS SCHNEIDER SA. **Manual técnico.** Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/>> Acesso em 7 de dezembro de 2009.
8. JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. Ed. Rio de Janeiro, RJ. 2005
9. MACÊDO, J. A. B. de, **Métodos laboratoriais de análises: físico-químicas e microbiológicas.** 2. Ed. Belo Horizonte, MG. 2003.
10. **PARA Multiplicar a água.** Casa Cláudia, Ed. Abril, p.112-116, fev.2004.
11. TELLES, D. D. e COSTA, R. H. P. G.. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 1. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
12. TOMAZ, P. **Caixa de retenção de óleos e sedimentos.** 2005. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/NormaAguaDeChuva/NormaDownloads/Capitulo07-Captaaodeoleosegraxas.pdf>> Acesso em: 08/12/2009.
13. VIGGIANO, M. H. S. **Reúso das águas cinza.** Disponível em <<http://www.casaautonoma.com.br>>. Acesso em: 14 de maio de 2009.