



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC

XX Semana Unificada de Apresentações

Engenharia Ambiental e Sanitária

**ANAIS
PROJETOS INTEGRADORES**

São Paulo
De 25 a 29 de novembro de 2019

SUMÁRIO

Análise da percepção ambiental dos diferentes públicos do senac-cas em relação ao SGA.....	05
Teste de tratabilidade: neutralização de pH ácido de águas subterrâneas <i>in situ</i>	17
Elaboração de um modelo de aquífero granular para testes de bancada de descontaminação por processo oxidativo utilizando peróxido de hidrogênio na oxidação de amônia.....	30
Proposta de um Filtro de Areia para a Unidade de Beneficiamento de Leite da Laticínio Soberano - Maria da Fé (MG).....	47
Tratamento do efluente de uma indústria de laticínios utilizando filtro de areia.....	55
Sistemas ambientais e qualidade ambiental: pesquisa e desenvolvimento de sistema alternativo de tratamento de efluentes para uma indústria de laticínios.....	61
Estação de tratamento de esgotos – sistema mbbr como tecnologia para tratamento de efluentes de shopping center.....	66
Projeto executivo de engenharia: tratamento de esgoto de <i>shopping center</i> para fins de reuso - reator UASB.....	82

Esta é mais uma edição dos Anais dos Projetos Integradores (PI) apresentados sob forma de pôster e comunicação oral durante a realização da XVIII Semana Unificada de Apresentações. Para cada semestre do curso houve o atendimento da disciplina de PI para as habilidades e competências do futuro Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Considerando o reduzido número de alunos matriculados nas disciplinas DPs especiais de PI-I e PI-II, neste semestre elas foram excepcionalmente integradas no sentido de realizar um único projeto de um único grupo. O objetivo do PI-I é o de realizar um estudo com visão sistêmica sobre alguma temática ambiental, enquanto o de PI-II é o de realizar um Diagnóstico socioambiental sobre determinada situação real e próxima aos alunos. Para a integração das disciplinas, foi definido fazer uma pesquisa sobre Percepção Ambiental a partir de uma demanda efetiva. A demanda escolhida foi a preocupação da gestora e do comitê do SGA do Senac Campus Santo Amaro com a visibilidade do seu Programa de Ecoeficiência e as dificuldades no envolvimento e mobilização de pessoas em suas atividades. Para isso, foi elaborado um questionário com base tecnológica no Google Forms. Durante 2 semanas de outubro, ele foi aplicado em uma amostra composta pelos vários públicos do CAS – professores, alunos, funcionários administrativos, funcionários de limpeza, funcionários de manutenção, terceirizados de segurança, concessionários e visitantes. Os resultados foram consolidados para a apresentação formal acadêmica (apresentação e pôster na SUA e artigo), bem como a elaboração de um Relatório técnico para entrega ao comitê do SGA.

O projeto integrador IV teve como objetivo realizar uma simulação de um processo de intervenção em área contaminada. Para isso foi realizada a construção e operação de um modelo teste de bancada ou de tratabilidade, com contaminação controlada em um aquífero granular. Para tanto os alunos utilizaram suas habilidades e competências adquiridas no curso para: a) Elaboração do modelo com projeto em softwares de desenho e modelagem 3D; b) Elaboração do modelo físico em acrílico através do uso de uma máquina CNC de corte laser no laboratório de designer industrial; c) Montagem do modelo com inserção de poços de monitoramento em acrílico e seu preenchimento com areia com granulometria de 0,5 mm no laboratório multifuncional; d) Elaboração de testes em fase líquida para definir o tipo de contaminação e seu modelo de remediação no laboratório de química; e) Contaminação do modelo com solução contaminada de concentração conhecida e estabilização do nível freático no laboratório multifuncional; f) Após estabilização iniciou-se o processo de descontaminação com solução de concentração conhecida. Foram escolhidos dois tipos de processos de descontaminação, sendo um de oxidação e o outro de neutralização. O processo do projeto integrador buscou integrar diversas disciplinas buscando explorando a metodologia do aprender fazendo, e tendo como base o conhecimento e a problematização surgida anteriormente no projeto integrador III.

O Projeto Integrador VI foi antes de tudo motivado por experiências de metodologias ativas, particularmente na aprendizagem por problemas e por projetos. Desta forma é importante compreender que muito mais do que o resultado final, foi o processo de pesquisa e desenvolvimento, o caminhar entre as etapas de compreender o cenário da empresa parceira; a definição de um problema específico para atuar; as várias possibilidades de solução existentes na literatura; os ensaios de bancada; os testes da metodologia escolhida; e por fim, dimensionar ou inovar na proposição de uma ou mais soluções que atendessem o cliente já numa escala industrial. Neste semestre o cenário problema apresentado foi a empresa de laticínios Grupo Soberano, em continuidade a trabalhos realizados no PI V, sob a orientação da Profa Silvia Mac Dowell, com a apresentação de planos de negócios. A unidade principal, em Maria da Fé (MG) possui uma infraestrutura que processa 40 mil litros/dia de leite, todavia estão ampliando suas instalações e a nova planta industrial deverá processar 100 mil litros/dia, ampliando também os problemas tecnológicos e ambientais ou

de produção da empresa, listaram os problemas ambientais presentes e futuros e escolheram a pesquisa, desenvolvimento e proposição de um sistema mais eficiente de tratamento dos efluentes gerados na produção de queijo (considerando duas rotas possíveis: físico-química e/ou biológica) ou ainda a opção de não geração (ou redução na geração) do efluente. Os alunos seguiram pelo tratamento físico-químico, pois essa rota tinha a possibilidade da separação da caseína do leite, o que poderia resultar em um novo tipo de produto a ser comercializado pela empresa, a partir do reaproveitamento de seu efluente. Foram realizando diversos ensaios de bancada para determinar os parâmetros e a melhor forma de realizar o tratamento, incluindo a prototipagem de um sistema de filtro de areia; além do envio do efluente bruto e tratado para análise em um laboratório da USP. Da bancada os alunos pensaram no dimensionamento para um sistema industrial tendo que pensar na viabilidade técnica, ambiental, econômica e legal dos processos propostos por eles. Desta forma, faz-se necessário destacar que mais do que um resultado final específico, o que foi valorizado neste PI foi o processo de pesquisa e desenvolvimento, isto é, o caminho percorrido pelos alunos.

O objetivo do PI VIII consistiu na elaboração de um projeto executivo a partir de um básico previamente aceito pelo cliente. O projeto da ETE foi desenvolvido para um shopping center e realizado atendendo normas do CONFEA. O dimensionamento consistiu nas etapas do tratamento primário com o gradeamento, o tratamento secundário com a tecnologias do Reator de Biofilme de Leito Móvel (MBBR) para o grupo 01 e Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) para o grupo 02. O tratamento terciário possibilita a promoção de reuso do efluente tratado e assim apresentar o tempo de retorno do investimento. A metodologia utilizada no dimensionamento de cada etapa consistiu da estimativa populacional de frequentadores do local, da contribuição per capita de esgoto, e uso de literatura técnica para cálculos de eficiência de tratamento, geração de lodo, custos de projetos, além das normas técnicas da ABNT: NBR 13.969/1997 e a NBR 12.209/2011. Por fim, foi solicitado pelo cliente uma apresentação em vídeo com o projeto 3D da tecnologia de tratamento dimensionado.

Equipe organizadora da XX SUA

Alessandro Augusto Rogick Athie; Alexandre Saron; Emilia Satoshi Miyamaru Seo e Silvia Ferreira Mac Dowell.

Editor da XX SUA

Alexandre Saron

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS DIFERENTES PÚBLICOS DO SENAC-CAS EM RELAÇÃO AO SGA

Andressa Duarte Gil, Carlos Alberto Bernardo da Silva Filho, Maisa Rodrigues Cardoso
Professora Sílvia Ferreira Mac Dowell
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA Ambiental e Sanitária

CÓDIGO: BEAS_PI_I_e_PI_II

RESUMO

Este artigo teve como objetivo trazer os principais resultados do PI-I e II, disciplina e que foi realizada a pesquisa sobre Percepção Ambiental dos diferentes públicos do Centro Universitário Senac campus Santo Amaro em relação ao Sistema Senac de Gestão Ambiental (SGA). Para elaboração deste trabalho foram realizados levantamentos de dados sobre o que é o SGA, os conceitos, normas regulamentadoras e metodologia de aplicação. Também foi realizada uma pesquisa com amostra dos diferentes públicos. Os levantamentos foram sistematizados e apresentados em forma de

relatório e artigo. O relatório final foi entregue à Comissão interna do SGA do Campus.

Os principais resultados apontam falta de divulgação e comunicação referente ao que é realizado e seus programas. O grupo que teve maior dificuldades de acesso e respostas menos conscientes do público alunos.

Isso pode demonstrar um certo distanciamento e pouco envolvimento com questões ambientais por parte do alunado e também estratégias comunicacionais pouco efetivas.

PALAVRAS-CHAVE: Percepção Ambiental, SGA, SENAC

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL PERCEPTION OF SENAC-CAS'S STAKEHOLDERS IN RELATION TO THE EMS

ABSTRACT

This work aimed to analyze an environmental perception of the different audiences of the Senac Santo Amaro university campus in relation to the Environmental Management System (EMS), with a view to contributing to greater awareness on campus. To elaborate this work, data were collected about what is the EMS, the concepts, regulated norms and methodology of application. A survey was also conducted with samples from different audiences. The

surveys were systematized and presented in report and article form. The report will be delivered to the Campus EMS Internal Committee.

The group that had greater access difficulties and less conscious responses from the public students. This may demonstrate some detachment and little involvement with environmental issues by the student as well as poor communication strategies.

KEYWORDS: Environmental Perception, EMS, SENAC

1 INTRODUÇÃO

Este artigo refere-se ao projeto desenvolvido no âmbito do Projeto Integrador I e II, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, no segundo semestre de 2019. O foco do PI é realizar um Diagnóstico socioambiental sobre uma situação ou problemática real. Para este trabalho, foi definida a necessidade de estudar a situação do Sistema de Gestão Ambiental do Campus Santo Amaro do Centro Universitário Senac. Para isso, o objetivo deste artigo é trazer os resultados da pesquisa realizada de Percepção Ambiental sobre o Sistema de Gestão Ambiental do CAS-Senac.

O Centro Universitário SENAC é composto por três campi (um em São Paulo e dois no interior-Águas de São Pedro e Campos do Jordão). O foco deste estudo foi sobre o campus Santo Amaro, de São Paulo, que funciona desde 2004 e abriga mais de 35 cursos de Graduação e 30 de Pós presenciais, além da base para diversos cursos EAD. O Centro Universitário SENAC está situado na Av. Eng. Eusébio Stevaux, 823 - Santo Amaro, São Paulo.

O sistema de gestão ambiental do CAS-Senac faz parte do Programa Ecoeficiência, aprovado pelo Conselho Regional do Senac São Paulo em 2002, por meio da Resolução nº 45/2002 e que possui o reconhecimento da questão ambiental como parte do seu compromisso social (SENAC,2015).

A implantação do programa ecoeficiência nas redes do Senac tem como foco envolver ações de eficiência no uso de recursos naturais e materiais, como: redução de consumo de energia, diminuição do consumo de água, redução da geração de resíduos e destinação adequada dos resíduos gerados, aplicação do programa de reciclagem, implantação de estratégias ecoeficientes, além de novas tecnologias, apostando na disseminação interna e externa de uma consciência ambiental por meio de atividades com foco em educação ambiental e criações de projetos de sustentabilidade (SENAC,2010).

A metodologia adotada para o desenvolvimento e manutenção do SGA é ciclo do PDCA (Plan, Do Check e Act) que são pré-estabelecidas os requisitos de planejar, implementar, verificar e fazer a análise crítica, que tem como objetivo atender os principais compromissos com o meio ambiente e se certificar que ocorrera de maneira evolutiva (SENAC,2015).

Apesar de contar com um Sistema de Gestão Ambiental, o comitê gestor do SGA preocupa-se com a sua pouca visibilidade e a baixa participação de alunos e professores nas atividades. Neste sentido, conhecer a Percepção ambiental dos diversos públicos do Senac sobre o SGA e o Programa de Ecoeficiência é fundamental para conhecer a realidade e propor medidas de melhoria.

A percepção ambiental é hoje, um tema recorrente que vem colaborar para a consciência e prática de ações individuais e coletivas. Sua relevância está em compreender melhor as inter-relações entre o homem e o ambiente, suas expectativas, suas satisfações e insatisfações, expectativas, julgamentos e condutas (PACHECO e SILVIA 2007 *apud* CUNHA; LEITE,2009).

O artigo apresenta uma rápida fundamentação teórica, os aspectos metodológicos e os resultados obtidos na pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

Para este estudo, foi necessário levantar os conceitos e informações relativas ao tema da percepção ambiental, bem como aspectos sobre Ecoeficiência e sistemas de gestão ambiental.

2.1 Percepção e Percepção ambiental

Durkheim (2009, apud RODRIGUES, et. al., 2012) interpreta a percepção como um modo de representação social. Penna (1982, apud RODRIGUES et. al., pág. 11, 2012) afirma que “perceber é conhecer”, e sugere que, quando a distância no espaço ou ainda limitação informativa possa excluir o ato perceptual de pensar ou imaginar.

Piaget (1967, apud RODRIGUES, et. al., 2012) define percepção à medida que a diferencia da inteligência, e também aborda a distância como um dos seus condicionantes. Na teoria Skinneriana, o conceito de percepção é aplicado por meio do comportamento complexo e que se inter-relaciona com muitos outros.

Assim sendo, a percepção é o componente fundamental em estudos das funções sociais e abrange os ônus de vivência de cada elemento com o fenômeno abordado e só pode ser elencado em contato direto com o mesmo (Merleau-Ponny, 1990, 1999, apud RODRIGUES et. al., 2012).

Kevin Lynch, estudou a percepção com ênfase no indivíduo e sua imagem ambiental como fator de equilíbrio da relação entre o homem e o meio ambiente, excluindo as raízes históricas.

Roger Downs se baseava na geometria analítica e na percepção ambiental para explicar a existência de três formas de aproximação para o comportamento espacial: “estrutural, que se refere a identidade e estruturação da percepção do espaço; avaliativa, que procura estimar os fatores ambientais valorizados pelas pessoas; da preferência, que procura diferenciar espacialmente os objetos a partir da escala de preferência”.

Os estudos que se baseiam na percepção ambiental propõem que não só a relação entre o homem e o meio ambiente seja estudada, mas também que as perspectivas em pesquisas científicas, sociais ou políticas sejam elucidadas através da utilização deste conceito (Pacheco e Silvia, apud RODRIGUES et. al. 2006), promovendo inclusive a sensibilização e compreensão do meio ambiente a partir do desenvolvimento de um sistema de percepção (Faggionato, apud RODRIGUES et. al. 2009).

2.2 Ecoeficiência

O termo Ecoeficiência foi lançado pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), conselho formado por grandes empresas internacionais, que tem como objetivo de utilizar a liderança empresarial para promover o desenvolvimento sustentável (SENAC, 2010).

Conforme o WBCSD, “a ecoeficiência é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra”.

Muitas empresas buscam a ecoeficiência para melhorar a performance ambiental por meio de otimização ou redução do uso de água, energia, materiais e matéria-prima no processo produtivo. Isso significa que as empresas têm que gerar menos resíduos e efluentes e se responsabilizar pelos seus produtos no ciclo de vida completo (SENAC, 2010).

2.3 Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

O SGA é um conjunto de políticas, práticas e procedimentos técnicos e administrativos de uma empresa com o objetivo de obter um melhor desempenho ambiental e contribuir para direcionar as ações e buscar um equilíbrio para o homem, indústria e do meio ambiente (NETO, 2014).

O propósito dos sistemas de gestão ambiental pode ser sintetizado como uma possibilidade de desenvolver, implementar, organizar, coordenar e monitorar as atividades organizacionais relacionadas ao meio ambiente visando conformidade e redução de resíduos (MELNYK; SROUFE; CALANTONE, 2002).

Além de contribuir com a responsabilidade social e com o cumprimento da legislação, estes sistemas possibilitam identificar oportunidades de redução do uso de materiais e energia e melhorar a eficiência dos processos (CHAN; WONG, 2006).

Normas do SGA: ISO 14000

As primeiras normas da série ISO 14000 datam de 1996, e tratam de Sistemas de Gestão Ambiental. Desde então, outras normas foram editadas sobre diversos tópicos, tais como: auditoria e rotulagem ambiental, e avaliação do ciclo do produto.

Até abril de 2004 estas formavam um sistema de 25 normas, todas tendo por base o ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), sendo o núcleo do ciclo a ISO 14.000. O PDCA foi criado na década de 1930 por Walter A. Shewart para efeito da gestão da qualidade.

No Brasil o órgão responsável pela normalização ambiental é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ABNT criou em 1999 o comitê brasileiro de gestão ambiental (ABNT/CB-38), com estrutura bem semelhante à do comitê técnico de gestão ambiental da ISO (ISO/TC 207), e aberto à contribuição de todos os interessados na formulação destas normas. O papel do comitê brasileiro é participar das reuniões internacionais de desenvolvimento das normas da ISO, representando os interesses brasileiros, principalmente das grandes empresas, além de traduzir e adaptar para a realidade brasileira as normas da ISO. Deste esforço, nascem às normas NBR-ISO.

Segundo NICOLELLA; MARQUES; SKORUPA (2004), o modelo sustentável de gerenciamento do SGA está fundamentado em cinco princípios que precisam ser obedecidos e seguidos pelas empresas:

1. Conhecer o que deve ser realizado, assegurando o comprometimento com o SGA e definindo a política ambiental;
2. Elaborar um plano de ação voltado ao atendimento dos requisitos da política ambiental;
3. Assegurar as condições para o cumprimento dos objetivos e metas ambientais e implementar as ferramentas de sustentação necessárias;
4. Realizar avaliações quali-quantitativas periódicas de conformidade ambiental da empresa;
5. Revisar e aperfeiçoar a política ambiental, os objetivos e metas e as ações implementadas para assegurar a melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa).

Visando adequação à realidade atual, a ISO 14000/04 passou por uma atualização em 2015 a fim de propiciar uma evolução dos sistemas de gestão atuais, com base nos avanços tecnológicos, mudanças climáticas e no aprimoramento das práticas ambientais sustentáveis em todo o mundo, tendo em vista o cenário socioeconômico e ambiental atual (FIESP, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do trabalho

O desenvolvimento deste trabalho consiste em um amplo levantamento bibliográfico e estudos de pesquisas acadêmicas publicadas em sites da internet, artigos científicos, anais de congressos, teses, dissertações, manuais e livros.

Foram realizadas reuniões com a Mariana Zagatti, responsável pelo sistema de gestão ambiental do SENAC, com o intuito de conhecer o SGA do objeto de estudo e definir a melhor estratégia de abordagem do público.

3.2 Amostragem

Com o intuito de definir uma amostragem para realização deste projeto foi necessário obter os dados da população estatística-do SENAC, dados que foram fornecidos pelo objeto de estudo apresentados na Tabela 1, onde conseguimos observar a quantidade de amostra proposta e a quantidade realizada de acordo como tipo de público.

Tabela 1: Amostra definida comparada com amostra realizada
Fonte: Adaptado SENAC, 2019.

Tipo de Público	Amostra (10%)	Realizado
Aluno	522	78
Concessionário (Restaurante/Academia/Banco/Papelaria)	7	8
Funcionário (Administrativo)	48	33
Funcionário (Limpeza)	7	7
Funcionário (Manutenção)	7	6
Professor	48	56
Terceirizado (Segurança/Impressão/ Ar Condicionado)	7	9
Visitante	40	6
Total	686	203

A amostragem foi definida em consenso entre os alunos e orientador responsável por esse projeto, sendo definida uma amostra de 10% para cada tipo de público. Os valores obtidos para cada tipo de público podem ser observados na Tabela 2. Para os tipos públicos de concessionário e funcionário (manutenção), foram definidas 7 amostras, tendo em vista que não foram obtidos os valores da população para os mesmos. Já para visitantes foram definidas 40 amostras.

Tabela 2: Amostragem
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Público	População	Amostra (10%)
Aluno	5218	522
Concessionário (Restaurante/Academia/Banco/Papelaria)	-	7
Funcionário (Administrativo)	487	48
Funcionário (Limpeza)	64	7
Funcionário (Manutenção)	-	7
Professor	480	48
Terceirizado (Segurança/Impressão/ Ar Condicionado)	50	7
Visitante	-	40
Total	6299	686

Definição e elaboração do questionário

Para avaliar a percepção ambiental dos públicos do CAS-SENAC em relação ao Sistema Senac de Gestão Ambiental, foram realizadas reuniões para definir o questionário para realização de entrevistas com a amostragem de públicos conforme o tópico 3.2. Então elaboramos um questionário contendo 15 questões, sendo divididas conforme o Quadro

Quadro 1: Questionário elaborado para avaliar a percepção ambiental do CAS-SENAC

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Número de Questões	Questões	Classificação
1	Declaro Que Concordei Em Responder Este Questionário De Livre E Espontânea Vontade, Para O Desenvolvimento Da Pesquisa Sobre Percepção Ambiental No Cas-Senac	Termo de Concordância
1	Nome (Opcional):	Caracterização do Público
2	Selecione Em Qual Público Você Se Enquadra?	
3	Você É Aluno De Qual Curso?	
1	Como Você Considera A Qualidade Do "Meio Ambiente" Aqui Dentro Do Cas?	Percepção Ambiental no CAS-SENAC
2	Você Acha Que Temos Problemas Ambientais No Cas?	
3	Se Sim, Liste Os 3 Problemas Principais Que Você Percebe Aqui No Senac:	
1	Sobre O Programa Ecoeficiência-Sga Do Senac:	Ecoeficiência SGA-SENAC
2	Sobre A Atuação Do Programa Ecoeficiência-Sga Do Senac, Você Acha:	
3	Dentre As Atividades Abaixo, Selecione As Opções Que Você Acha Que Fazem Parte Do Sistema De Gestão Ambiental Do Senac: (Pode Assinalar Quantas Quiser)	
4	Em Relação À Comunicação Do Sga Você Acha:	
5	Você Já Participou De Eventos Organizados Pelo Sga?(Você Pode Assinalar Mais De Uma Opção No "Sim")	
6	Por Qual Motivo Você Participou Do Evento?	
7	Aponte O Que Mais Chama Sua Atenção No Sga Do Senac? (Positivo)	
8	Aponte O Que Mais Chama Sua Atenção No Sga Do Senac? (Negativo)	
1	Alguma Última Observação / Sugestão / Crítica?	Sugestões

3.3 Desenvolvimento e aplicação do questionário

O questionário foi desenvolvido utilizando a ferramenta "Google Forms" também conhecido como "Google Formulários", essa ferramenta pode ser encontrada na plataforma do Google Drive. Para realizar a aplicação do questionário fizemos uso do software para smartphones, utilizado para troca de mensagens "Whatsapp" para os alunos. Realizamos o envio do questionário via e-mail para professores e funcionários administrativos. Já para os demais públicos foi realizada uma abordagem presencial, onde o entrevistador acessava o questionário e preenchia de acordo com as respostas do entrevistado. Todos os acessos ao questionário foram realizados através do link gerado pelo próprio Google Formulários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados da pesquisa são apresentados abaixo.

Em relação aos públicos pesquisados, a pesquisa conseguiu atingir uma amostra de 10% na maioria dos públicos, mas não em relação a alunos, conforme aparece na Tabela 3.

Tabela 3: Amostra definida compara com amostra realizada

Tipo de Público	Amostra (10%)	Realizado
Aluno	522	78
Concessionário (Restaurante/Academia/Banco/Papelaria)	7	8
Funcionário (Administrativo)	48	33
Funcionário (Limpeza)	7	7
Funcionário (Manutenção)	7	6
Professor	48	56
Terceirizado (Segurança/Impressão/ Ar Condicionado)	7	9
Visitante	40	6
Total	686	203

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Na Figura 1 foi avaliado os valores da amostra realizados em relação ao total realizado.

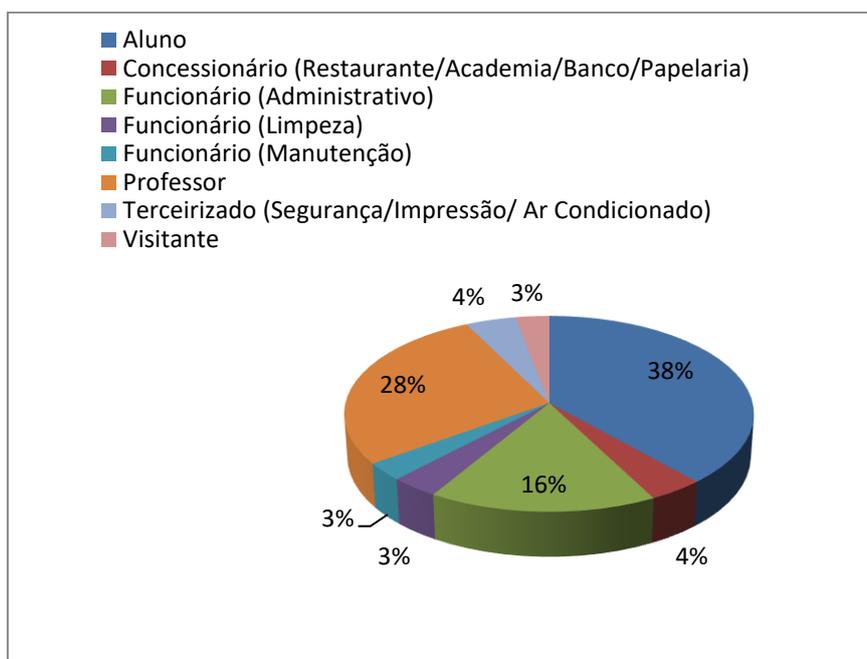


Figura 1: Porcentagem de cada público que respondeu ao questionário

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

4.1 Em relação aos resultados das perguntas, os resultados foram os seguintes

Como você considera a qualidade do “Meio Ambiente” aqui dentro do CAS?

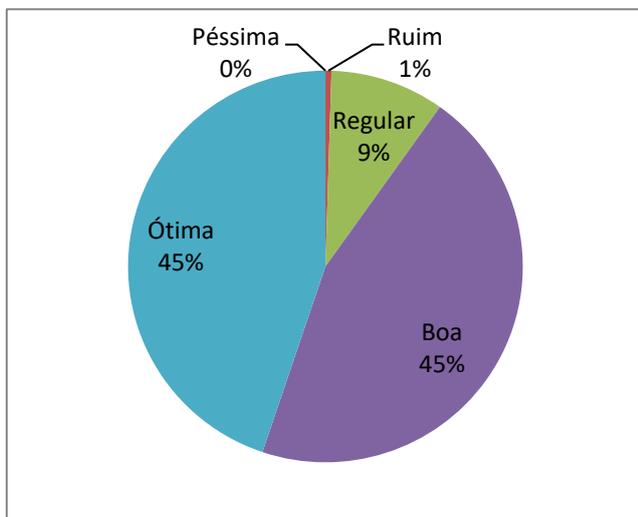


Figura 2: Qualidade do meio ambiente no CAS
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Você que temos problemas ambientais no CAS?

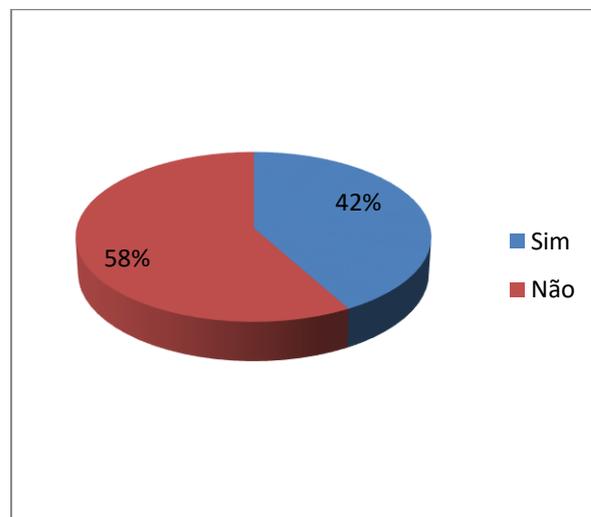


Figura 3: Problemas ambientais
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Tabela 4: Percepções sobre problemas ambientais no Senac

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Áreas contaminadas
Alagamento
Pombos
Limpezas dos banheiros
Faltas de áreas mais coloridas (jardim)

Sobre o programa ecoeficiência do Senac

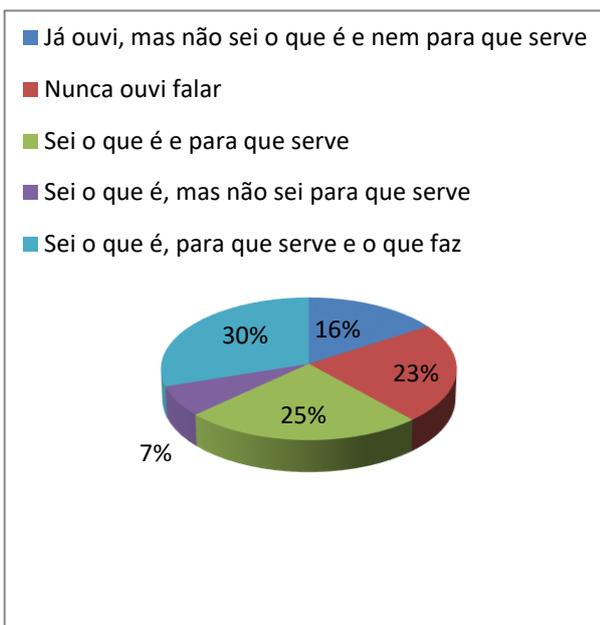


Figura 3: Programa Ecoeficiência
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Sobre a atuação do programa ecoeficiência - SGA

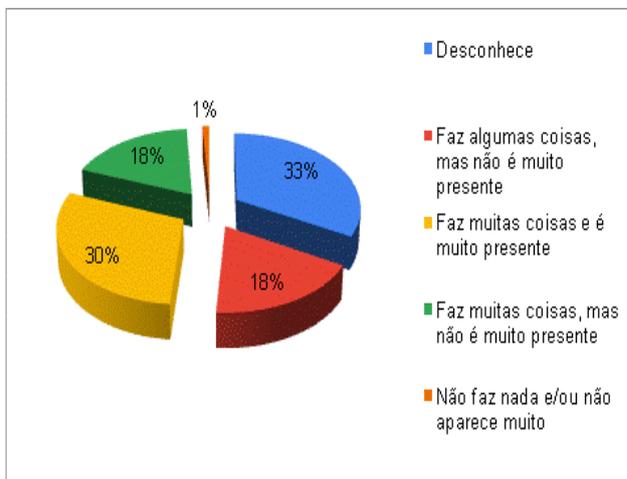


Figura 4 Percepção sobre o Programa Ecoeficiência
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Sobre a comunicação do SGA

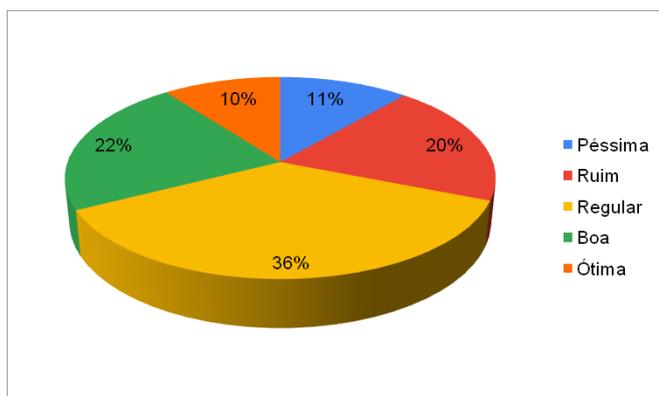


Figura 5: comunicação do SGA
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Já participou de eventos organizados pelo SGA

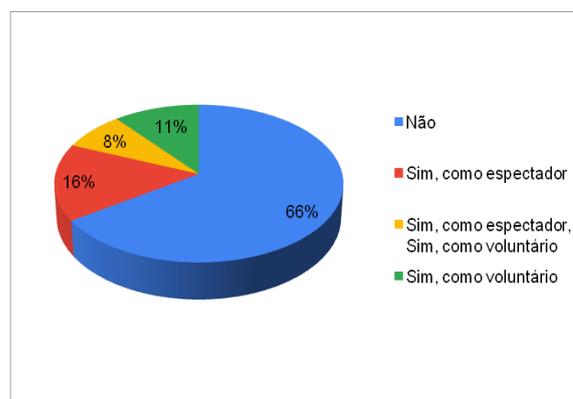


Figura 6: eventos organizados pelo SGA
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Respostas de alguns Pontos positivos do SGA

A organização
Responsabilidade em conscientização
Água de reuso
Preocupação com o meio ambiente
Separação dos resíduos

Tabela 5: Pontos positivos do SGA
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Respostas de alguns Pontos negativos do SGA

Falta de divulgação
abelhas
A baixa divulgação
A comunicação
A falta de informações

Tabela 6: Pontos negativos do SGA
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

5 CONCLUSÃO

Para esse trabalho pode se concluir que apesar dos vários públicos perceberem a existência do SGA no SENAC-CAS, eles apontam falta de divulgação e comunicação referente ao que é realizado e seus programa. O grupo teve maior dificuldades de acesso e respostas menos consistentes do público alunos. Isso pode demonstrar um certo distanciamento e pouco envolvimento com questões ambientais por parte do alunado e também estratégias comunicacionais pouco efetivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAN, E. S. W.; WONG, S. C. K. Motivations for ISO 14001 in the hotel industry. *Tourism Management*, v. 27, n. 3, p. 481-492, 2006.

CUNHA, Alessandra Santos da; LEITE, Eugênia Batista. **Percepção Ambiental: Implicações para a Educação Ambiental**. 2009. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Pucminas, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://www4.pucminas.br/graduacao/cursos/arquivos/ARE_ARQ_REVIS_ELET_R20090930145741.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2019

FIESP, Departamento de meio ambiente. **ISO 14001: 2015**. Disponível em: <<https://sitediespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2015/08/dma-iso-14001-2015-v4.pdf>>. Acesso em: 06 out 2015.

NETO, José Berto. **Sistema de Gestão Ambiental (SGA): O que é e qual sua importância**. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/sistema-de-gestao-ambiental-sga-o-que-e-e-qual-e-a-sua-importancia>>, Acesso em: 08 set. 2019.

SENAC. **Conheça o Senac**. Disponível em: <<http://www.sp.senac.br/jsp/default.jsp?newsID=a869.htm&testeira=457>> Acessado no dia 14 set 2019

SENAC. **Norma para o Sistema Senac de Gestão Ambiental**, Requisitos para certificação ambiental corporativa, v.6 2015

SENAC. **Manual do Programa Ecoeficiência**, v.7 2010

RODRIGUES, M.L., et al, **A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais**, 2012. Disponível em : <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v21s3/09.pdf>>. Acesso em: 06 de dez 2019.

TESTE DE TRATABILIDADE – NEUTRALIZAÇÃO DE PH ÁCIDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEAS *IN SITU*

Juliana Maria da Silva, Lucas Lázaro Damásio, Rafael Eihati Shimabuk
Alexandre Saron, Benjamin Capellari
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL

CÓDIGO: BEAS_PI_IV_G01

RESUMO

O presente trabalho teve a finalidade o estudo sobre um solo contaminado em aquíferos granulares. Para isso foi necessário a realização de um teste piloto em que o solo e a água subterrânea são reproduzidos em escala reduzida, em um teste de bancada com o controle do contaminante. Esse trabalho é do tipo acadêmico e experimental, inserido na disciplina do Projeto Integrador IV. Para a elaboração da pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico dissertativo, compreendendo os impactos ambientais que as áreas contaminadas

causam no meio ambiente, sendo assim, foi desenvolvido um protótipo de teste de bancada. O método utilizado para a remediação do meio, foi o de neutralização de ácido fraco com base forte, sendo utilizado o ácido acético e o hidróxido de sódio como reagentes. Conclui-se que para realizar a descontaminação do meio aquoso, deve-se considerar a densidade dos reagentes, transmissibilidade do solo e a porosidade do solo. O método *ex situ* apresenta melhores resultados de descontaminação

PALAVRAS-CHAVE: Teste de tratabilidade, áreas contaminadas, titulação

TESTABILITY TESTING - NUTRIANIZATION OF UNDERGROUND WATER ACID PH IN SITO

ABSTRACT

The present work aimed to study a soil contaminated in granular aquifers. For this it was necessary to conduct a pilot test in which the soil and groundwater are reproduced on a small scale, in a bench test with the control of the contaminant. This work is academic and experimental, inserted in the discipline of Project Integrator IV. For the elaboration of the research a dissertative bibliographic survey was realized, understanding the environmental impacts that the

contaminated areas cause in the environment, being thus developed a prototype of bench test. The method used for the remediation of the medium was to neutralize weak acid with strong base, using acetic acid and sodium hydroxide as reagents. It is concluded that in order to carry out the decontamination of the aqueous medium, one must consider the reagent density, soil transmissibility and soil porosity. Except method has better decontamination results

KEYWORDS: Bench Test, Contaminated áreas, titration

1. INTRODUÇÃO

A partir das atividades industriais e as atividades humanas, o meio ambiente sofre as consequências da poluição gerados pelo consumo de recursos naturais e fabricação de novos produtos químicos afetam a saúde do planeta, tornando o solo e a água meios de disposição final de resíduos industriais e doméstico. (DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE, 2013)

Os impactos ambientais se tornaram aparente com a ocorrência de desastre ambientais, constatado a partir de 1930 causando problemas de contaminação do solo, ar, água e gerando sérios problemas a saúde pública (SANTOS; UNGARI e SANTOS 2018).

Com o passar do tempo, as indústrias e governos entenderam a importância de práticas ambientais, pois, os incidentes e acidentes ambientais comprometiam a sua própria existências, assim, o poder público criou legislação específicas para a área ambiental e as industriais incorporaram as exigências legais em seu sistema de gestão. (CANARIO 2018).

Com relação a contaminação do solo, não foi diferente. O gerenciamento de áreas contaminadas passou a fazer parte da gestão ambiental, visando a minimização e controle de risco das áreas contaminadas e evitando tragédias de várias proporções.

Com o contexto apresentado, o presente trabalho tem como o objetivo realizar teste de tratabilidade em um solo contaminado e determinar o melhor método de tratabilidade, levando em conta as características do solo. Para isso se construiu um modelo para simular um determinado solo com o seu aquífero contaminado, fazendo uso de piezômetros com diferentes profundidades para aferir o grau de contaminação e de tratamento químico da água subterrânea. O trabalho se justifica pela importância do tema na área ambiental, a saúde pública, a segurança da comunidade ao seu entorno e pelas crescentes ocorrências de áreas contaminadas.

2. CONCEITOS TEÓRICOS

2.1. Áreas Contaminadas

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), área contaminada conclui-se como sendo área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de quaisquer substâncias ou resíduos em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (MMA, 2019).

Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem ser concentrados nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nas águas subterrâneas ou, de forma geral, nas zonas não saturadas e saturadas (CIESP, 2014).

Os contaminantes podem ser transportados por diferentes vias como: o solo, as águas subterrâneas e superficiais alterando suas características naturais e determinando impactos e riscos sobre os bens a proteger, em sua área ou em seus arredores (MMA, 2019).

2.2 Teste de Tratabilidade

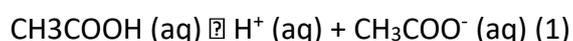
A Decisão de Diretoria nº 038/2017 estabelece artifício para a proteção da qualidade do solo e da água subterrânea, visando procedimento de gerenciamento e diretrizes de áreas contaminadas no âmbito de licenciamento ambiental. Com a confirmação do contaminante, a Cetesb pela Decisão de Diretoria nº038 (DD-38) deve realizar o procedimento de dimensionamento do sistema de remediação, indicando o volume e a área a ser atingido pela remediação implantada, com parâmetros de eficiência. Todo o dimensionamento deve ser realizado no ensaio de bancada para estabelecer parâmetros para a operação técnica de remediação (CETESB 2017).

Para realizar experimentos simulando de uma determinada área contaminada, são criados modelos hidrogeológicos replicando os sistemas litológicos de onde circulam as águas subterrâneas. Os modelos são construídos com base de condições físicas conhecidas e com eles são aplicados estudos de transporte de solutos em águas subterrâneas, recarga de freáticos em outros. (DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE, 2013).

2.3 Titulação

As teorias ácido-base procuram sistematizar e explicar o maior número possível de fatos químicos, bem como prever e resolver os novos que possam surgir, definindo o que é um ácido e uma base e como reagem entre si (ANTUNES, 2013).

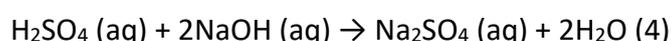
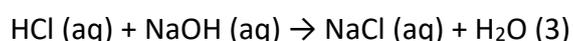
A teoria de Arrhenius, desenvolvida em 1887 por Svante Arrhenius, define que um ácido é qualquer substância que quando dissolvida em água produz íons hidrogênio (H^+). Por exemplo, quando se dissolve CH_3COOH Equação (1) em água, ocorrem a seguinte reação:



Uma base produz íons hidróxido (OH^-) quando se dissolve em água, apresentando-se como exemplos as reações de dissolução de $NaOH$ Equação (2)



Segundo a definição de Arrhenius, a reação entre um ácido e uma base resulta na formação de um sal Equação (3) (4).



Uma reação de neutralização, segundo Arrhenius, envolve a combinação de íons H^+ e OH^- para formar água. (CHAGAS, 2000; ANTUNES, 2013).

2.4 Água Subterrânea

Aquíferos são formações geológicas subterrâneas capazes de armazenar água, alimentados pela precipitação atmosférica que acaba por adentrar nos aquíferos através do mecanismo da infiltração em suas áreas de recarga. A água subterrânea, como um componente do ciclo hidrológico, está em constante circulação e flui, de modo geral, lentamente, pelos poros da rocha. (PINTO-COELHO e HAVENS, 2015).

Os aquíferos contêm, ao mesmo tempo, rochas com características porosas e permeáveis e impermeáveis que formam estruturas geológicas capazes de armazenar e ceder água. Um dos parâmetros que influenciam o fluxo da água subterrânea é a permeabilidade. Já a porosidade é a propriedade que determina a quantidade de água que pode ser armazenada em uma rocha. (TEIXEIRA et al. 2009).

2.4.1 Tipos de aquíferos

De acordo com o MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE em 2007 os aquíferos podem ser definidos e divididos em: porosos ou granulares, fissural e cársticos.

Poroso ou granular armazena água nos seus espaços entre os grãos, é o caso das rochas sedimentares, como os arenitos do Sistema Aquífero Guarani. Como exemplificado na 1ª (a) Figura.

Fissural (cristalino/embasamento cristalino) é aquele que a água circula pelas fissuras resultantes do fraturamento das rochas relativamente impermeáveis (ígneas ou metamórficas), expresso na 1ª (b) Figura.

Cársticos são os aquíferos formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos ilustrado na 1ª (c) Figura.

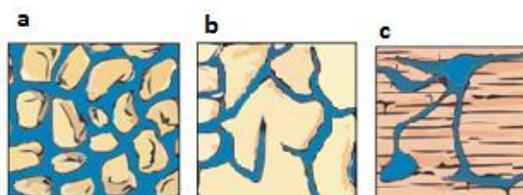


Figura 1- solo poroso (a); Fraturado (b); Cársticos (c)

A crosta terrestre pode ser dividida em dois compartimentos: a zona saturada ou freática (os aquíferos, propriamente ditos) onde todos os espaços disponíveis estão ocupados pela água e zona não saturada é caracterizada pela existência de espaços não ocupados pela água. A pressão da água na zona saturada é geralmente maior do que a

pressão atmosférica. Um poço, ao atingir essa zona, irá permitir que a água jorre sem qualquer bombeamento. A pressão da água nas zonas não saturadas não é suficiente para a extração livre e água necessita de ser bombeada para a superfície. O limite entre essas duas zonas é conhecido como sendo o freático. (PINTO-COELHO e HAVENS, 2015).

Os aquíferos podem ser divididos em duas grandes categorias: os aquíferos de baixa permeabilidade, ou aquíferos confinados e os não confinados, que são mais permeáveis e usualmente estão conectados a nascentes. (PINTO-COELHO e HAVENS, 2015). A 2ª Figura ilustra os tipos de aquíferos.

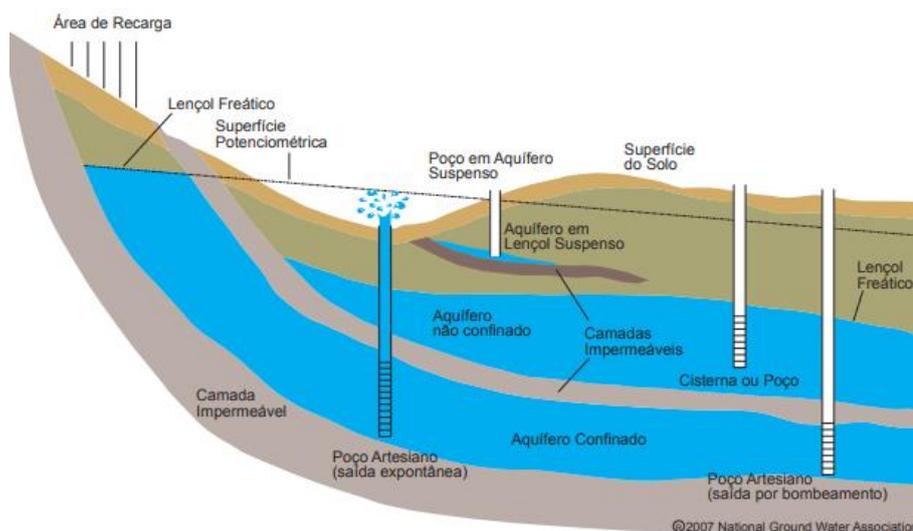


Figura 2: Aquíferos confinados e aquíferos não confinados

2.5 Porosidade

A porosidade é determinada pelo volume de poros vazios em relação ao volume total da rocha. Existem dois tipos fundamentais de porosidade nos materiais terrestres: primária e secundária. (TEIXEIRA et al. 2009).

A porosidade primária é caracterizada nas rochas sedimentares pelos espaços entre os grãos (porosidade Inter granular) ou planos de estratificação. Nos materiais sedimentares o tamanho e forma das partículas, o seu grau de seleção e a presença de cimentação influenciam a porosidade. (TEIXEIRA et al. 2009).

A porosidade secundária, por sua vez, se desenvolve após a formação das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, por fraturamento ou falhamentos durante sua deformação (porosidade de fraturas). (TEIXEIRA et al. 2009).

2.6 Permeabilidade

A permeabilidade possui o principal fator para determinar a disponibilidade de água subterrânea, não é a quantidade de água que os materiais armazenam, mas a sua capacidade em permitir o fluxo de água através dos poros, e que depende do tamanho dos poros e da conexão entre eles. A 1ª Tabela apresenta a permeabilidade das diferentes granulometria do solo.

Material	Tamanho das partículas, mm	Porosidade %	Permeabilidade
Cascalho	7 a 20	35,2	Muito alta
Areia Grossa	1 a 2	37,4	Alta
Areia Fina	0,3	42	Alta a média
Siltes e argila	0,04 a 0,006	50 a 80	Baixa a muito baixa

Tabela 1: Espessura dos poros em relação a sua permeabilidade

2.7 Fluxo de água subterrânea

Além da força gravitacional, o movimento da água subterrânea também é guiado pela diferença de pressão entre dois pontos, exercida pela coluna de água acima dos pontos e pelas rochas. Esta diferença de pressão é chamada de potencial hidráulico e promove o movimento da água subterrânea de pontos com alto potencial. Esta pressão exercida pela coluna de água pode causar fluxos ascendentes da água subterrânea, contrariando a gravidade, onde a água tende a subir para zonas de baixo potencial, junto a leitos de rios e lagos. (GUERRA e CUNHA, 2001).

No fluxo de água em superfície, a velocidade é diretamente proporcional à inclinação da superfície. Este grau de inclinação, denominado gradiente hidráulico ($\Delta h / \Delta L$), é definido pela razão entre o desnível (Δh) e a distância horizontal entre dois pontos (ΔL). O desnível indica a diferença de potencial entre os pontos. Quanto maior a diferença de potencial, dada uma distância lateral constante, maior será a velocidade do fluxo. (TEIXEIRA et al. 2009).

Para o fluxo da água subterrânea, necessita-se considerar, além da inclinação do nível d'água, a permeabilidade do subsolo e a viscosidade da água. A influência desses parâmetros sobre o fluxo da água subterrânea foi investigada e quantificada em laboratório pelo engenheiro hidráulico francês Henry Darcy, em 1856, resultando na formulação da lei de Darcy, base da hidrologia de meios porosos. (GUERRA e CUNHA, 2001).

O experimento de Darcy baseou-se na medição da vazão de água (Q) com um cilindro preenchido por material arenoso, para diferentes gradientes hidráulicos. O fluxo de água para cada gradiente foi calculado pela relação entre a vazão (Q) e a área (A) da seção do cilindro. Este fluxo, com unidade de velocidade, foi definido com a vazão específica (q) do material. A vazão específica é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico. O coeficiente angular da reta corresponde à condutividade hidráulica, que é uma

característica própria do material, expressando sua capacidade de transmissão de água. Este parâmetro é uma forma de quantificar a capacidade dos materiais transmitirem água em função da inclinação do nível freático. (GUERRA e CUNHA, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o foco em entender a descontaminação do solo, a metodologia se baseou em criar um sistema morfológico, com as características de um meio sólido e aquoso. Segundo Christofolletti 2000, o melhor sistema de simulação de contaminação em águas subterrâneas é o sistema morfológico fechado, onde permuta de energia e associados as propriedades físicas, geométricas e de composição.

Com os dados secundários reunidos, se escolheu o modelo retangular para representar o solo de estudo, se baseando em modelos da Universidade de Nebraska-Lincoln, Baldwin et al 2012 e Armanyous et al 2015 representado pela 4ª Figura.



Figura 4: modelos de água subterrânea

Para a confecção do modelo se utilizou o software Solid Works, onde se projetou as medidas de comprimento (40 cm), largura (5 cm) e altura (30 cm). Foi usado uma placa de acrílico com a espessura de 5 mm, onde a mesma, foi cortada em uma máquina de corte a laser, afim de manter o acabamento das laterais sem rebarbas. Utilizaram-se seis piezômetros feitos de acrílico com o raio de (5 mm) com a profundidade de (10cm,15cm e 20 cm) para as análises da água subterrânea. Inseriu uma torneira a jusante da água subterrânea para o controle do freático. O modelo está representado na 5ª Figura.



Figura 5: Preparação do modelo retangular.

O modelo simula uma região de solo franco arenoso de origem fluvial, com o seu aquífero semi confinado com a superfície não impermeabilizada. Foi utilizado areia de

quartzo fabricado pela Veico. A granulometria dos grãos de areia se manteve constante, para facilitar o entendimento do processo de descontaminação e percolação do líquido.

Determinou-se parâmetros físicos (porosidade e densidade específica aparente) a partir do Manual de Métodos de Análise do Solo emitido pela Embrapa.

Para o contaminante se utilizou ácido acético com a concentração igual ao vinagre (5% de massa) com os valores concebidos pelo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Fermentados Acéticos (BRASIL, 1999), pois o acrílico possui baixa resistência química com ácidos fortes e orgânicos, porém, com ácidos diluídos, como o caso do vinagre, não ocorre a corrosão do material.

Antes da adição do contaminando no modelo, se realizou testes fora do solo, usando princípios de neutralização de soluções ácidas com soluções bases, com a técnica de titulação química ácido base.

O contaminante foi adicionado no solo com volume de um litro. Para a neutralização do meio líquido, se utilizou uma solução com a concentração de NaOH de 7% de massa em um litro, sendo adicionado 100 ml em um intervalo de tempo de um dia. O pH é médio antes e depois da adição do neutralizante até a sua viragem visualizada pelo titulante fenolftaleína.

4 RESULTADOS

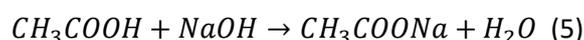
Para realizar o teste de bancada, foi necessário realizar a granulometria dos materiais que seriam utilizados para formar o solo do projeto (areia de piscina, marca Veico). A granulometria desejada seria entre 0,5 e 1 mm, o que caracteriza de acordo com a norma NBR NM 248, uma areia média (0,3 a 1,2 milímetros). A 2ª Tabela apresenta os resultados da granulometria.

Granulometria	Massa (g)	Porcentagem (%)
> 1,18 mm	0,003	0,3
1,18mm > x > 600µm	0,087	87
600µm > x > 425µm	0,011	11
425µm > x > 300µm	0,0001	1
Total	1011	100

Tabela 2: Granulometria

A densidade da partícula foi calculada utilizando o Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), assim obtendo a densidade igual a 0,45 cm/ml³.

A neutralização utilizou o hidróxido de sódio (NaOH) com a concentração de 7% de massa. A reação foi realizada fora do ambiente de descontaminação somente em ambiente líquido. Com 100 ml de ácido acético foi preciso 40 ml de hidróxido de sódio para a neutralização do ácido demonstrado pela reação:



O modelo foi preenchido com 6930 gramas de areia de quartzo mantendo uma profundidade de 25 cm e adicionado com um litro do contaminante (solução com 5% de massa de ácido acético). Após a adição do contaminante, o nível da areia desceu 2 cm, pois com a retirada do ar dos poros, e sendo ocupada por líquido, houve a diminuição do atrito entre os poros, assim diminuindo o nível do solo. A 6ª Figura apresenta o modelo com o contaminante e o nível da água subterrânea.



Figura 6: Modelo com contaminante com o nível da água subterrânea marcada em branco.

O Poços (a) e (b), estão acima do nível da água subterrânea, com isso, não foi medido o pH nesses pontos.

A 3ª Tabela e o 1º Gráfico apresentam os valores do pH em relação ao tempo nos poços (P1, P2, P3 e P4)

Dia	P1	P2	P3	P4
	pH			
1	2,8	2,8	2,8	2,8
2	3,1	2,7	2,7	2,8
3	6,1	3,5	3,7	5,2
4	12,5	4,2	4,0	12,9
5	13,3	4,7	4,8	13,4
6	6,01	4,7	4,8	13,0
7	12,4	5,3	5,1	7,5
8	11,3	5,2	5,2	12,6
9	5,3	5,3	5,3	5,3

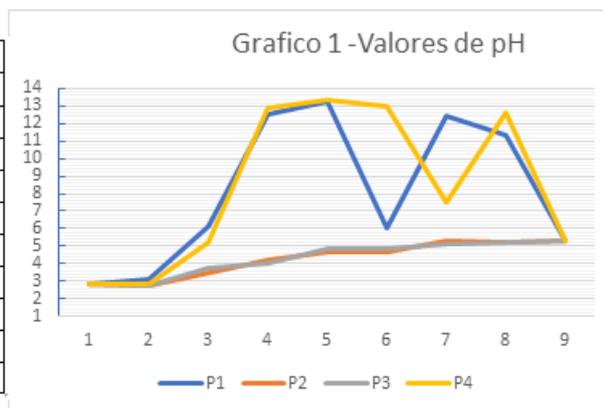


Tabela 3 – Valores de pH

No primeiro dia o contaminante foi adicionado e homogeneizar na água subterrânea com um intervalo de um dia. No segundo dia se medido o pH e a única diferença se deu no P1, aumentando o seu valor, logo após se adicionou o neutralizante com o volume de 100ml (25 ml para P1, P2, P3 e P4). No terceiro dia os poços P1 e P4, elevaram o seu pH rapidamente, pois o neutralizante se concentrou no fundo do modelo, assim causando um aumento baixo no pH nos poços P2 e P3 que se mantiveram ácidos. Com a adição de mais 100 ml de neutralizante os valores de pH no quarto dia mostraram o mesmo resultado. Com a concentração do neutralizante no fundo, os poços mais fundos (P1 e P4) já apresentavam

o pH básico, e os poços 2 e 3 ainda estavam ácidos. Com os valores apresentados, não foi adicionado mais neutralizante, pois a neutralização seria de baixa eficácia para o P2 e P3 e tornaria o meio mais básico para os P1 e P4.

O líquido percola de uma maneira vertical no solo com a característica arenosa, assim fazendo com que a sua permeabilidade tenha uma grande influência da ação da força da gravidade. O modelo simula um aquífero semi confinado com taxas de drenagens muito baixas, sendo classificado como aquitardo (TEIXEIRA et al. 2009), com isso o ácido e a base adicionada não se misturam e causando a estratificação das misturas.

Graças a esse fenômeno que o neutralizante se deu em aceso em regiões mais profundas do modelo, trazendo pouca reação a parte superior da água subterrânea. A 7ª Figura mostra a transmissibilidade da água no solo.

A partir do dia 5, após de aferir o pH, adotou-se um novo procedimento. Se retirou 300 ml da água subterrânea através da torneira e foi adicionado nos poços Pa e Pb, com a finalidade de misturar os reagentes e igualar o pH entre as profundidades. O resultado apresentou a homogeneização dos reagentes e a neutralização do meio ácido próximos aos pontos de injeção, criando manchas rosadas graças a fenolftaleína. Com os resultados apresentados com o novo procedimento adotado retomou a adição de 100 ml do neutralizante por dia.

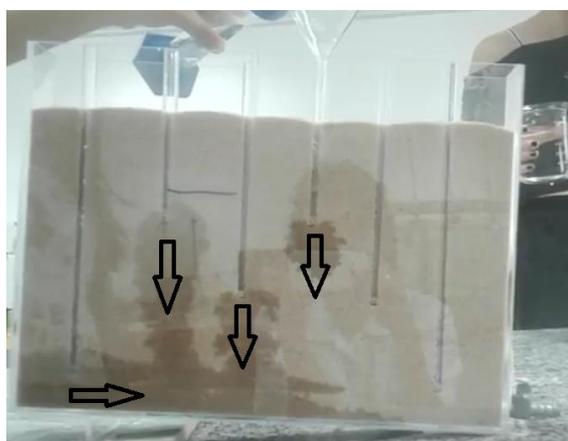


Figura 6- transmissibilidade do solo

No sexto dia, o pH do ponto P1, apresentou um valor próximo a neutralização (pH=7), uma das possibilidades do pH estar menor em comparação aos dias anteriores se deve a drenagem do líquido ocorrer próximo ao ponto. Entretanto as camadas básicas e ácidas voltaram a se formar com o decorrer do tempo (1 dia) apresentados na Tabela 3 no dia 7.

O procedimento se seguiu nos próximos dias, porém com a drenagem realizada com uma pipeta através dos poços P1 e P4, retirando 150ml de cada poço e inserindo nos poços Pa e Pb.

Os resultados se repetiram no sétimo e oitavo dia, porém entendendo a necessidade de haver uma mistura dos reagentes de forma constante, no nono dia se adotou um novo procedimento. Com a torneira aberta, despejando o líquido em um backer com uma pequena bomba ligada através de canos ao poço Pb, executou-se a mistura de forma contínua através do bombeamento da água subterrânea do modelo. A 4ª Tabela apresenta os valores do pH após realizar a mistura dos reagentes.

Dia	P1	P2	P3	P4
	pH			
5	5,5	5,1	5,1	9,4
6	5,4	4,3	4,6	13,1
7	5,6	4,7	4,8	5,1
8	5,5	5,3	5,2	5,6
9	5,3	5,3	5,3	5,3

Um dos fatores que pode ser considerado para ocorrer a estratificação das soluções é a densidade. Sendo a densidade do ácido acético ($1,05 \text{ g/cm}^3$) e do hidróxido de sódio ($2,13 \text{ g/cm}^3$), levando em consideração a densidade e a permeabilidade do solo, pode-se supor que a tendência do NaOH irá para camadas mais profundas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O teste de tratabilidade é um eficiente método para realizar testes com diferentes taxas de eficiências na descontaminação do solo. O modelo construído pode simular os mais variados relevos, perfis dos solos e diferentes aquíferos, mas deve haver precaução com o contaminante inserido no modelo, pois o mesmo pode evaporar trazendo riscos com o manipulador.

Tendo em vista a importância da descontaminação dos meios físicos e aquoso e os crescentes diagnósticos de contaminação gerados no Brasil o método de estudo experimental pode trazer resultados positivos para as diferentes áreas contaminadas.

Para o método de descontaminação *in situ*, não levar em consideração as propriedades químicas e físicas do contaminante e do descontaminante e as condições do solo pode dificultar os resultados esperados, assim contaminando a área com um novo produto químico.

A neutralização do ácido em água subterrânea pode apresentar melhores efeitos pelo método *ex situ*, bombeando a água contaminada e realizando o tratamento fora do local em tanques de tratamento.

2. REFERÊNCIA

ANTUNES, S. A. 2013. **Volumetria ácido-base**. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3682/1/Relat%C3%B3rio%20de%20Est%C3%A1gio%20-%20Anabela%20Antunes.pdf>> acessado em: 15/09/2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 36, de 14 de outubro de 1999. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para fermentados acéticos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de outubro de 1999, Seção 1, p. 76.

CHAGAS, A.P. (2000). **O ensino de aspectos históricos e filosóficos da Química e as teorias ácido-base do Século XX**. Química Nova, 23, 126-133

CIESP, 2014. **Áreas Contaminadas Informações Básicas**. Disponível em <<http://www.ciesp.com.br/wp-content/uploads/2014/12/areas-contaminadas-informacoes-basicas.pdf>> acessado em 14/09/2019.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº038 de Fevereiro de 2017**. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>>. Acessado em 26/09/2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Editora Edgard Blücher LTDA. S. Paulo – SP, 1999

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE. **Modelos Físicos E Ensaio Laboratoriais Para O Estudo De Águas Subterrâneas**. I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE, Lisboa • abril de 2013. Disponível em <http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/bitstream/123456789/1004750/2/Rel%20127_13%20dspace.pdf>. Acessado em 16/09/2019.

GUERRA. A. J. T. e CUNHA. S. B. 2001. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 4ª edição, Rio de Janeiro, RJ. Editora União BCD.

MAXIMIANO. Alexandre, MORAES. Sandra, TEIXEIRA. Claudia, **Gerenciamento de áreas contaminadas**. Disponível em <file:///C:/Users/55119/Downloads/1159-Guia_Gerenciamento_de_Areas_Contaminadas__1a_edicao_revisada.pdf> acessado em 14/09/2019.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2007. **Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf> acessado em: 03/10/2019.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Contaminada**. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas.html>> acessado em 14/09/2019.

RESOLUÇÃO CONAMA, **nº420** de 28 de dezembro de 2009. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf>> acessado em 15/09/2019.

PINTO-COELHO. R. M. e HAVENS. K. 2015. **Crise nas águas**. 1ª edição, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Brasil. Sea Grant Programe, University of Florida - UF, USA. editora Recóleo – MG.

TEIXEIRA. W. et al. 2009. **Decifrando a Terra**. 2ª edição, São Paulo, SP. Companhia Editora Nacional.

UNIVERSITY OF WISCONSIN. **Groundwater Model**. Disponível em < <https://www.water-research.net/powerpoint/groundwaterflowmodelcolor.pdf> >. Acessado em 19/09/2019

WILKES UNIVERSITY. **Groundwater Model Project**. Disponível em < <https://www.uwsp.edu/cnr/gmp/Pages/default.aspx> >. Acessado em 26/09/2019

ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE AQUÍFERO GRANULAR PARA TESTES DE BANCADA DE DESCONTAMINAÇÃO POR PROCESSO OXIDATIVO UTILIZANDO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA OXIDAÇÃO DE AMÔNIA

Andressa Duarte Gil, Antonio Mardonis Silva, João Lucas Melo de Oliveira, Thaynara Ribeiro Felismino
Alexandre Saron, Benjamim Capellari
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PI_IV_G02

RESUMO

O trabalho em questão teve como objetivo elaborar um modelo de aquífero granular a nível de teste de bancada para realização de estudos de descontaminação de água subterrânea, e realizar uma simulação de contaminação de solo e água subterrânea por amônia e sua descontaminação através de processo de oxidação química utilizando peróxido de hidrogênio. Para elaboração do modelo foram utilizados materiais como placas de acrílico, tubos de acrílico, manta de bidim, cola de acrílico e válvula de gás (dreno). Para a simulação de contaminação foi utilizada uma solução de cloreto de amônia e para a descontaminação uma solução de peróxido de hidrogênio. O estudo da oxidação da amônia

foi realizado em meio aquoso e no meio granular e acompanhado por 7 dias. Foi concluído que: a oxidação da amônia ocorreu mais lentamente em meio granular; a reação é exotérmica e há dilatação do líquido, fazendo o nível da água ultrapassar o nível de areia no meio granular; para que haja uma maior eficiência da descontaminação em meio granular há necessidade de aumentar a concentração do agente oxidante; os materiais utilizados e o modelo mostraram-se resistentes às substâncias químicas utilizadas; possui potencial para aprimoramentos com fins de produzir um modelo mais avançado e potencialmente comercializável.

PALAVRAS-CHAVE: Teste de bancada, aquífero granular, oxidação química.

ELABORATION OF A GRANULAR AQUIFER MODEL FOR OXIDATIVE PROCESS DECONTAMINATION WORKBENCH TESTS USING HYDROGEN PEROXIDE IN AMMONIA OXIDATION

ABSTRACT

The objective of this work was to elaborate a bench-level granular aquifer model for groundwater decontamination studies, to simulate soil and groundwater contamination by ammonia and to perform decontamination through chemical oxidation using hydrogen peroxide. For the elaboration of the model we used materials such as acrylic plates, acrylic tubes, bidet blanket, acrylic glue and gas valve (drain). For the contamination simulation an ammonium chloride solution was used and for the decontamination a hydrogen peroxide solution. The study of ammonia oxidation was performed in aqueous and granular

medium and followed for 7 days. It was concluded that: ammonia oxidation occurred more slowly in granular medium; The reaction is exothermic and the liquid dilates, causing the water level to exceed the level of sand in the granular medium. For greater efficiency of decontamination in granular medium there is a need to increase the concentration of the oxidizing agent; the materials used and the model were resistant to the chemicals used; has potential for enhancements to produce a more advanced and potentially marketable model.

KEYWORDS: Bench test model, granular aquifer, chemical oxidation.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos 30 anos os países ao redor do mundo têm desenvolvido e implementado diretrizes e normas para a investigação, mitigação e remediação de áreas contaminadas. No Brasil, diante dos problemas ambientais e da importância de promover mecanismos para uma melhor gestão em termos ambientais, especialmente relacionados à contaminação do solo, foi criada a Resolução CONAMA nº 420, de 38 de dezembro de 2009, a qual dispõe sobre os critérios e valores de áreas contaminadas que institui no âmbito federal o gerenciamento de áreas contaminadas e impondo aos estados cadastramento e divulgação pública de áreas contaminadas (IPT, 2014).

Nesse contexto, uma das ações para o gerenciamento de áreas contaminadas é a realização de testes de bancada controlados em laboratório para que se verifique a melhor escolha de método de remediação, substância a ser utilizada, dosagem, custos e tempo de reação. Esta é uma importante etapa no gerenciamento de áreas contaminadas, pois assim é possível determinar as melhores condições e métodos a serem empregados para que não haja desperdícios ou agravação dos problemas por superdosagem ou para que não sejam formados subprodutos tóxicos e perigosos.

Assim, este trabalho teve como objetivo elaborar um modelo de aquífero granular para realização de testes de bancada de descontaminação de água subterrânea e realizar uma simulação de contaminação de solo e água subterrânea por amônia e sua descontaminação através de processo de oxidação química utilizando peróxido de hidrogênio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Áreas contaminadas

Área contaminada trata-se de uma região que pode danificar compartimentos ambientais como: ar, água, solo, vegetação. Nessas áreas, os poluentes e contaminantes podem concentrar-se na superfície do terreno ou em subsolo, nos diferentes meios: solo, sedimentos, rochas, água, ar, biota e também no ambiente construído, como edificações (GÜNTHER, 2006).

Segundo Sánchez (2001, apud SILVA, 2007, p. 81) pode ser entendido como “a presença de substâncias que alteram negativamente sua qualidade e podem, por conseguinte, afetar a vegetação que dele depende, a qualidade da água subterrânea ou ainda representar um risco para a saúde das pessoas que com ele entrem em contato direto”.

Já segundo a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) área contaminada pode ser definida como “uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural”.

De acordo com o decreto 59263/2013 as áreas contaminadas deverão sofrer ações para ser eliminadas ou reduzir o risco à saúde humana e ao meio ambiente, através de técnicas de remediação e revitalizadas.

2.2 Procedimentos para gerenciamento de áreas contaminadas

O Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) descreve como deverão ser dirigidas todas as etapas do processo de identificação e de reabilitação de áreas contaminadas, assim como a desativação de empreendimentos e a reutilização de áreas que abrigam ou abrigaram atividades com potencial de contaminação (CETESB, 2019).

O (GAC) é formado por um conjunto de medidas que visam o conhecimento das características das áreas contaminadas e propõe medidas mais apropriadas para cada tipo de situação, visando eliminar ou diminuir os danos /ricos a população e o meio ambiente, gerados pelos contaminantes nelas contidos. Resumidamente o processo de gerenciamento de áreas contaminadas, tem duas fases principais: a identificação da contaminação, que consiste na avaliação preliminar até sua confirmação; e a reabilitação da área que é composta pela investigação detalhada, avaliação de risco, plano de intervenção e monitoramento (SÃO PAULO, 2013).

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas é estabelecida pelo Decreto Estadual Nº 59.263 de 2013 e na Resolução Conama Nº 420 de 2009 é baseada em etapas seguintes:

De acordo com o Conama Nº 420 de 28 de dezembro de 2009:

Art. 23. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão, que contemplem as seguintes etapas, conforme ilustrado no Anexo III:

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

II - Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III - Intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

E segundo o decreto Estadual Nº 59.263 de 2013, as áreas são divididas em:

- Área com Potencial de Contaminação (AP): uma área que ocorreu ou foram desenvolvidas atividades que acumulou quantias de substancia químicas ou matérias que seja nocivo à saúde humana e ao meio ambiente.

- Área com suspeita de contaminação (AS): uma área que passou pela avaliação preliminar e constatou que há indícios de contaminação.

- Área contaminada sob investigação (Ai): uma área que já foi comprovada através da investigação confirmatória que há concentrações de contaminantes.

- Área Contaminada sob Investigação (ACI): uma área que já foi comprovada através da investigação detalhada que há concentrações de contaminantes que colocará em saúde humana e ao meio ambiente.

-Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe): área onde já estão sendo aplicadas medidas para a remediação com o objetivo de eliminar os contaminantes ou reduzir através de medidas específicas e/ou isolamento;

- Área Reabilitada para o uso declarado (AR): a área que após ser sido monitorada é confirmada que houve redução ou descontaminação e não será mais prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente.

2.3 Modelos de teste de bancada

Os ensaios de bancada e sistema-piloto se torna exigência da CETESB em 2017. Os testes servem para avaliar a viabilidade do projeto e estabelecer parâmetros para dimensionamento e operação das técnicas de remediação que serão implantados em áreas contaminadas (BACHEMA, 2018).

Esse teste serve para estabelecer qual será o melhor reagente e as melhores condições para sua aplicação em relação a diferentes contaminantes (BACHEMA, 2018).

2.3.1 Exemplos:

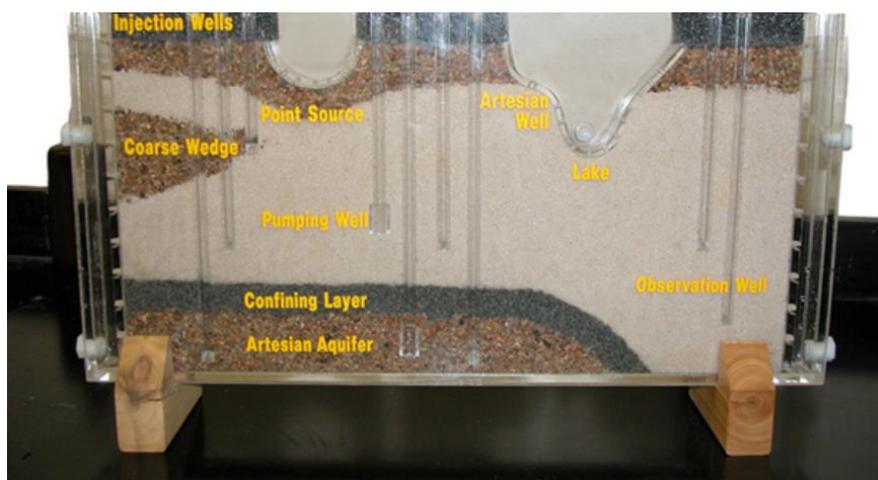


Figura 1: Modelo padrão de fluxo de águas subterrâneas.

Fonte: College of Engineering, 2019.

O modelo de fluxo de águas subterrâneas é usado para demonstrar os princípios de movimento das águas subterrâneas. Construído com acrílico transparente, o modelo permite que os espectadores observem como viaja a água dentro de um sistema de água subterrânea. Por exemplo, o movimento da água em direção a um poço de bombeamento pode ser facilmente observado (COLLEGE OF ENGINEERING, 2019)

A água é introduzida usando jarros de água, é usado uma bomba de vácuo para "bombear" a água dos dois poços; um do poço está no aquífero não confinado, o outro está no aquífero confinado. Os poços de observação mostram os padrões de fluxo das águas subterrâneas à medida que os poços são bombeados. A água colorida que é usada para demonstrar facilmente os padrões de movimento da água, essa água também pode ser usada para mostrar como os contaminantes se mover dentro de um sistema de água subterrânea. Os "contaminantes" podem ser introduzidos na superfície ou injetados em três pontos no aquífero. Esses modelos são enviados em uma maleta de transporte, completamente embalados e prontos para operar com os acessórios necessários, incluindo: uma bomba de vácuo manual, balão para receber água "bombeada", garrafa de suprimento de água, seringas para injetar "poluentes" e um manual do operador (COLLEGE OF ENGINEERING, 2019).

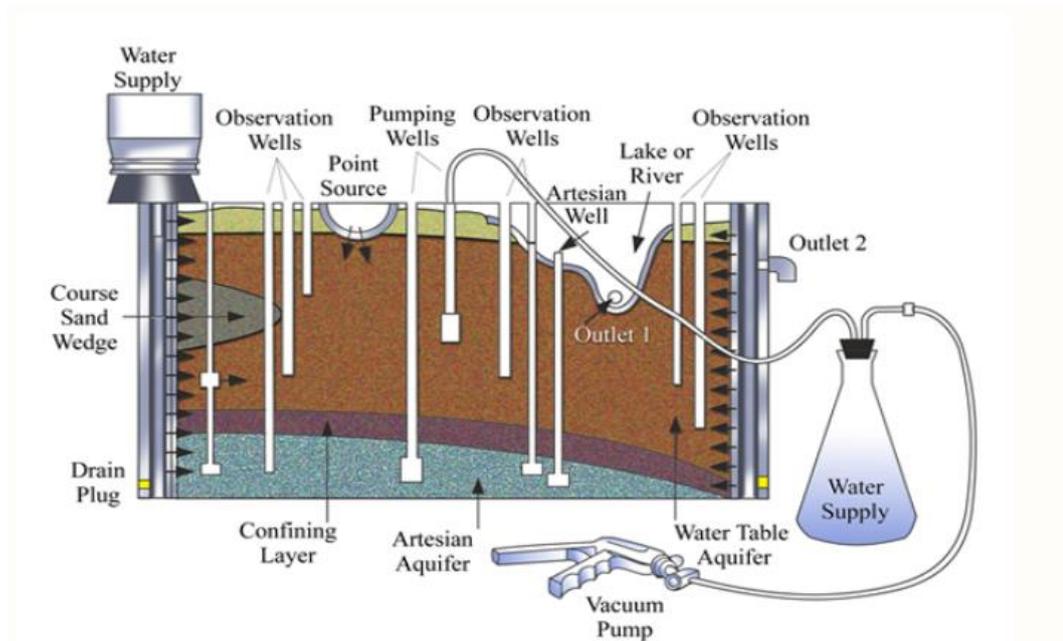


Figura 2: Modelos enviados.

Fonte: College of Engineering, 2019.



Roll over image to zoom in

by Neo/Sci Corporation
Neo/SCI Groundwater Exploration Activity Model, 20 X 5 X 12-1/2 in

Price: \$491.39
New (1) from \$491.39 Details

Specifications for this item

Brand Name	Neo/Sci Corporation
Height	12-1/2 inches
Length	20 inches
Material	Acrylic
Number of Items	1
Part Number	30-1075
Size	20 X 5 X 12-1/2 in
UNSPSC Code	60100000
Width	5 inches

Figura 3: Modelo de Atividade de Exploração de Água Subterrânea para vender.

Fonte: Amazon, 2019.

Material incluso: areia, cascalho, argila, corantes não tóxicos, conectores, tubos, bombas de seringa, pipetas, bomba elétrica, guias detalhados de alunos e professores. Valor: \$491,39 = R\$ 2039,24.

2.4 Técnica de descontaminação por oxidação química

Processos de descontaminação por oxidação química têm como objetivo utilizar uma substância que forneça oxigênio para que ocorra a oxidação do contaminante. É um processo mais eficiente, rápido e menos custoso do que os outros métodos de descontaminação. Podem ser utilizadas substâncias como peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ozônio, persulfatos, entre outros compostos oxidantes. Outras vantagens da descontaminação por oxidação química incluem: podem ser utilizados no pré e no pós tratamento, geralmente não necessitam de tratamento ou disposição final, não formam produtos tóxicos, possibilidade de aplicação in situ e causam alteração mínima nas características físicas e químicas originais do local. São amplamente aplicados em casos de contaminação por compostos orgânicos como hidrocarbonetos, solventes clorados, formaldeído, entre outros. Podem ser utilizados também em casos de contaminação por substâncias inorgânicas (SOARES, 2007).

2.5 Aquíferos granulares

Os aquíferos são formações geológicas subterrâneas que ocorre a partir de rochas sedimentares consolidadas ou não consolidadas que são capazes de transmitir grandes volumes de água ou armazenar entre seus poros. Muitos desses aquíferos são formados em bacias sedimentares ou regolito onde é denominado como aquífero poroso ou granulares. Geralmente esses aquíferos são abastecidos pela precipitação da atmosfera e pelos oceanos através do mecanismo de infiltração para as águas subterrâneas (COELHO; HAVENS, 2015).

Os aquíferos granulares possuem homogeneidade distribuída, permitindo que a água flua em seus poros e também essa quantidade poderá ser armazenada nas rochas/poros. Essa porosidade é determinada pelo volume de poros vazios em relação ao volume total da rocha (COELHO; HAVENS, 2015).

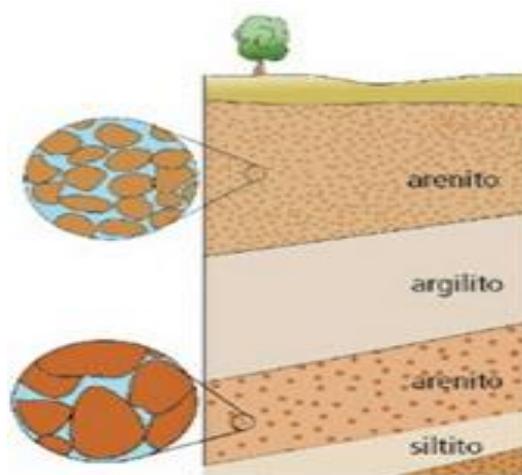


Figura 4: Sedimentos no aquífero granular.

Fonte: Iritani; Ezaki, 2012.

A eficiência de armazenamento das águas em um aquífero varia de acordo com a extensão e espessura das camadas de rochas e matérias, consolidado e não consolidados que possuem uma boa condutividade hidráulica como (cascalho, areia ou silte) que são mais fáceis de se extrair água por meio de um poço (IRITANI; EZAKI, 2012).

A zona da terra em que se localiza os aquíferos pode ser dividida em dois compartimentos: (1) a zona saturada ou freático, ou seja, a zona do aquífero onde todos os espaços vazios são ocupados pela água; (2) a zona não saturada: são os espaços não ocupados pela água. Normalmente a pressão da água nas zonas saturadas são maiores do que a pressão atmosférica. Ao criar se um poço que atingirá a zona saturada, provavelmente a água será jorrada sem a necessidade de bombeamento na superfície por conta da pressão no interior, diferente das zonas não saturadas que necessitariam de bombeamento para ser retirada a água. Portanto o limite entre essas zonas é conhecido como lençol freático (COELHO; HAVENS, 2015).

Segundo Coelho e Havens (2015), “o lençol freático é determinado pela profundidade que a água atinge em um poço livremente perfurado no solo. Acima dessa profundidade, temos a zona não saturada”.

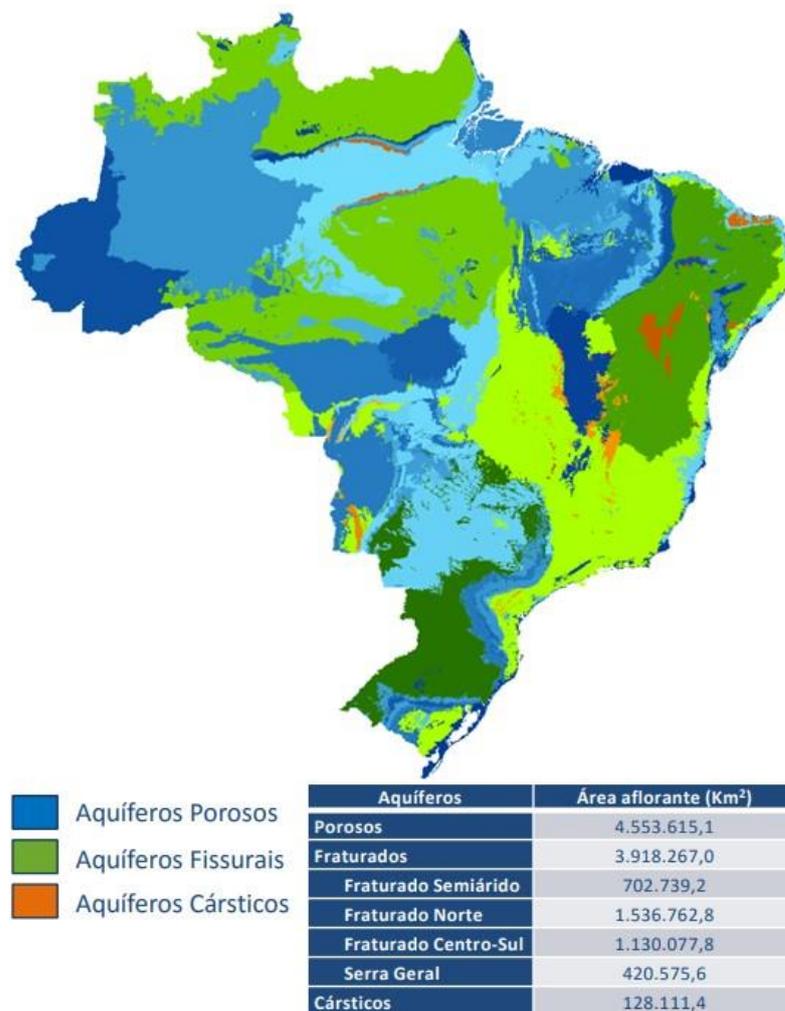


Figura 5: Mapa de aquíferos aflorantes.

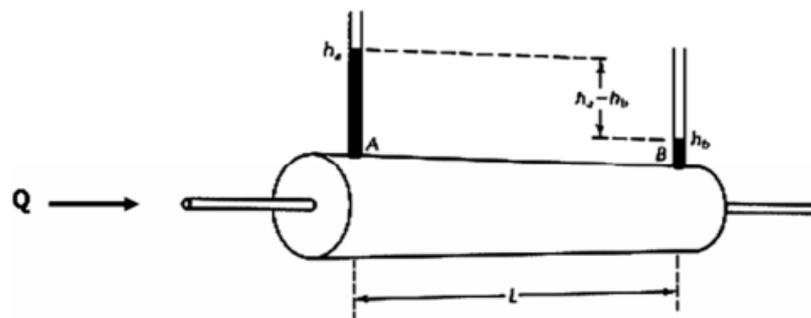
Fonte: ANA, 2013.

2.6 Lei de Darcy

Em 1856 o francês Henry Darcy, estudou o fluxo da corrente através de filtros de areia (SANSONE, 2014).

Segundo Sansone (2014):

“Darcy descobriu que a vazão era proporcional à diferença de pressão ao longo do fluxo, à área da seção do conduto e a uma constante K característica do meio poroso e do fluido, além de inversamente proporcional ao comprimento do conduto.”



$$v \propto \Delta h \text{ (diferença de pressão)}$$

$$v \propto d^2 \text{ (conduto - rocha porosa)}$$

$$v \propto K \text{ (fluido e meio poroso)}$$

$$v \propto \frac{1}{L} \text{ (comprimento do conduto)}$$

Figura 6: Experimento realizado por Darcy.

Fonte: Sansone, 2014.

Segundo Sansone (2014):

“A velocidade de Darcy é um conceito macroscópico e de fácil determinação. Esta velocidade é diferente da velocidade microscópica de partículas do fluido associadas aos seus particulares caminhos de fluxo através dos grãos do meio poroso. As velocidades microscópicas possuem existência real, mas são impossíveis de se medir. A velocidade de Darcy é uma velocidade fictícia, pois em seu cálculo assume-se que o fluxo ocorre através da seção toda do meio poroso, quando na realidade o fluxo se desenvolve apenas através dos poros interconectados.”

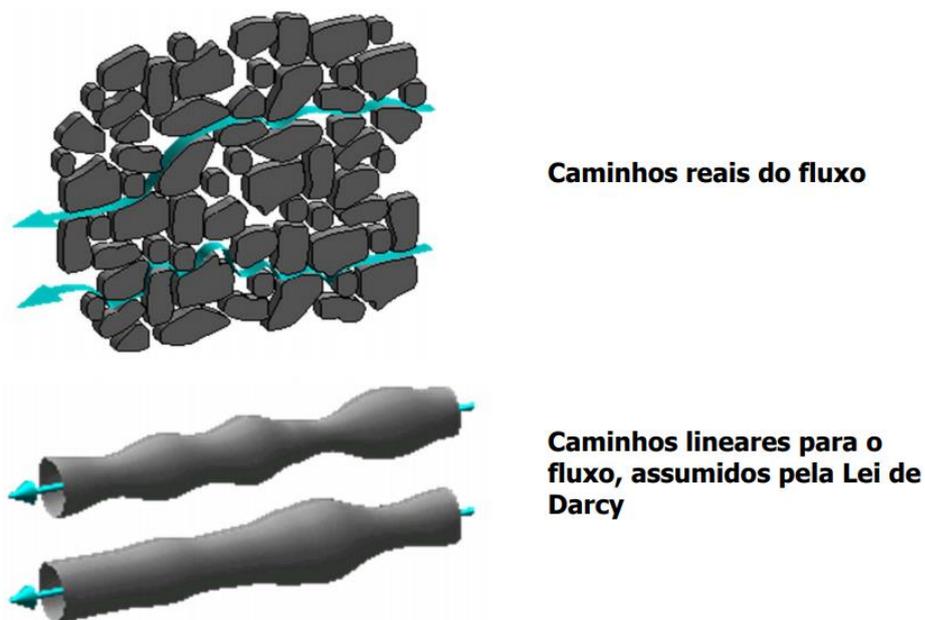


Figura 7: Caminhos de fluxos.

Fonte: Sansone, 2014.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do trabalho

O trabalho em questão é caracterizado como:

- Bibliográfico: através de levantamentos de dados secundários em livros, artigos, dissertações, teses, etc;
- Experimental: através de experimentos e análises realizadas em laboratório;
- De campo: através da visita técnica à estação de remediação do solo do Senac.

3.2 Materiais

Para elaboração do modelo a ser utilizado para simulação de teste de descontaminação em nível de bancada foi elaborado desenho técnico do aparelho, na Figura 8.

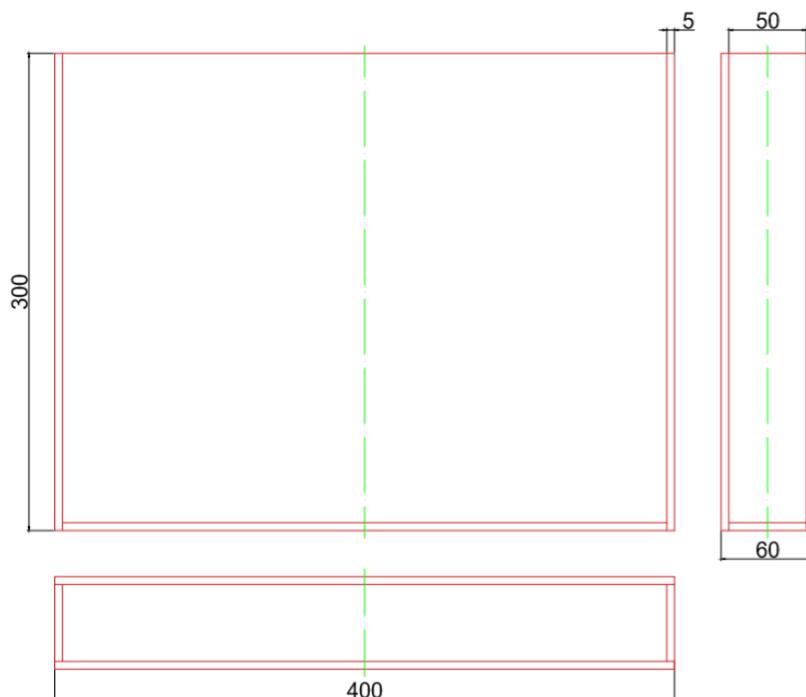


Figura 8: Desenho técnico do modelo (1ª diedro).

Fonte: autoria própria.

Foram utilizados os materiais:

- 1 placa de acrílico de 5 cm x 40 cm com 5 mm de espessura;
- 2 placas de acrílico de 40 cm x 30 cm com espessura de 5 mm;
- 2 placas de acrílico de 5 cm x 30 cm com espessura de 5 mm;
- Cola para acrílico;
- 10 kg de areia para filtro de piscina (0,5 ~ 1 mm);
- 1 torneira do tipo válvula de gás;
- 1 tubo de acrílico com 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- 1 tubo de acrílico com 25 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- 1 tubo de acrílico com 20 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- 1 tubo de acrílico com 15 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- 1 m² de manta para drenagem do tipo bidim;

3.3 Características do solo utilizado

Para a areia utilizada no trabalho foram realizados os procedimentos para determinação da granulometria e densidade do material.

3.3.1 Granulometria

Foram realizados os procedimentos para determinação da granulometria através de peneiras e mesa vibradora para caracterização do solo simulado. Foi pesada uma amostra de 100 g do material e o mesmo passou por diversas peneiras em uma mesa vibradora. A Tabela 1 apresenta os resultados desse procedimento.

Tabela 1: Granulometria do solo utilizado.

Fonte: autoria própria.

Peneira	Massa retida do material	Porcentagem
1,18 mm	0,003 g	3%
600 µm	0,087 g	87%
425 µm	0,010 g	10%
300 µm	< 0,0001 g	< 0,0001%

De acordo com estes resultados temos um solo com característica de areia média-grossa.

3.3.2 Densidade

Para calcular a densidade do material foi utilizado um picnômetro de 25 ml contendo 25 g do material e uma bureta contendo 25 ml de água destilada. A água da bureta foi adicionada lentamente ao recipiente até completar seu volume. O volume de água restante na bureta indica o volume da amostra do material contida no picnômetro. Com esses valores foi possível calcular a densidade do material, como mostra a Equação (1):

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow d = \frac{25 \text{ g}}{10,2 \text{ ml}} = 2,45 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \rightarrow 2,45 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad (1)$$

3.4 Análises químicas e preparo das soluções utilizadas

Para simular uma contaminação foi utilizada uma solução, de concentração conhecida, de cloreto de amônia. A dissociação em água desse sal se dá pela reação representada pela Equação (2):



O próprio cloreto de amônia também reage com a água, conforme a reação representada pela Equação (3):



A base fraca hidróxido de amônia (NH₄OH) será dissociada liberando cátions de amônia e hidroxila, conforme a reação representada pela Equação (4):



A liberação de cátions de amônia está em equilíbrio com a formação da base fraca hidróxido de amônia, isto é, à medida que são oxidados os cátions de amônia há ocorrência proporcional da liberação destes através da dissociação da base fraca. Isto significa que para a total remoção de amônia deve haver uma quantidade de oxigênio que supra essa necessidade.

Como agente oxidante foi utilizado o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Esta substância é responsável por fornecer o oxigênio necessário à oxidação da amônia, segundo a sua dissociação representada pela Equação (5):



Foi preparado 1 litro de solução de cloreto de amônia com concentração de 750 ppm segundo a Equação (6):

$$750 \text{ ppm} = 750 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,75 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 0,014 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad (6)$$

Foi preparado 1 litro de uma diluição do agente oxidante peróxido de hidrogênio P. A. (30%) para que esta tenha uma concentração de 20% de H_2O_2 , para que não haja risco de atacar o acrílico do aparelho, Equação (7):

$$700 \text{ ml de } H_2O_2 \text{ a } 30\% + 300 \text{ ml de água destilada} = 1 \text{ litro de } H_2O_2 \text{ a } 20\% \quad (7)$$

Primeiramente foram realizados testes em laboratório em meio líquido-líquido para testar o comportamento físico-químico e estequiométrico da reação a ser utilizada e para se determinar a melhor concentração de amônia e de agente oxidante a ser utilizada. As eficiências desses testes foram evidenciadas a partir de análises realizadas no espectrofotômetro. Através de análise em espectrofotômetro foi determinada a concentração inicial de amônia na solução que simula o contaminante. Após a mistura com a solução do agente oxidante foram realizadas análises em espectrofotômetro das concentrações de amônia durante 7 dias.

No modelo construído foram feitas análises coletando amostras de cada um dos poços de monitoramento durante 7 dias e o descontaminante aplicado pelo primeiro poço, o qual está mais distante dos demais. Durante os 7 dias o modelo permaneceu inclinado, para que houvesse simulação da água subterrânea no solo e para que o descontaminante alcançasse todos os poços.

A Figura 9 mostra o procedimento de análise realizado. As amostras coletadas dos poços foram diluídas em um balão de destilação de 100 ml, logo o fator de diluição é de 100. Isto é, os valores obtidos nas leituras do espectrofotômetro serão multiplicados por 100 para obter o valor real. Esse procedimento é necessário, pois o aparelho não consegue realizar a leitura de altas concentrações de algumas substâncias.

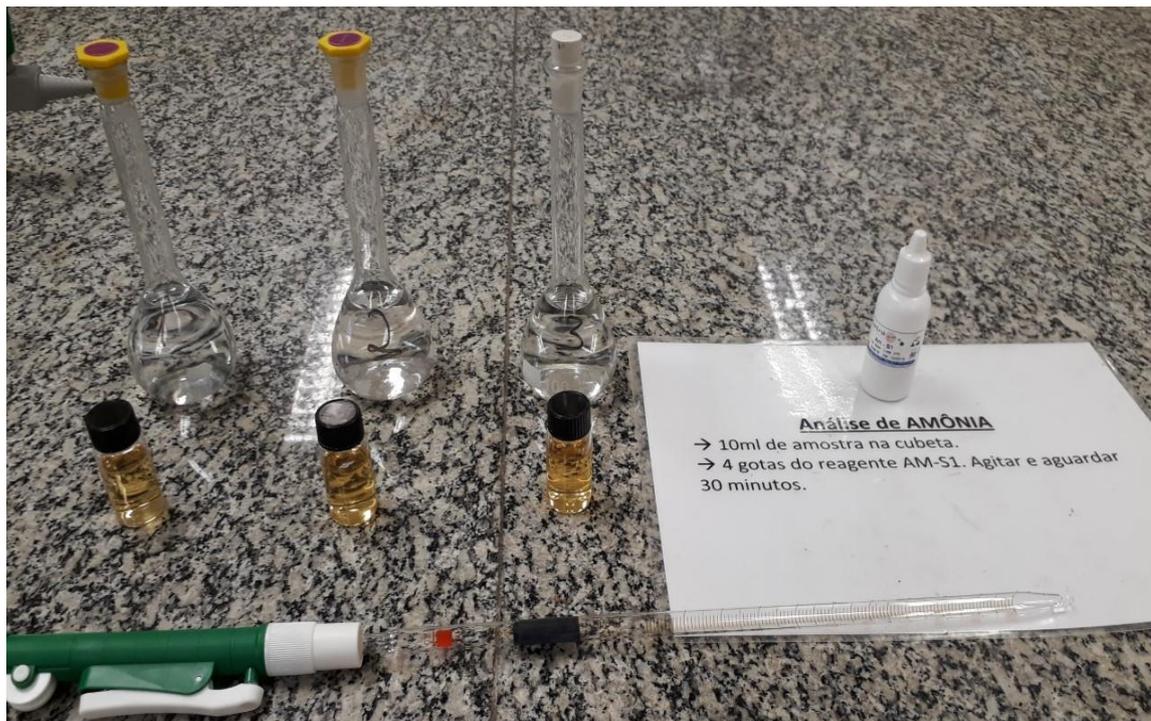


Figura 9: Procedimento de análise em espectrofotômetro.

Fonte: autoria própria.

Com os dados de concentração inicial e final podemos obter a eficiência do tratamento em porcentagem.

3.5 Custos do projeto

A Tabela 2 apresenta os custos estimados da execução do projeto:

Tabela 2: Custos do projeto.

Fonte: autoria própria.

Material/serviço	Quantidade/unidade/medida	Custo (R\$)
Acrílico	1 m ²	282,00
Areia	10 kg	20,00
Cola de acrílico	100 ml	15,00
Tubos de acrílico	70 cm	40,00
Combustível	50 km	40,00
Máquina de corte a laser	100 W/h x 3 horas	100,00

Válvula de gás (dreno)	1 x 12.5 mm	9,00
Manta bidim	1 m ²	3,00
Peróxido de hidrogênio	1 L	30,00
Cloreto de amônia	50 g	50,00
Reagentes analíticos para espectrofotômetro	50 análises	200,00
Total		789,00

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 10 mostra o modelo finalizado com todos os componentes.



Figura 10: Modelo de aquífero granular.

Fonte: autoria própria.

A Figura 11 mostra o gráfico que relaciona a concentração de amônia, em ppm, em função do tempo de reação, em dias, para o teste em meio líquido x meio granular.

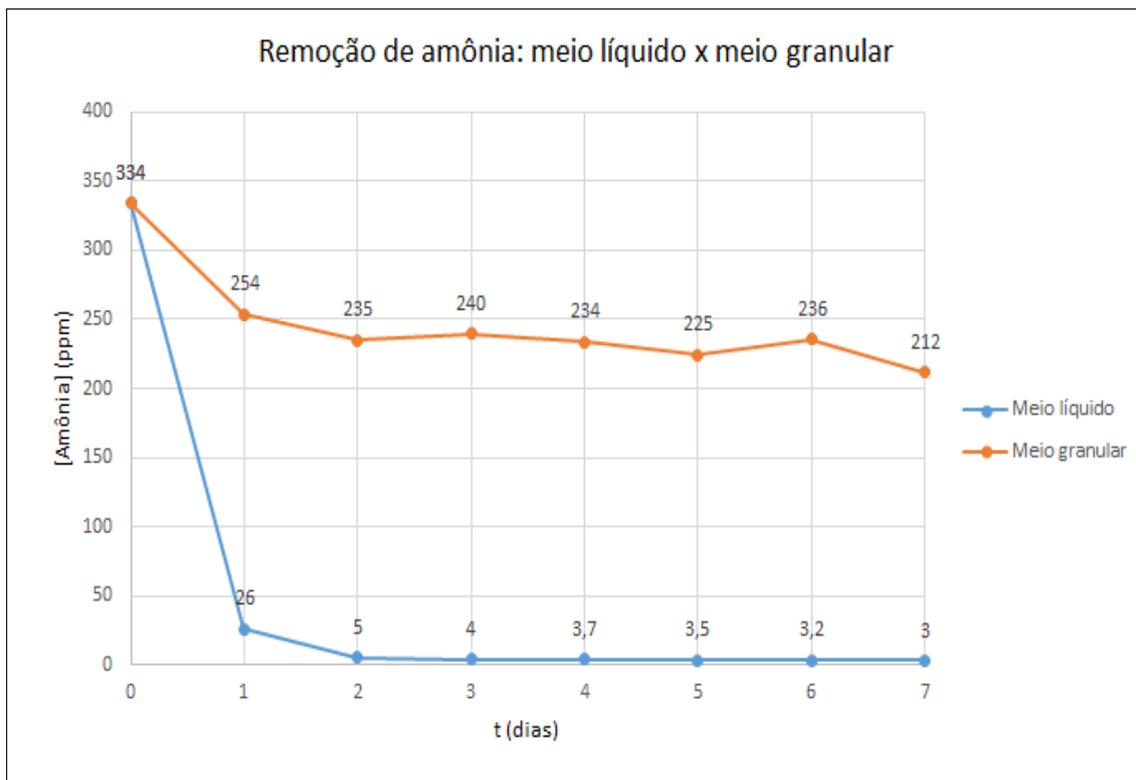


Figura 11: Gráfico da concentração de amônia para o teste em meio líquido x meio granular.

Fonte: autoria própria.

A Tabela 3 mostra a eficiência de remoção da amônia para o meio líquido e para o meio granular.

Tabela 3: Eficiência de remoção da amônia.

Fonte: autoria própria.

Meio	Conc. inicial de amônia (ppm)	Conc. final de amônia (ppm)	Eficiência de remoção de amônia (%)
Líquido	334	3	99,1
Granular	334	212	36,5

Observou-se que por ser uma reação exotérmica houve dilatação do líquido presente no modelo, o que levou ao nível da água ultrapassar o nível da areia. Foi observado também que os materiais utilizados não sofreram nenhum tipo de avaria causada pelos produtos químicos utilizados.

5 CONCLUSÃO

Concluindo, pode-se afirmar que o modelo elaborado atende aos objetivos de realização de testes de bancada como etapa preliminar para estudo e gerenciamento de uma área contaminada, simulando uma região que possua um aquífero granular. Os testes realizados em meio líquido evidenciaram que houve uma rápida remoção da amônia, enquanto que para o meio granular este processo ocorreu lentamente e com apenas cerca de um terço da eficiência. Isso mostra que, possivelmente, deve-se aumentar a concentração do agente oxidante ou que esta descontaminação ocorra em mais etapas, com mais aplicações do agente oxidante. Após todos os testes e obtenção dos resultados, esses dados podem ser utilizados para realização de cálculos para situações reais onde as quantidades são muito superiores às utilizadas neste trabalho.

Foram identificados problemas durante a execução do projeto, como vazamentos, mau funcionamento do dreno, e o problema de o nível da água ultrapassar o nível de areia. Estes problemas foram solucionados aplicando mais cola de acrílico nos vazamentos e em relação ao problema do nível da água, este foi solucionado removendo do modelo um volume de líquido até que o nível se estabilizasse.

O modelo desenvolvido neste trabalho possui grande potencial para ser aprimorado, desenvolvido e estudado em projetos posteriores ou em trabalhos de conclusão de curso, pois existe potencial para sua comercialização a um preço mais acessível, uma vez que foi evidenciado que os modelos existentes no mercado são estrangeiros e de alto custo.

6 REFERÊNCIAS

1. ANA. Sistemas Aquíferos. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=3ec60e4f-85ea-4ba7-a90c-734b57594f90> 2013. Acesso em: 28/10/2019.
2. ALMEIDA, Leonardo. Hidrogeologia: Conceitos Básicos. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/apresentacoes-ana/ana-1-hidrogeologia-leonardo-de-almeida.pdf> 2016. Acesso em: 28/10/2019.
3. BACHEMA. Ensaio de tratabilidade. Disponível em: <http://bachema.com.br/servico/ensaio-de-tratabilidade/> Acesso em: 22/09/2019.
4. CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). RESOLUÇÃO DO CONAMA N° 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009. Parcelamento do Solo Urbano. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf> Acesso em: 20/04/2019.
5. CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). O que são áreas contaminadas. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/o-que-sao-areas-contaminadas/> Acesso em: 07/05/2019.

6. CETESB (Companhia ambiental do Estado de São Paulo). Áreas Contaminadas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/>. Acesso em: 27/09/2019.
7. COELHO, Ricardo; HAVENS, Karl. Crise nas águas. Belo Horizonte: Recóleo, 2015.
8. COLLEGE OF ENGINEERING. Standard Groundwater Flow Model. Disponível em: <https://engineering.unl.edu/groundwater-standard-flow-model/> Acesso em: 27/09/2019.
9. GÜNTHER, W. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. 2006. Disponível em: http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf Acesso em: 07/05/2019.
10. IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas. 1ª ed. São Paulo: IPT e BNDES, 2014.
11. IRITANI, Mara AKIE; EZAKI, Sibebe. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012.
12. SANSONE, Eduardo César. Permeabilidade das Rochas. São Paulo: 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1678305/mod_resource/content/1/07%20-%20PMI1673%20-%202014%20-%20Permeabilidade.pdf. Acesso em: 30 out. 2019.
13. SÃO PAULO. Decreto n. 59.263, de 5 de Junho de 2013. Proteção da qualidade do solo. Disponível: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>. Acesso em: 20/04/2019
14. SILVA, R. Gestão de áreas contaminadas e conflitos ambientais: o caso da cidade dos meninos. 2007. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/rfgsilva2.pdf> Acesso em: 07/05/2018.
15. SOARES, A. Bases técnicas para remediação de solos e águas subterrâneas utilizando processos oxidativos avançados. (Tese – Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Química). Campinas, 2007.
16. TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ ABRH, 2009. p. 300.

Proposta de um Filtro de Areia para a Unidade de Beneficiamento de Leite da Laticínio Soberano - Maria da Fé (MG)

Bianca Fontana, Giovanna de Alcantara, Juliane Ribeiro, Milena Turetta, Rodrigo Semião, Vinicius Rodrigues
Professores Alessandro Augusto Rogick Athiê e Eduardo Antônio Licco
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PI_VI_GO1

RESUMO

A proposta apresentada tem como objetivo desenvolver uma solução ambiental de economia no tratamento do efluente utilizando um filtro de areia, de acordo com as necessidades do cliente Grupo Laticínio Soberano. Para isso, foram realizados levantamentos de dados secundários, elaboração de análises em laboratório, seguido da análise de viabilidade da proposta do filtro de

areia. Com a proposta desenvolvida, foi possível concluir que o projeto de implantação de filtro de areia, a qual é uma técnica de suma importância para o desenvolvimento sustentável, apresenta viabilidade técnica, econômica, ambiental, social e legal. E desta forma, o projeto é passível de desenvolvimento e instalação na planta da indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Laticínio, descarte de efluentes, filtro de areia.

Proposal for a Sand Filter for the Laticínio Soberano Milk Processing Unit - Maria da Fé (MG)

ABSTRACT

The presented proposal aims to develop an environmental solution at the effluent treatment using a sand filter, according to the needs of the Laticínio Soberano Group customer. For this, secondary data surveys were performed, laboratory analysis were carried out, followed by the feasibility analysis of the sand filter proposal. With the developed proposal, it was possible to

conclude that the sand filter implantation project, which is a technique of great importance for the sustainable development, presents technical, economic, environmental, social and legal viability. And in this way, the project is subject to development and installation in the industry plant.

KEYWORDS: Dairy, Effluent Disposal, Sand Filter.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, foi estudada a empresa parceira “Laticínios Soberano” no âmbito do seu processo produtivo no beneficiamento do leite e nos descartes dos resíduos da produção, a fim de realizar uma proposta alternativa para o gerenciamento dos seus efluentes.

Conforme informado pela empresa, o grupo irá transferir as suas atividades para uma nova planta, A nova planta deve ser construída em aproximadamente 2 anos, e será instalada fora do centro urbano da cidade de Maria da Fé, onde também serão agregadas as atividades da unidade instalada em São Paulo, minimizando custos, impactos e concentrando as suas atividades em um único local. Contudo o grupo Soberano demonstrou a preocupação com a projeção do aumento considerável no consumo de recursos como (água, energia elétrica etc.) que impactam diretamente a empresa e o meio ambiente.

Maria da Fé é um município brasileiro do Estado de Minas Gerais. Sua população estimada é de 14.256 habitantes. O município é conhecido como a cidade mais fria do Estado de Minas Gerais. No inverno as temperaturas mínimas podem chegar abaixo de 0°C. Está localizado em plena Serra da Mantiqueira relativamente próximo à estância paulista de Campos do Jordão e às mineiras do chamado Circuito das Águas. No turismo é explorado o turismo rural, produção do azeite de oliva e o artesanato (PREFEITURA MUNICIPAL MARIA DA FÉ, 2019).

Segundo JERÔNIMO et al (2012) “o setor do leite no Brasil é um dos mais importantes dentre as atividades agroindustriais, tanto no aspecto econômico quanto no social”. Esse segmento industrial se diversifica ao apresentar empresas de laticínios “fundo de quintal”, (consideradas empresas de pequeno porte), até multinacionais, capazes de processar centenas de milhares de litros de leite por dia (JERÔNIMO et al, 2012).

Em contrapartida, as indústrias de laticínios têm um grande consumo de água, mesmo as indústrias de pequeno porte, podem gerar em média 30.000 litros de água por dia. Essa água é utilizada tanto nas operações de processamento quanto na limpeza dos tanques, dos caminhões, maquinários, entre outros (SILVA, Francielen Kuball; EYNG, Jonathan, 2012).

Com o grande consumo de água no processo de limpeza e operações para processamento dos lácteos gera grande vazão de efluentes contendo poluentes orgânicos, agentes infectantes e nutrientes, (SILVA, Francielen Kuball; EYNG, Jonathan, 2012).

O filtro de areia é considerado um método simples, realizado pós-tratamento do efluente, além de ser uma técnica popular, manuseada desde o século XIX. onde o efluente é conduzido por meio da tubulação até o filtro. Durante a infiltração do efluente, ocorre a purificação do mesmo (TONETTI et al, 2012; TONETTI et al, 2004).

Furnas (2017), demonstra de forma simplificada os itens necessários para a montagem de um filtro. De acordo com a Figura 1, o filtro conta com um recipiente cilíndrico e elementos de variadas granulometrias que trabalham juntos, sendo eles: Carvão ativado, pedra de gravilha, seixo de rio, brita ou argila expandida e areia fina e grossa.



Figura 1: Ilustração de filtro de areia caseiro.

Contudo, o filtro apresentado na Figura 1 equivale a um filtro caseiro, para uma baixa demanda. Para que o mesmo atue em larga escala é necessário que seja redimensionado de acordo com a exigência da indústria. Um exemplo, é o filtro multimídia de escala industrial é vista na Figura 2.

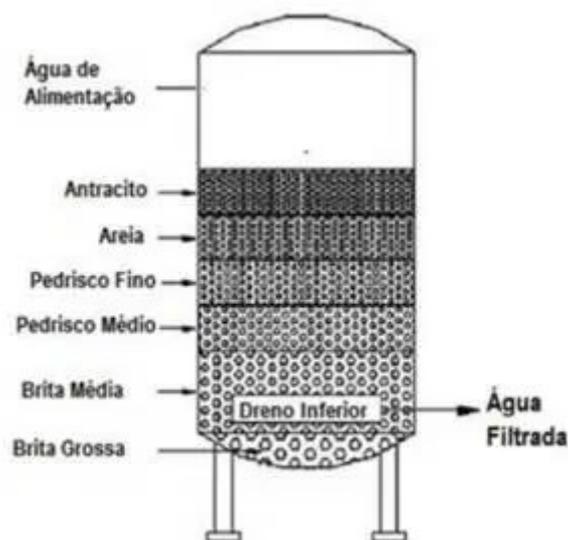


Figura 2: Ilustração de tanque multimídia.

O filtro pode agir de forma manual ou automática, onde o manual necessita de um operador atuando junto ao maquinário. Já o automático, não necessita de um operador, pois ele realizará todos os procedimentos sozinho.

Sua eficiência varia de acordo com o filtro, visto que cada modelo apresenta estrutura diferente e utilizam variadas granulometrias, a fim de filtrar distintos fluidos. Este consegue retirar partículas de 5 a 25 micra. (SNATURAL)

A granulometria usada varia de modelo do filtro, sendo eles o lento, rápido, de alta taxa e circulação contínua. Os lentos utilizam grânulos de tamanhos entre 0,25 e 0,35 mm e os rápidos entre 0,4 e 1,0 mm. (SNATURAL)

Os filtros de alta taxa contam com granulometrias entre 0,8 e 2,0 mm e, por fim, os filtros com circulação contínua, também usadas em fontes, piscinas e outros sistemas abertos, exigem uma areia específica de granulometria 0,5 a 0,9 mm. Os grânulos têm eficiência na retenção de partículas (limo, lodo, grãos de areia), resíduos de encanamentos e outras impurezas em suspensão na água (SNATURAL)

Alguns benefícios são adquiridos quando se opta por fazer o uso do filtro multimídia, são entre eles o baixo valor de investimento e manutenção, que faz com que o uso do produto gere um bom custo-benefício. Outras vantagens são a instalação, que ocorre de forma fácil e com praticidade, e o amplo atendimento, já que o filtro pode ser utilizado com múltiplas vazões de água e, assim, abranger tipos de uso diferenciados (GABCO).

Costa (2008), concluiu que para o percentual de eficiência da remoção da carga orgânica, a porcentagem da taxa de remoção para efluente de laticínio variou de 45 a 92%, já a remoção máxima de carga orgânica do soro, foi de 93%.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como revisão de literatura consultada, de suma importância, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008, de Minas Gerais, em conjunto com a Resolução CONAMA N.º 430/2011, onde são abordados a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para realização do enquadramento e estabelecem os padrões de lançamento de efluentes.

Por fim, Tonetti (2004) contribuiu para o aperfeiçoamento dos estudos, pois o mesmo realizou um projeto voltado para a filtração de um efluente com o mesmo equipamento. Assim, o mesmo permitiu uma compreensão melhor e um aproveitamento de dados.

3 METODOLOGIA

Com base nos dados levantados, foi estabelecido o aquecimento do efluente e acrescentar ácido acético, pois é um método simples para extrair a proteína do leite, caseína, a fim de obter o sólido. Com isso, o efluente apresenta uma melhora na sua purificação, alteração na sua acidez e uma oportunidade de estudar o sólido filtrado, a fim de comercializar.

O processo do tratamento se deu início ao retirar o efluente disponibilizado pela empresa da geladeira e deixando o mesmo chegar a temperatura ambiente. Do qual no momento era 21°C, o mesmo se tornou a temperatura inicial. Após a estabilização da temperatura, aqueceu-se 200mL efluente a 45°C através do bico de Bunsen homogeneizando-o continuamente até chegar a temperatura desejada. Aferindo o cronômetro, o tempo total para o aquecimento do mesmo, foi de 4 minutos e 48 segundos.

Após o aquecimento, adicionou 0,5 ml de ácido acético ao primeiro béquer com o efluente aquecido e colocou em uma bandeja com água corrente para o resfriamento. Deixou o efluente por 81 minutos, que foi o tempo para chegar a temperatura da água, que era de 23°C.

Repetiu-se o procedimento, variando apenas a quantidade de ácido acético. O béquer contendo 200 mL de efluente aquecido por 4 minutos e 59 segundos para chegar a temperatura de 45°C, foi adicionado 1,0 mL de ácido acético, do qual obteve o resfriamento do efluente por 71 minutos e chegou a temperatura de 23°C.

Já o béquer contendo 200 mL de efluente aquecido por 4 minutos e 30 segundos para chegar a temperatura de 45°C, adicionou 1,5mL de ácido acético, obtendo resfriamento do efluente por 62 minutos chegando a uma temperatura final de 23°C.

Com a finalização do resfriamento, utilizou o phmetro para medir o ph do efluente após o tratamento. Do qual é essencial para a análise de viabilidade ambiental para a emissão do mesmo nos corpos hídricos, ou de tomada de decisão para encontrar uma segunda alternativa para a filtragem do efluente.

A parte final dos experimentos conjuntos se deu pela elaboração de três filtros, que permitiu uma melhor visualização do quão límpido o efluente pode ficar.

Sendo deles o primeiro, o filtro básico, do qual após o tratamento com o ácido, o efluente é despejado aos poucos, evitando que o mesmo não ultrapasse a altura do filtro. O seu resultado é satisfatório tanto visualmente como em sua bioquímica. Como o foco para realizar esse procedimento é na utilização da caseína, esta seria uma saída, mas que necessita de uma outra solução.

Já o segundo, utiliza o decantador junto ao filtro básico, do qual após o tratamento com o ácido, o efluente é despejado no decantador, onde ficará retido toda gordura do leite. O seu resultado é satisfatório, o único ponto negativo, é de que a gordura fixará nas paredes do decantador, que acaba gerando um ponto de preocupação, principalmente quando se pensa em uma escala industrial.

O terceiro filtro, é por camadas, do qual após o tratamento com o ácido, o efluente é despejado no mesmo, passando pelas suas fases. O seu resultado é visualmente satisfatório, mas não concluiu sua análise completa por conta do tempo. Assim, o filtro escolhido como base para solução do problema, foi o filtro básico (Figura 3)



Figura 3: Filtro básico.

Os diferentes efluentes obtidos foram enviados para análise externa no Laboratório do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, e, em seguida, comparados com as legislações vigentes do COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008 e Resolução CONAMA N.º 430/2011 - (Tabela 1).

PARÂMETROS	PRÉ TRATAMENTO	PÓS TRATAMENTO	COPAM N.º 01/2008 CONAMA N.º430/2011
pH	7,8	3,9	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	23,5	23,2	< 40
DQO (mg/L)	3743	723,6	< 180 mg/L ou 70% tratado
DBO (mg/L)	2068	362,4	< 60 mg/L ou 75% tratado
Sólidos Suspensos (mg/L)	560	19	< 100
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	19,5	10	< 20,0
Óleos/Gorduras/Graxas (mg/L)	814	48	< 50

Tabela 1: Comparação das análises ante às legislações

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento do equipamento foi realizado com base na estimativa da vazão necessária conforme os dados que a empresa forneceu de entrada de leite, processo produtivo e saída de efluente para a nova planta.

O filtro multimídia escolhido possui alta vazão máxima de 40.000 L/h, a fim de atender a vazão estimada de 37.500 L/h de efluente da empresa, Figura 4.



Figura 4: Filtro multimídia

A proposta necessita de um investimento inicial englobando o modelo de filtro escolhido (cerca de R\$17.000,00), instalação do material (a qual é relativamente simples), além dos materiais filtrantes (os quais são facilmente encontrados em lojas de material de construção).

Existe a necessidade de se realizar uma manutenção periódica, a qual inclui uma retrolavagem realizada semanalmente e manutenção prévia de todo o equipamento realizada anualmente.

5 CONCLUSÃO

Após as análises preliminares de viabilidade e em conjunto com os dados amostrais dos efluentes bruto, tratado e filtrado, conclui-se que o tratamento escolhido possui vantagens quanto à extração da caseína (a fim de comercializá-la), porém o efluente final ainda não atende todos os parâmetros definidos por legislação, portanto o efluente final precisaria passar por mais uma fase de tratamento. Uma pesquisa prévia mostrou que um tratamento possível para atender aos requisitos necessários seria um tratamento biológico utilizando bactérias lipolíticas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FURNAS. **Programa de Educação Ambiental da APA Capivari-Monos Fase II: Tecnologias Socioambientais**. 2017. Disponível em: <http://www.walmambiental.com.br/wp-content/uploads/2017/09/cartilha_final_baixa.pdf>. Acesso em: nov. 2019;
- JERÔNIMO *et al.* **QUALIDADE AMBIENTAL E SANITÁRIA DAS INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, MAR-AGO, 2012, v.7. e-ISSN: 2236-1170. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/5751/3599>>. Acesso em: 16 mai. 2019.
- KUBALL Francielen Silva e, EYNG Jonathan. 2013. **O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE TRATAMENTO COM BIOFILTRO E COM O SISTEMA CONVENCIONAL DE LAGOAS**. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/1082/1007>. Acesso em: nov. 2019.
- PREFEITURA DE MARIA DA FÉ. **Maria da Fé**. Disponível em: <<https://www.prefeiturademariadafe.com/>>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- SNATURAL MEIO AMBIENTE. **Filtros e Filtração de Água - Areia Especial Para Filtro De Água**. Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/filtracao-água-areia/>>. Acesso em: nov. 2019.
- TONETTI, Adriano Luiz; FILHO, Bruno Coraucci; NICOLAU, Cintia Elena; BARBOSA, Martina; TONON, Daniele. **Tratamento de Esgoto e Produção de Água de Reúso com o Emprego de Filtros de Areia**. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n3/v17n3a05>>. Acesso em: nov. 2019.
- TONETTI, Adriano Luiz; FILHO, Bruno Coraucci; STEFANUTTI, Ronaldo. FIGUEIREDO, Roberto Feijó de. **O Emprego do Filtro de Areia no Pós-tratamento de Efluente de Filtro Anaeróbio**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba, v.21, n.21, p.42-52, 2004. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v21/art04.pdf>>. Acesso em: nov. 2019.

Tratamento do efluente de uma indústria de laticínios utilizando filtro de areia

Arielly Oliveira, Daniele Gomes, Evelin Jobert, Maisa Cardoso, Murillo Souza, Sabrina Menezes, Valquiria Felix
Professores Alessandro Augusto Rogick Athiê e Eduardo Antônio Licco

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PI_VI_G02

RESUMO

O presente projeto consiste no estudo de tratamento de efluentes gerado em empresas de laticínios. Houve uma parceria com a empresa Laticínios Soberano onde será proposto o dimensionamento do tratamento mais viável para a empresa. Além disso, analisou-se e caracterizou o

efluente bruto gerado na empresa, bem como foi realizado o tratamento de bancada utilizando ácido acético/vinagre para realizar o primeiro processo e em seguida, no segundo processo, o efluente pós-tratamento foi para um filtro de areia.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de efluente, laticínios, filtro de areia.

SANDBOX EFFLUENT TREATMENT

ABSTRACT

The present project consists of the study of wastewater treatment generated in dairy companies. There was a partnership with the company Dairy Sovereign where will be proposed to scale the most viable treatment for the company. In addition, we analyzed and

characterized the raw effluent generated in the company, as well as the bench treatment using acetic acid / vinegar to perform the first process and then, in the second process, the post-treatment effluent went to a sand filter.

KEYWORDS: Use until three (03) keywords by separating them with commas.

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Integrador VI, desenvolvido pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária propõe desenvolver um projeto prático para a nova planta da empresa parceira “Laticínios Soberano”. O projeto busca alternativas para o tratamento do efluente gerado no processo produtivo da empresa, além de estar alinhado com os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais. Inicialmente, o grupo propôs um tratamento físico-químico para o efluente, pois se pretendia aproveitar a caseína do leite. Foram feitos diversos testes em bancada para obter-se o melhor método de separação desta proteína e, após este tratamento, o efluente seria direcionado ao filtro de areia, para separação do sobrenadante.

O Grupo Soberano é uma empresa nacional e familiar, com uma unidade de beneficiamento de leite no Município de Maria da Fé - MG e uma unidade de fatiamento e distribuição em São Paulo – SP.

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, com 35,1 bilhões de litros/ano. Em 2016, o volume captado para processamento em indústria de laticínios do país foi de 23 bilhões de litros e no ano de 2017, subiu para 24,3 bilhões (EMBRAPA, 2018).

Minas Gerais é o principal estado produtor de leite no Brasil que no ano de 2017, foi responsável por 26,6% da produção de leite (IBGE, 2017).

Em contrapartida, as indústrias de laticínios têm um grande consumo de água, mesmo as indústrias de pequeno porte, podem gerar em média 30.000 litros de água por dia. Essa água é utilizada tanto nas operações de processamento quanto na limpeza dos tanques, dos caminhões, maquinários, entre outros (SILVA; FRANCIELLEN KUBALL; EYNG; JONATHAN, 2012).

O grande consumo de água no processo de limpeza e operações para processamento dos lácteos causa grande geração de efluentes, contendo poluentes orgânicos, agentes infectantes e nutrientes. (SILVA; FRANCIELLEN KUBALL; EYNG; JONATHAN, 2012).

Portanto, é importante a implantação de um sistema de tratamento de efluentes eficiente e que possa agregar valor à empresa parceira e menor dano possível ao meio ambiente.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, o grupo realizou pesquisas bibliográficas, e testes de bancada com o efluente bruto da laticínios. Os testes foram feitos com diferentes concentrações de ácido acético e temperatura, chegando ao melhor resultado de concentração. Após o pré-tratamento com ácido acético, o efluente foi resfriado e filtrado em um filtro de papel. Outros testes foram realizados, porém, utilizando o filtro de areia para comparar qual o melhor método visualmente a ser utilizado.



Figura 1 e 2: Aquecimento do efluente a 45°C e determinação do ensaio com a melhor concentração.



Figura 3: Filtração com areia.

3. DIMENSIONAMENTO

Com base nos estudos realizados no decorrer do semestre, foi realizado o dimensionamento em escala industrial em relação a metodologia aplicada em laboratório, conforme mostra a figura 4.

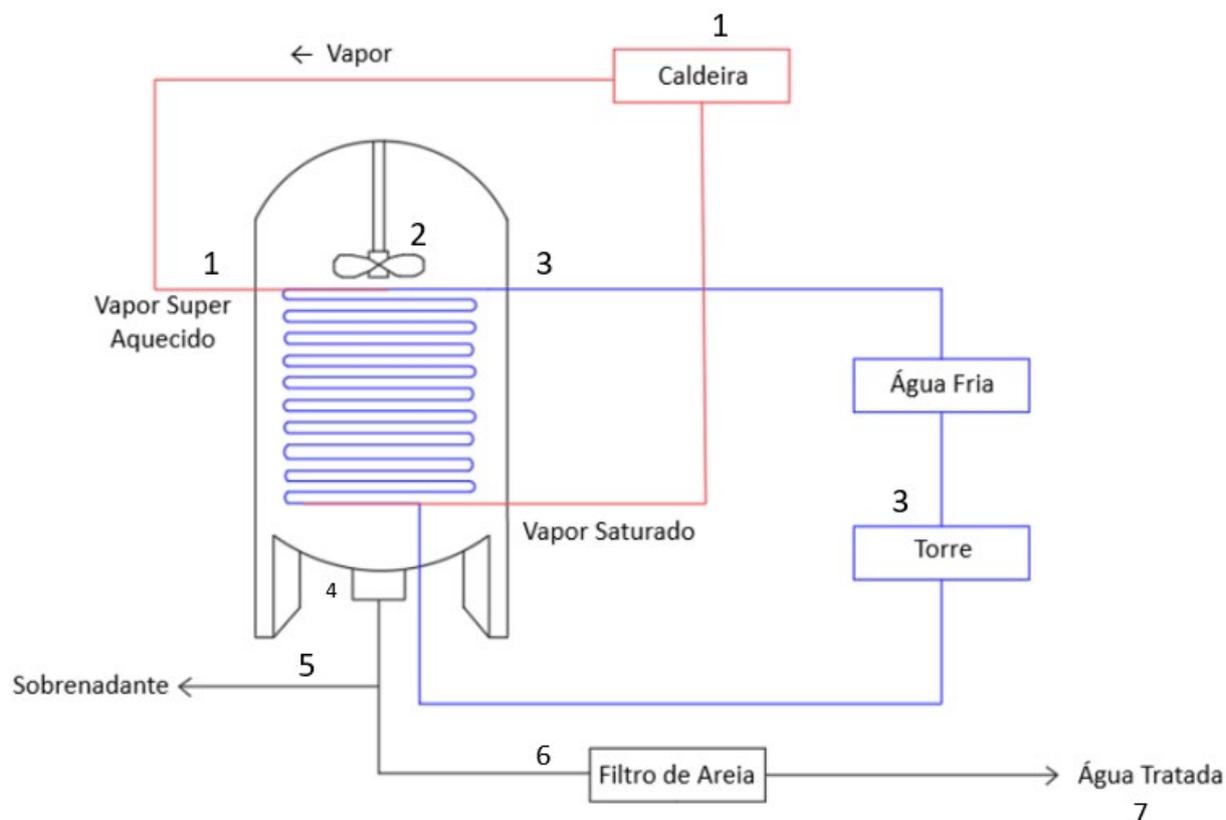


Figura 4. Esquema do dimensionamento para tratamento do efluente.

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Etapa 1 – No primeiro momento, o efluente será aquecido através do vapor da caldeira que passará por dentro de uma serpentina, o vapor será condensado dentro das serpentinas e voltará em forma de água para ser utilizado novamente na caldeira.

Etapa 2 – Enquanto o efluente é aquecido, ocorrerá o processo de acidificação (onde será acrescentado ácido acético) e o efluente será misturado para homogeneização através de um agitador do tipo hélice e fluxo axial.

Etapa 3 – Nesta etapa, ocorrerá o processo de resfriamento do efluente. Este resfriamento será feito com água fria (que será resfriada através de uma torre de resfriamento), essa água passará pela mesma serpentina que o vapor da caldeira.

Etapa 4 – Após todo o processo de tratamento, o efluente será liberado através de uma válvula de escape, podendo ser direcionado para o tanque de armazenamento das gorduras sobrenadantes e o líquido tratado será encaminhado para o filtro de areia.

Etapa 5 – Encaminhamento das gorduras sobrenadantes para o tanque de armazenamento, onde a empresa Laticínios Soberano irá decidir qual será a finalidade.

Etapa 6 – O efluente tratado livre de gorduras será encaminhado para o filtro de areia, que é composto por carvão ativado, areia, manta geotêxtil e brita.

Etapa 7 – Nesta etapa o efluente teoricamente sairá tratado, caso não atenda as normas vigentes deverá ser adotado um tratamento secundário, podendo ser biológico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados obtidos no decorrer do semestre, foi elaborado a seguinte tabela:

Tabela 1: Dados da Laticínios Soberano.

Parâmetros	Bruto	Pós-Tratamento	COPAM / CERH-MG	CONAMA 357
pH	7,8	3,9	6,0 a 9,0	6 a 9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,9	5,7	> 5	> 5 mg/L
Temperatura (°C)	23,5 (°C)	23,2 (°C)	< 40°C	< 40 °C
DQO (mg/L)	3743	723,6	< 180	-
DBO (mg/L)	2068	362,4	< 3 mg/L	≤ 5 mg/L
Sólidos Totais (mg/L)	2309	31	≤ 500 mg/L	500 mg/L
Sólidos suspensos (mg/L)	560	19	≤ 100 mg/L	-
Fósforo total (mg/L)	35,1	17,2	< 0,030	> 0,030 mg/L
Nitrogênio total (mg/L)	132,5	67,1	≤ 1,27 mg/L	≤ 1,27 mg/L
Sódio (mg/L)	72	41	-	-
Cloretos (mg/L)	32	ND	250 mg/L Cl	250 mg/L Cl
Cálcio (mg/L)	61	ND	-	-
Magnésio (mg/L)	ND	ND	-	-
Potássio (mg/L)	ND	ND	-	-
Nitratos (mg/L)	ND	ND	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N
Nitritos (mg/L)	ND	ND	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	19,5	10	-	-
Óleos / Gorduras / Graxas (mg/L)	814	48	≤ 50 mg/L	VA
Carboidratos (mg/L)	347	126	-	-

*ND = Não Detectado. VA = Virtualmente Ausente.

 = Atende a legislação.

É possível observar que com o pós-tratamento houve uma melhora em alguns dados, porém muitos ainda estão fora dos padrões determinados pelas legislações. Ressaltamos que as análises do pós-tratamento feito com o filtro de areia não foram realizadas e os dados da tabela são da filtragem com o filtro de papel.

5. CONCLUSÃO

De acordo com as análises e seus dados obtidos em laboratório o efluente final proveniente do tratamento em bancada e filtrado por um filtro de papel (analisado em laboratório terceirizado) não atendeu os parâmetros legais vigentes, sendo necessário estudo de alternativas para adequar o efluente para ser lançado em corpo hídrico. Podendo optar por um segundo processo de tratamento químico para correção dos parâmetros ou a utilização de outra metodologia de tratamento, como o tratamento biológico, onde a escolha de qual método a ser utilizado é mais efetivo, serão necessários estudos aprofundados sobre esse tipo de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em 22 de novembro de 2019.

EMBRAPA. **Anuário Leite 2018.** Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181654/1/Anuario-Leite-2018.pdf>>. Acesso em: 03 de novembro de 2019.

IBGE. **PPM 2017: Rebanho bovino predomina no Centro-Oeste e Mato Grosso lidera entre os estados.** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22648-ppm-2017-rebanho-bovino-predomina-no-centro-oeste-e-mato-grosso-lidera-entre-os-estados>>. Acesso em: 14 de julho de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 22 de novembro de 2019.

MORZELLE, Maressa Caldeira. **Composição química do leite.** 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1810879/mod_resource/content/1/Aula%202.pdf>. Acesso em: 26 de novembro 2019.

SISTEMAS AMBIENTAIS E QUALIDADE AMBIENTAL: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Adriano Alves da Rocha, Charlon Cleiton Silva, Clayton Paulo Santos Oliveira, Cleuza Santos da Conceição, Jonatas Reis, Lohaine Rodrigues Alves da Silva
Professores Alessandro Augusto Rogick Athiê e Eduardo Antônio Licco
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PL_VI_G03

RESUMO

O presente artigo apresenta um trabalho acadêmico realizado pelo 6º semestre de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário Senac. No 1º semestre de 2019, onde, foi conduzida uma pesquisa na empresa parceira “Laticínios Soberano”, em Maria da Fé (MG), onde foram analisados os problemas socioambientais relacionados a esta, resultando em planos de negócios. No presente semestre, dando continuidade a estes estudos, o desafio estabelecido foi o de propor alternativas sustentáveis, técnicas, ambientais, legais e economicamente viáveis para o tratamento do seus efluentes. Com a mudança para a nova planta, a empresa projeta um aumento de 64%

no volume do efluente gerado, demandando uma nova forma de tratamento. A partir de ensaios de bancada, estabeleceu-se a proposta de aquecer o efluente bruto a 45°C, acidificá-lo com ácido acético, realizar o seu resfriamento, seguido da filtração do mesmo. O sistema de filtração proposto é a utilização de um filtro composto por areia (em duas granulometrias distintas), uma camada intermediária de manta geotêxtil Bidim e uma inferior de carvão ativado. Os testes preliminares apresentaram redução significativa da matéria orgânica, da cor e do odor do efluente. Um sistema dimensionado para a escala industrial foi proposto.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de bancada, escala industrial, Efluente.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL QUALITY: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN ALTERNATIVE WASTE TREATMENT SYSTEM FOR A DAIRY INDUSTRY

ABSTRACT

This paper presents an academic work done by the 6th semester of undergraduate degree in Environmental and Sanitary Engineering at Centro Universitário Senac. In the first semester of 2019, where a research was conducted at the partner company “Laticínio Soberano”, in Maria da Fé (MG), where the socio-environmental problems related to it were analyzed, resulting in business plans. In the present semester, continuing these studies, the established challenge was to propose sustainable, technical, environmental, legal and economically viable alternatives for the treatment of its effluents. With the

move to the new plant, the company projects a 64% increase in the volume of effluent generated, requiring a new form of treatment. From bench tests, it was proposed to heat the raw effluent to 45 ° C, acidify it with acetic acid, perform its cooling, followed by its filtration. The proposed filtration system is the use of a sand filter (in two different sizes), an intermediate layer of Bidim geotextile blanket and an inferior layer of activated carbon. Preliminary tests showed a significant reduction in the organic matter, color and odor of the effluent. A system sized for the industrial scale was proposed.

KEYWORDS: Bench tests, industrial scale, effluent.

1. INTRODUÇÃO

No 1º semestre de 2019 realizou-se um estudo sobre a empresa parceira “Laticínios Soberano”, a fim de entender sua história, a de seus arredores e seu processo de funcionamento no beneficiamento de leite e comercialização de queijo, e propor alternativas sustentáveis fundamentadas para os desafios ambientais e tecnológicos da empresa durante o 2º semestre deste ano.

Dentre os desafios ambientais apontados pela empresa, optou-se por trabalhar a questão do efluente gerado no processo produtivo, tendo em vista que a mesma apresentou preocupação com a perspectiva de aumentar em cerca de 64% a geração de seus efluentes com a mudança para a nova planta na cidade de Maria da Fé – MG, esta opção visa o gerenciamento e tratamento para atender a legislação vigente COPAM Nº 01/2008 que segue os parâmetros da Resolução CONAMA nº 430/2011, e realizar o descarte do mesmo sem qualquer prejuízo ao meio ambiente. Para tal, realizou-se pesquisas bibliográficas com o intuito de se obter uma solução com viabilidade técnica, social, econômica e ambiental. Havia duas possibilidades de tratamento, o físico-químico e/ou biológico, ou ainda a opção de não geração (ou redução na geração) do efluente. Optou-se pelo tratamento físico-químico, pois vislumbrou-se a possibilidade da separação da caseína do leite, o que poderia resultar em um novo produto ou simplesmente a venda para as indústrias de suplementos alimentares. Dentre as soluções pesquisadas, optou-se por utilizar um sistema de filtração composto por um *Erlenmeyer*, funil de vidro e filtro de papel, foram realizados diversos ensaios de bancada para determinar os parâmetros e a melhor forma de realizar o tratamento.

Através dos ensaios de bancada realizados, estabeleceu-se que o melhor método a se aplicar seria aquecer, acidificar, homogeneizar, resfriar e filtrar o efluente no filtro de papel. Após a obtenção de bons resultados a partir da metodologia aplicada, pensou-se em sua aplicação a uma escala industrial. Para tal, optou-se por um filtro composto por areia (em duas granulometrias distintas), duas camadas de manta geotêxtil Bidim (uma intermediária e uma como base do sistema) e uma inferior de carvão ativado. Nos ensaios de bancada foram utilizados diferentes tipos e concentrações de ácidos, afim de se determinar o mais eficiente com o menor volume. Este trabalho de pesquisa e desenvolvimento, apresenta um protótipo do sistema de tratamento proposto bem como os resultados obtidos nos ensaios de bancada.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se o levantamento dos problemas socioambientais a serem trabalhados. Dentre os problemas apresentados, optou-se por trabalhar com o efluente bruto gerado nas etapas do processo produtivo da empresa.

Após a definição do problema, realizou-se pesquisas bibliográficas para a definição da tecnologia a ser aplicada, sendo definido a filtração como a melhor rota a ser seguida. Como ponto de partida para os testes, definiu-se o volume de efluente a ser tratado em 400ml escolheram-se três tipos de acidificantes (Vinagre, Ácido Acético e Ácido Clorídrico), sendo, o vinagre o primeiro a ser testado. Para cada um dos três grupos da sala, determinou-se o mesmo volume de vinagre (40 ml) a ser utilizado, porém, com diferentes temperaturas de aquecimento, 45°C, 55°C e 65°C, afim de se determinar a temperatura ideal para o tratamento do efluente. Para realizar o procedimento de aquecimento e acidificação, cada grupo utilizou um Bico de Bunsen, uma Bureta, um suporte para a bureta e um tripé com um chapa metálica como suporte para o Béquer.

Usando a temperatura ambiente (21°C) como ponto de partida, cada grupo aqueceu-se os 400ml de efluente a suas respectivas temperaturas, após o aquecimento adicionou-se gradativamente os 40ml de vinagre, homogeneizando a solução por aproximadamente 1 e em seguida colocando para o resfriamento em um recipiente com fluxo contínuo de água em temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos, após resfriamento atingir a temperatura de 22°C, verificou-se que o efluente do grupo 3 aquecido à 45°C, obteve os melhores resultados quanto a floculação da matéria orgânica. Para finalizar a primeira etapa, utilizou-se um funil de vidro, ao qual foi adaptado um papel filtro de 3 micras, e então realizou-se a filtração do efluente.

Após a filtração, o resultado visual do efluente mostrou-se satisfatório, sendo encaminhado para análises físico-químicas no Laboratório do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, onde constatou-se a eficiência do tratamento, para a maioria dos parâmetros estabelecidos pela Resolução do CONAMA 430/2011, a exceção do pH que se apresentou muito ácido. Embora o tratamento utilizando vinagre e filtração com papel filtro tenham apresentado bons resultados, fez-se necessário o dimensionamento de um sistema em escala industrial. O sistema proposto para a realização dos ensaios de bancada foi um filtro composto por uma camada de areia, uma camada de carvão ativado e uma camada de brita, sendo colocado algodão entre as camadas. Usou-se uma proveta de 1000ml como corpo do protótipo do filtro de areia utilizados nos ensaios de bancada, desta vez com o Ácido Acético como acidificante para o tratamento. Diversos ensaios foram realizados a partir da metodologia utilizada no tratamento com o filtro de papel, assim, pode-se determinar os melhores parâmetros de temperaturas e concentrações de ácido a serem utilizados.

Os resultados com o tratamento por filtro de areia, também, apresentaram uma melhora no aspecto visual do efluente, porém, não houve tempo hábil para a realização das análises físico-químicas do efluente que permitiriam mensurar a eficiência do tratamento realizado. Toda via, desenvolveu-se um projeto do sistema de tratamento com o filtro de areia em escala industrial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a realização dos ensaios de bancada pode-se determinar os melhores parâmetros para o tratamento do efluente bruto, com o filtro de papel (realizado com Vinagre) e com o filtro de areia (realizado com Ácido Acético). As Tabelas 1 e 2 apresentam a consolidação dos melhores parâmetros obtidos.

Tabela 1: Melhores parâmetros com o Filtro de Papel

Dados consolidados dos ensaios com o Filtro de Papel	
Grupos	1,2 e 3
Parâmetros verificados	Resultados
Ácidos Utilizados	Vinagre
Volume de Efluente (ml)	400
Volume dos Ácidos (ml)	40
Temperatura Padronizada (°C)	45

Fonte: Autoria Própria, 2019

Tabela 2: Melhores parâmetros com o Filtro de Areia

Dados consolidados dos ensaios com o Filtro de Areia	
Grupos	1,2 e 3
Parâmetros verificados	Resultados
Ácidos Utilizados	Ácido Acético
Volume de Efluente (ml)	200
Volume dos Ácidos (ml)	0,5
Temperatura Padronizada (°C)	45

Fonte: Autoria Própria, 2019

Os ensaios de bancada com Filtro de Papel foram encaminhados para a realização de análises físico-químicas no Laboratório do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da

Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, os resultados obtidos serão apresentados na Tabela 3.

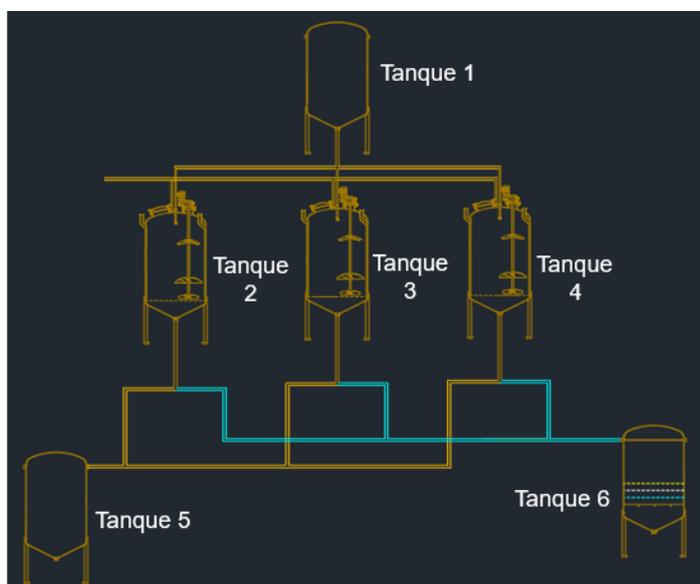
Tabela 3: Resultado das análises físico-químicas do efluente tratado com vinagre e filtro de papel

PARÂMETROS	PRÉ TRATAMENTO	PÓS TRATAMENTO	COPAM Nº 01/2008 CONAMA Nº430/2011
pH	7,8	3,9	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	23,5	23,2	< 40
DQO (mg/L)	3743	723,6	< 180 mg/L ou 70% tratado
DBO (mg/L)	2068	362,4	< 60 mg/L ou 75% tratado
Sólidos Suspensos (mg/L)	560	19	< 100
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	19,5	10	< 20,0
Óleos/Gorduras/Graxas (mg/L)	814	48	< 50

Fonte: Adaptado do Laboratório do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Embora os resultados das análises físico-químicas sejam considerados satisfatórios por atenderem as Legislações vigentes (exceção ao pH que está ácido), entendeu-se que não seria praticável (o uso do vinagre) em uma escala industrial, por esta razão realizou-se o tratamento com o filtro de areia e ácido acético, entretanto, não foram realizadas as análises físico-químicas para determinar a eficiência deste tratamento.

O sistema de tratamento de efluentes por filtro de areia dimensionado para a escala industrial é composto por 6 tanques com dimensões distintas (exceto os tanques 2, 3 e 4, que serão utilizados para o mesmo fim) (Figura 1). Cada tanque realizará uma etapa do tratamento conforme descrição abaixo:



- **Tanque 1** - Armazenamento do ácido acética.
- **Tanques 2, 3 e 4** - Aquecimento, acidificação, homogeneização e resfriamento.
- **Tanque 5** - Armazenamento de caseína.
- **Tanque 6** – Filtro de areia.

Figura 1: Composição do Sistema de Tratamento. Fonte: Autoria própria, 2019

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os ensaios de bancada realizados, a metodologia utilizada (aquecer, acidificar, homogeneizar, resfriar e filtrar) se mostrou eficaz no tratamento do efluente bruto, sendo necessário apenas a correção do pH, antes do descarte em corpo hídrico. Embora o tratamento com o filtro de areia tenha apresentado um resultado visual, tão bom quanto o do filtro de papel, ainda é necessário a realização das análises físico-químicas para a validação do mesmo.

Entende-se que a não geração ou diminuição da geração da carga poluidora é tão importante quanto tratar o efluente, pois, quanto menor o volume de efluente gerado, menor os custos para o seu tratamento, portanto, recomenda-se que sejam melhoradas algumas etapas do processo produtivo e/ou que efluentes com maior carga de poluidora, sejam direcionados para locais distintos para um tratamento diferenciado, demandando um tratamento mais simples para os efluentes com menor carga poluidora

5. REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução no 357, de 17 de março de 2005, do conselho nacional do meio ambiente - CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 20 nov. 2019.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008.** 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 dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idnorma=8151>>. Acesso em 20 nov. 2019.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – SISTEMA MBBR COMO TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SHOPPING CENTER.

Ana Julia Salomé, Bruna Roberta Bueno Pereira, Leonardo Gamberini, Vitória Alves.

M. D. Alexandre Saron
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PI_VIII_G01

RESUMO

O Projeto Integrador apresentado a seguir tem como objetivo o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto, que utiliza a tecnologia de Reator de Filtro Móvel com Biofilme (MBBR) e demonstrá-la como alternativa viável para a remoção de carga orgânica de efluentes, visando também, apresentar as vantagens dos processos de tratamento em comparação ao tratamento de lodos ativados com aeração prolongada. A partir de dados primários e secundários coletados sobre a tecnologia, tivemos acesso à vazão de esgoto de um shopping localizado na região metropolitana de São Paulo e, através dos valores obtidos iniciou-se o dimensionamento da estação desde a fase do tratamento preliminar até a etapa final de desinfecção da água. Com este dimensionamento, verificou-se a viabilidade técnica e financeira para instalação de ETEs em empreendimentos que dispõem de pouco espaço e necessitam de um tratamento eficiente para o esgoto gerado, que posteriormente será direcionado ao sistema de água de reuso ou lançado nas redes coletoras e corpos d'água dentro das condições e padrões de lançamento de efluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento, reuso, efluente.

SEWAGE TREATMENT STATION - TECHNOLOGY FOR SEWAGE TREATMENT.

ABSTRACT

The Integrator Project showed in this article has the goal sizing of a sewage plant that uses a technology named Reactor of Mobile Filter with Biofilm (MBBR in Portuguese). The demonstration will be used for an alternative to remove organic cargo with wastes, also aiming the benefits of the process of the treatment in comparison of the treatment of the active muddy with ventilation prolonged. From primary and secondary data collected about the technology, we had access of the muddy flow of a shopping mall localized in the Metropolitan Region of Sao Paulo City and thru the measured value was initiated the sizing of the station since the phase of preliminary treatment until the final stage of water disinfection. With this dimension, it was verify the viability technical and financial for the installation of ETEs (in Portuguese) in enterprises that has low spaces for the sewage creat and that will be targeted to the water reuse system or launched to drainage system and water bodies inside the conditions and patterns of launched sewage.

KEYWORDS: Sizing, reuse, sewage.

1. INTRODUÇÃO

Na Região Metropolitana de São Paulo, o método utilizado para o tratamento de efluentes nas grandes estações de tratamento é por lodos ativados, onde há uma fase líquida e outra sólida.

O processo é estritamente biológico e aeróbio, no qual o esgoto bruto e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados em unidades conhecidas como tanques de aeração. Após este procedimento, o lodo é enviado para o decantador secundário, onde a parte sólida é separada do esgoto tratado. O lodo sedimentado retorna ao tanque de aeração ou é retirado para tratamento específico (SABESP). As principais normas que regulamentam o setor de saneamento no Brasil são a Lei 11.445/2007 e a Lei 9.433/1997, referente à Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nestas, há exigências para sustentabilidade dos investimentos.

Visto a preocupação de fazer o tratamento de efluentes, será apresentado um projeto executivo baseando-se também no projeto básico que é o conjunto de elementos que define a obra, o serviço ou o complexo de obras e serviços que compõem o empreendimento, de tal modo que suas características básicas e desempenho almejado estejam perfeitamente definidos, possibilitando a estimativa de seu custo e prazo de execução e Art. 2º - é uma fase perfeitamente definida de um conjunto mais abrangente de estudos e projetos, precedido por estudos preliminares, anteprojeto, estudos de viabilidade técnica, econômica e avaliação de impacto ambiental, e sucedido pela fase de projeto executivo ou detalhamento (CONFEA, 1966).

Em concordância com a resolução em comento, será escolhido um local para ser projetado uma estação de tratamento de efluentes para reuso a fim de coletar dados quantitativos do uso de água, vazão de esgoto, número de visitantes, banheiros, restaurantes e outros dados da estrutura do shopping para, posteriormente, dimensionar uma ETE em escala de acordo com as informações coletadas com o intuito de demonstrar a instalação de uma em locais com maior uso de água e promover o tratamento e a reutilização de um efluente. O projeto executivo consistirá em apresentar a tecnologia utilizada no tratamento de esgoto e todas as fases do processo de Lodos Ativados com aeração prolongada em adaptação para MBBR.

O sistema de MBBR consiste em uma tecnologia adaptada aos sistemas de lodos ativados com aeração prolongada, por meio da introdução de pequenas peças de plástico de baixa densidade e de grande área superficial (biomédias) no interior tanque de aeração, que atuam como meio suporte para desenvolvimento da biomassa em suspensão e aderida, mantidos em constante circulação e mistura seja em função da introdução de ar difuso ou devido à existência de agitadores mecanizados; não havendo a necessidade de recircular o lodo (WEF, MOP no.35, 2010; Minegatti, 2008; Rusten et al, 2000; Ødegaard et al. 1994).

2. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Paulo, no sudeste do Brasil, é caracterizada por sua diversidade de instituições culturais, de entretenimento e lazer. É cercado por construções prediais e centros comerciais, como Shoppings Center.

Visto isso, após realizar pesquisas secundárias referentes a funcionamento e instalação de estações de tratamento de efluentes, foi selecionado para estudo do presente trabalho um

Shopping na região Sul da cidade de São Paulo, que conta com inúmeros comércios e empresas nos arredores da região como mostra a Figura 1 e que foi escolhido como recurso indireto para a elaboração do dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes para fins de reuso.

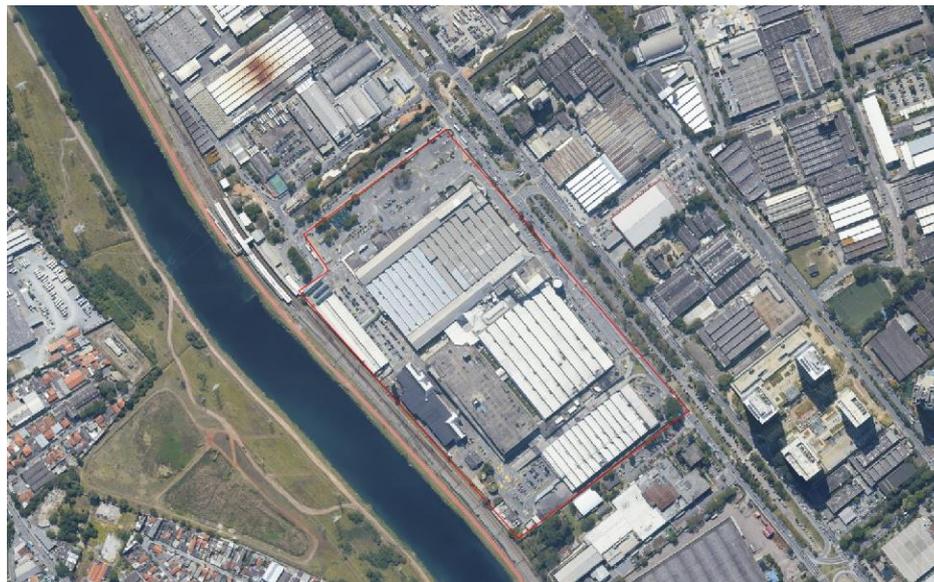


Figura 1. Shopping localizado na zona sul de São Paulo.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Dimensionar um sistema de tratamento de efluentes para fins de reuso utilizando a tecnologia do reator de filtro móvel com biofilme – MBBR para um Shopping Center.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar pesquisas primárias e secundárias sobre a tecnologia escolhida;
- Dimensionar o sistema de tratamento de efluentes para o Shopping;
- Criar um desenho técnico detalhando seu funcionamento.

4. METODOLOGIA

4.1. Visita Técnica

Para realizar o trabalho acerca do dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto para água de reuso, foi feito previamente uma visita técnica ao Shopping JK Iguatemi, zona sul de São Paulo, onde conseguimos visualizar com clareza como funciona tanto a estação de tratamento de água do shopping, quanto o funcionamento de sua ETE.

A estação de tratamento de efluente para fins de reuso que foi implantada no Shopping é feita através da tecnologia MBR, onde possibilita o tratamento da água proveniente dos banheiros e refeitórios do local para posteriormente ser reutilizada, como mostra a figura 2 e 3 a seguir.



Figura 2. Tanque de aerção ETE Shopping JK Figura 3. Água resultante do tratamento por MBR.

4.2. Fundamentação teórica.

4.2.1. Água de reuso

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, água de reuso consiste no reaproveitamento de determinada água que foi insumo ao desenvolvimento de uma atividade humana. Este reaproveitamento ocorre a partir da transformação da água residuária gerada em determinada atividade em água de reuso. A reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não (Baktron, 2016).

De acordo com HESPANHOL et al. (2007), a norma técnica NBR-13.696 de 1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) foi a primeira norma que tratou do reuso de água no Brasil. Essa norma aborda o reuso de esgotos domésticos tratados para fins que exigem qualidade de água não potável. Considerando um dos mais importantes trabalhos referentes a abordagem do reuso de água para os riscos à saúde, que desde os últimos 40 anos foi referência na definição dos conceitos para a abordagem de reuso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) distingue três tipos de reuso (WHO, 1973):

- Reuso indireto, quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente de forma diluída, o que pode ser intencional quando decorrente de descargas planejadas a montante de um rio ou com recargas planejadas em aquíferos subterrâneos;
- Reuso direto, que é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos, obtenção água potável, etc.;
- Reuso interno, que é a reutilização de água nas instalações industriais, para economizar água e controlar a poluição.

O reuso direto é o uso planejado e deliberado de efluentes tratados, que são diretamente encaminhados de seu ponto de descarga até o local do reuso. O reuso direto já vem sendo

praticado na irrigação (HAFEEZ et al., 2008), em usos industriais (KANG et al., 2003), recarga de aquíferos (PI & WANG, 2006) e para água potável (PISANI, 2006).

4.2.2. Lodos ativados.

Segundo JORDÃO & PESSOA (2005) o Lodo Ativado é o floco produzido no tratamento do esgoto bruto ou decantado, devido ao crescimento de bactérias zoogleias ou outros organismos e a presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados.

O esgoto gerado em qualquer localidade, seja em um centro urbano ou uma zona rural, independentemente do sistema de esgotamento sanitário que o coleta, é destinado, de forma direta ou indireta, para corpos d'água receptores. Ao entrar em contato com tais corpos d'água, o esgoto sanitário altera as características naturais dos recursos hídricos, tendo a gravidade de tal ato intrinsecamente relacionada à capacidade receptora dos mesmos, devendo-se considerar seu potencial de autodepuração, além da utilização a qual suas águas estão ou serão submetidas. Tais características se apresentam fundamentais na avaliação do grau de condicionamento ao qual deverá ser submetido o efluente sanitário, tendo como objetivo a manutenção dos parâmetros de qualidade dentro dos limites estabelecidos por legislação para a região onde ocorre o lançamento. Dessa forma, as etapas as quais o esgoto sanitário percorre com vistas à redução de seu potencial poluidor são comumente denominadas de processos de tratamento (Eduardo Fazza Dielle, p. 4. 2014).

Os processos de tratamento de esgotos sanitários são classificados usualmente em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio – DBO proveniente da eficiência de uma ou mais unidades de tratamento (JORDÃO E PESSÔA, 2011). Tal classificação subdivide todo o tratamento dos efluentes sanitários em: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

Segundo Von Sperling (2005), os seguintes itens são essenciais ao sistema de lodo ativado:

- Tanque de aeração (reator);
- Tanque de decantação (decantador secundário);
- Elevatória de recirculação de lodo;
- Retirada de lodo biológico excedente.

As etapas do tratamento de esgoto por lodos ativados e suas principais finalidades são apresentadas na figura 4 a seguir.

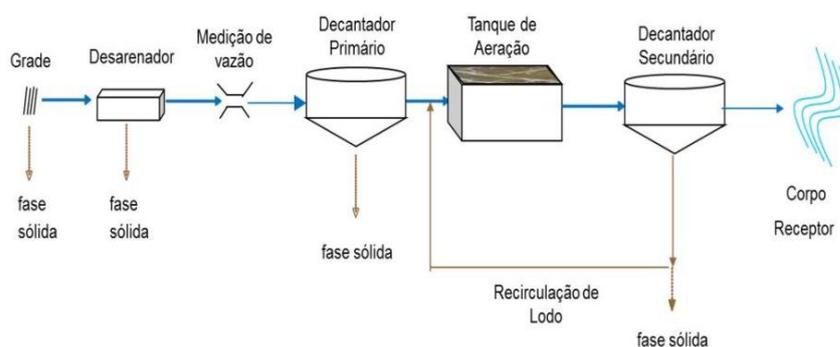


Figura 4. Etapas de tratamento de esgotos.

O sistema de tratamento denominado lodos ativados é um sistema de tratamento de efluentes líquidos que apresenta elevada eficiência de remoção de matéria orgânica presente em efluentes sanitários e industriais. O processo de tratamento é exclusivamente de natureza biológica, onde a matéria orgânica é depurada, por meio de colônias de microrganismos heterogêneos específicos, na presença de oxigênio (processo exclusivamente aeróbio). Essas colônias de microrganismos formam uma massa denominada de lodo (lodo ativo, ativado ou biológico).

O sistema é mundialmente utilizado tanto para o tratamento de efluentes sanitários (fezes, urina e águas de lavagem em geral) quanto de origem industrial. É um sistema que necessita de um alto grau de mecanização quando comparado a outros sistemas de tratamento, implicando em uma operação mais sofisticada e, conseqüentemente, exige maior consumo de energia elétrica (Comusa).

4.2.3. Peneiramento.

A Peneira Estática é utilizada para retenção e separação de sólidos em suspensão, sendo usualmente aplicada como unidade preliminar nas plantas de tratamento de efluentes, ou mesmo na captação em sistemas de tratamento de água.

O efluente ingressa pelo bocal superior onde entra na câmara de equalização e deságua através de um vertedouro que proporciona a distribuição de fluxo ideal sobre a tela onde ocorre a separação de sólidos e líquido. Os sólidos que ficam retidos na tela se deslocam em função de seu próprio peso e a curvatura da tela para a régua de descarga, garantindo assim, a autolimpeza do equipamento.

De acordo com a NBR – 12.209/11 da ABNT, são consideradas peneiras os equipamentos de remoção de sólidos grosseiros com abertura de 0,25 mm a 10 mm, podendo ser peneira estática, peneira móvel de fluxo frontal, de fluxo axial, ou de fluxo tangencial.

4.2.4. Tanque de aeração.

Os tanques de Lodo Ativado podem possuir sistemas de aeração que introduzem oxigênio puro diretamente nas unidades de tratamento biológico ou que introduzem ar, sendo esses os sistemas mais utilizados (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

A aeração por sistemas convencionais possui duas variações: a oxigenação por sistemas de ar difuso e a oxigenação por agitação mecânica. Os sistemas de ar difuso possuem difusores, dispositivos posicionados no fundo do tanque e responsáveis pela introdução de ar no mesmo. Já os sistemas de aeração mecânica são constituídos por pás que permitem a transferência de oxigênio entre a atmosfera. Os tanques de Lodo Ativado podem possuir sistemas de aeração que introduzem oxigênio puro diretamente nas unidades de tratamento biológico ou que introduzem ar, sendo esses os sistemas mais utilizados (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

É no tanque de aeração onde ocorrem as reações e os processos de biodegradação ou depuração da matéria orgânica presente no esgoto. O ar fornecido faz com que os microrganismos ali presentes multipliquem e alimentem de material orgânico, formando o lodo e diminuindo assim a carga poluidora do esgoto.

4.2.5. Decantador secundário.

Após passar pelo tanque de aeração, o efluente é enviado continuamente a um decantador secundário, cuja função é separar o efluente tratado do lodo. O lodo depositado no fundo do decantador secundário é recirculado ao tanque de aeração a fim de aumentar a concentração de microrganismos para estabilizar a matéria orgânica. O sobrenadante do decantador (efluente tratado) é então descartado para o corpo receptor (SPERLING, 1997).

Após passar pelo tanque de aeração, o efluente é enviado continuamente a um decantador secundário, cuja função é separar o efluente tratado do lodo. O lodo depositado no fundo do decantador secundário é recirculado ao tanque de aeração a fim de aumentar a concentração de microrganismos para estabilizar a matéria orgânica. O sobrenadante do decantador (efluente tratado) é então descartado para o corpo receptor (SPERLING, 1997).

Os decantadores secundários exercem um papel fundamental no processo de lodos ativados, sendo responsáveis pelos seguintes fenômenos (SPERLING, 1997):

- Separação dos sólidos em suspensão presentes no reator, permitindo a saída de um efluente clarificado;
- Adensamento dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, permitindo o retorno do lodo com concentração mais elevada;
- Armazenamento dos sólidos em suspensão no decantador, complementando o armazenamento realizado no reator.

4.3. Reator de leito móvel – MBBR.

A Tecnologia MBBR pode ser caracterizada como uma variante do processo de Lodos Ativados. Trata-se, portanto, de um processo biológico de tratamento de esgoto, aplicável para despejos domésticos e industriais. As unidades que fazem parte desse processo são:

- Tanque de aeração ou reator;
- Tanque de decantação ou decantador;
- Sistema de recirculação e de descarte do lodo.

Uma adaptação aos reatores do tipo lodo ativado vem sendo cada vez mais utilizada recentemente (JORDÃO E PESSÔA, 2011). Tanques de aeração com material suporte em seu interior (em substituição à biomassa suspensa), classificados pela NBR 12.209 (2011) como reatores biológicos com leito móvel, surgem como sistemas híbridos com características semelhantes tanto à tecnologia de lodo ativado quanto aos biofiltros aerados submersos.

Várias tecnologias são classificadas atualmente como reatores biológicos com leito móvel, variando de acordo com o tipo de material suporte utilizado. Dentre essas, a mais desenvolvida é a tecnologia denominada “Moving Bed Biofilm Reactor – MBBR”, com meio suporte constituído de pequenos cilindros de polietileno, com 1,0 cm de diâmetro e 0,7 cm de espessura, ranhurados, com densidade pouco menor que 1,0, com elevada superfície específica, entre 350 e 500 m²/m³ (JORDÃO E PESSÔA, 2011).

A NBR 12.209 (2011) determina que os reatores biológicos com leito móvel devem ser precedidos de remoção de sólidos grosseiros e areia, além de decantação primária ou tratamento anaeróbio. No caso de ausência de decantação primária ou tratamento anaeróbio, deve-se utilizar remoção de areia e peneiramento com abertura igual ou inferior a 3 mm.

Dentro do reator MBBR o biofilme se desenvolve aderido à superfície de um meio suporte imerso na massa líquida do reator. Esta tecnologia é baseada na combinação entre sistemas com biomassa líquida em suspensão e biomassa aderida em um mesmo tanque (WOLFF, 2003, FUJOO, 2011). Esse sistema tem sido utilizado em larga escala para remoção de carga orgânica de DBO e DQO, nitrificação, desnitrificação, e remoção biológica de nutrientes, nas seguintes aplicações: tratamento de efluente municipal; indústria de processamento de alimentos; indústria de papel e celulose; indústria farmacêutica; indústria química/petróleo; indústria de eletrônicos; criadouros de peixes, entre outras (SCHNEIDER, 2010; FUJII, 2011).

Em geral, a maior aplicação da tecnologia tem como objetivo incrementar o desempenho de unidades de tratamento biológico já existentes, por meio da transformação de processos de lodos ativados em reatores MBBR ou como unidade complementar, combinada ou não a remoção físico-química. Diferentemente do processo de lodos ativados, a literatura não reporta o emprego da recirculação do lodo secundário no caso do processo MBBR, exceto quando aplicado de acordo com a configuração pré-desnitrificação.

Os meios suportes, biomedias ou carriers, são anéis de diversos tipos de materiais, sendo os mais comuns de polietileno de alta densidade, cilíndricos e de tamanhos variados, mantidos em suspensão em meio líquido. Estas estruturas são utilizadas para maximizar a área superficial disponível para o crescimento de biofilme ativo nos reatores (MIRANDA, 2012; SCHNEIDER, 2010). A figura 5 ilustra alguns modelos de suporte.



Figura 5. Suportes da AnoxKaldnes modelos K1, K3, Biofilm Chip– M e Biofilm Chip– P.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Memorial de cálculo

5.1.1. Vazão e carga orgânica.

Para o cálculo de vazão do Shopping escolhido foram obtidos dados de 1 ano de consumo mensal de água estabelecimento através de uma consulta no site da Sabesp, descritos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Consumo mensal de água no shopping escolhido

Consumo mensal do shopping	
Mês	Consumo (m ³ /mês)
Set/18	10211
Out/18	10048
Nov/18	11747
Dez/18	11985
Jan/19	10987
Fev/19	10234
Mar/19	10174
Abr/19	9565
Mai/19	9997
Jun/19	9647
Jul/19	9841
Ago/19	10146
Vazão média	10381,83

A partir da vazão média mensal, foi feito o balanço hídrico considerando uma perda de 14% da água consumida pela refrigeração do ar-condicionado segundo Santo e Sanchez (2017) como mostra o esquema na figura 6 abaixo, ficando assim com uma vazão de 8928,37 m³/mês ou 3,4 L/s.



Figura 6. Balanço hídrico a partir dos dados de consumo do Shopping.

Foi considerada também uma carga de DBO de 200 mg/L, sendo assim a carga orgânica foi de 58,75 Kg/dia.

5.1.2. Tratamento preliminar.

Por conta da vazão pequena de efluente (3.4 L/s), as dimensões do gradeamento calculadas ficaram muito pequenas (5.6cm x 10 cm). Sendo assim, foi considerada para a separação de sólidos grosseiros no tratamento preliminar, o uso de uma peneira estática. A peneira escolhida foi a da figura 7 abaixo, da empresa BakofTec Engenharia.

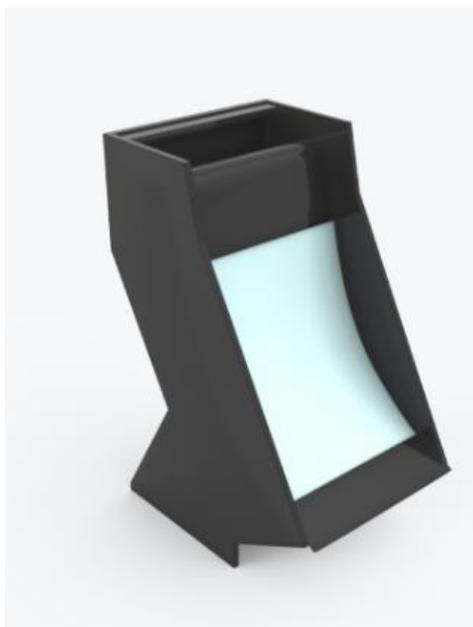


Figura 7. Modelo de peneira estática.

5.1.2. Separador água e óleo.

O Separador água e óleo escolhido foi o modelo 15 mostrado na figura nove abaixo que recebe uma vazão de até 15 m³/h.

SAO	Vazão (m ³ /hora)	Tanques (m ³)	Alt. x Diâm. (mm)	Pêso/Tq (kg)
1.8	1,8	0,3	(700 x 900)	8
3.0	3,0	0,5	(700 x 1200)	13
4.5	4,5	0,7	(750 x 1400)	18
6.0	6,0	1,0	(900 x 1400)	20
10.5	10,5	1,7	(1100 x 1600)	32
15.0	15,0	2,5	(1750 x 1500)	40
36.0	36,0	6,0	(2300 x 2000)	96
48.0	48,0	8,0	(2150 x 2350)	132
60.0	60,0	10,0	(2550 x 2350)	165
72.0	72,0	12,0	(3050 x 2350)	205
90.0	90,0	15,0	(3600 x 2350)	256

Figura 8. Especificação de separadores água e óleo.

5.1.3. Tanque de aeração/reactor biológico de leito móvel.

Para o cálculo das dimensões do reator biológico, foram considerados os seguintes valores:

Área superficial específica do meio suporte	500 m ² /m ³
Massa de SSV aderida ao meio suporte (X _v)	12 g/m ²
Volume do meio suporte	50 %
Relação A/M	0.2

A biomídia utilizada como meio suporte foi a K3 fabricada pelo AnoxKaldnes.

Também foi considerado uma remoção de 30% de DBO no processo, logo:

$$\frac{A}{m} = \frac{Q * DBO}{X_v * VTA}$$

$$0.2 = \frac{0.7 * 58.75}{0.5 * VTA * 0.012 * 500}$$

$$VTA = 68.54 \text{ m}^3 \quad (1)$$

Considerando-se a profundidade útil de 3 m, tem-se a seguinte área necessária de tanques de aeração:

$$A = \frac{45.7}{3} = 22.848 \text{ m}^2 \quad (2)$$

As dimensões do reator ficaram da seguinte maneira:

Altura útil	3,00 m
Altura total	0,50 m
Largura	4,50 m
Comprimento	5,00 m

5.1.3. Decantador secundário.

Para o cálculo da área superficial do decantador secundário será usada a seguinte fórmula:

$$A_s = \frac{(Q + Qr) * X}{Ga} \quad (3)$$

Considerando $Ga = 55 \frac{KgSS}{m^2}$ e usando os valores obtidos no balanço de massa:

$$A_s = \frac{(1.45 + 297.6) * 2.5}{55} = 19.42 \text{ m}^2 \quad (4)$$

E por fim, calcula-se o diâmetro do decantador:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 19.42}{3.14}} = 4.97 \text{ m}$$

(5)

Para verificação:

$$Ga = \frac{1.45 * 297.6 * 2.5}{19.42 * 24} = 2.46 \frac{\text{KgSS}}{\text{m}^3 * \text{hora}}$$

$$qa = \frac{297.6}{19.42} = 15.32 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{dia}}$$

(6)

Onde,

As= área superficial

D= diâmetro

6. DESENHO TÉCNICO DO SISTEMA.

A figura 10 a seguir demonstra o funcionamento de uma estação de tratamento de efluentes para fins de reuso utilizando a tecnologia MBBR no sistema de lodos ativados com aeração prolongada.

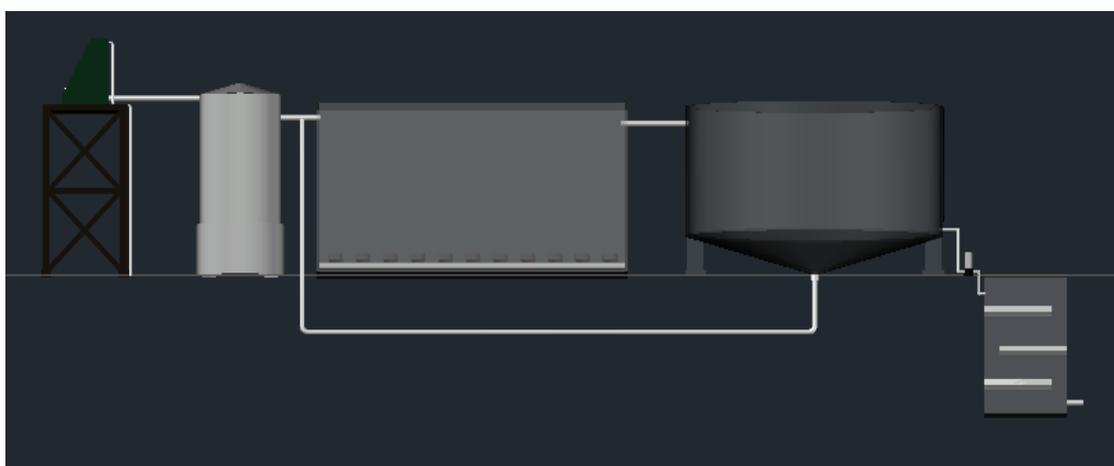
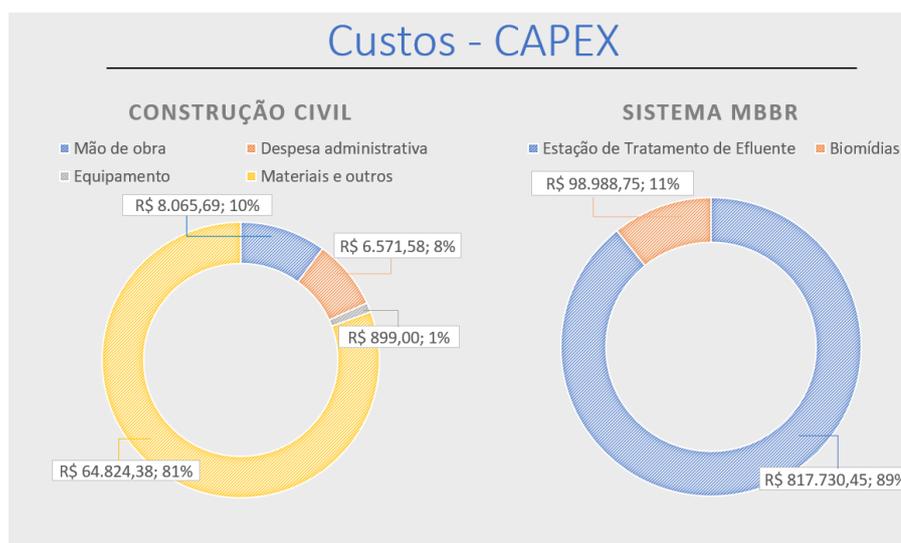


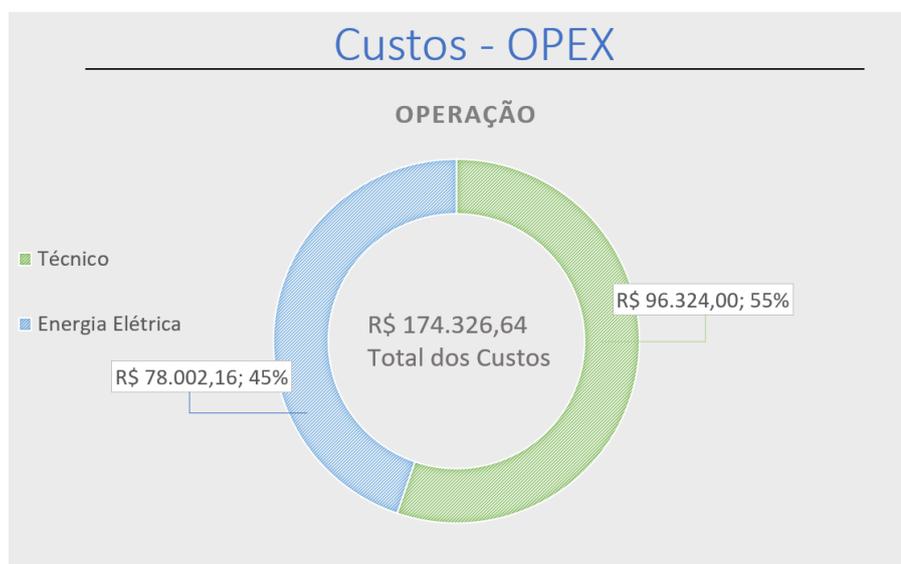
Figura 9. Vista frontal do desenho técnico do sistema.

7. CUSTOS

Para a análise de custos foram calculados o CAPEX, que são os Investimentos em Bens de Capitais que envolve todos os custos relacionados à aquisição de equipamentos e instalações que visam a melhoria de um produto, e o OPEX, que são as despesas e Dispêndios Operacionais no Investimento em Manutenção de Equipamentos, ou seja, são gastos cotidianos como por exemplo despesas com funcionários, combustível, comercial, tributárias, manutenção de equipamentos e com serviços terceirizados (CAMARGO, 2016). É importante ressaltar que essas análises foram feitas apenas para o sistema MBBR (reator e decantador) excluindo assim, o sistema preliminar e desinfecção.



Fonte: Autor, 2019.



Fonte: Autor, 2019.

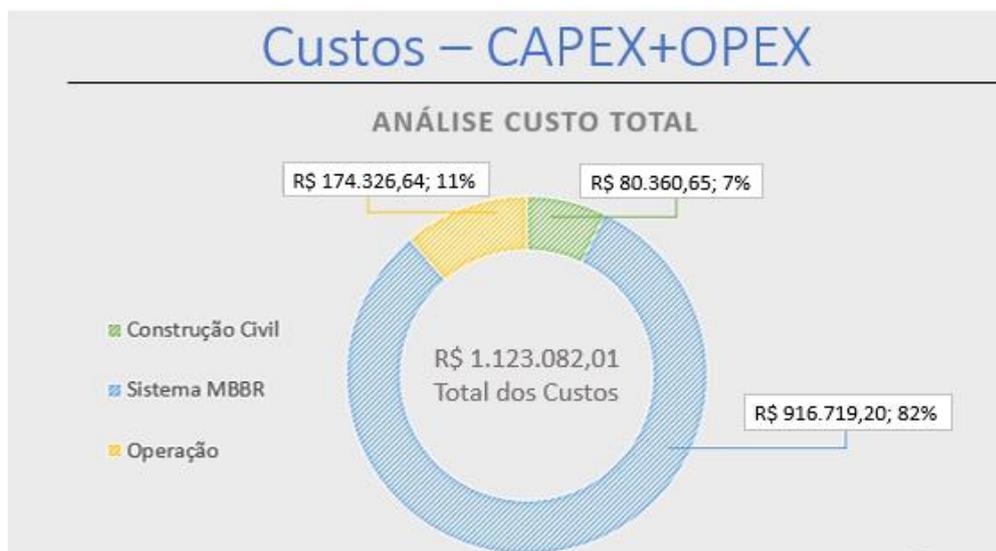


Figura 10. Custos Opex + Capex.

Como o efluente tratado é utilizado como água de reuso para os sanitários do Shopping, e também assumindo que haverá uma redução de 40% no consumo de água e esgoto, pela menor demanda de consumo de água para os sanitários e menor disposição de esgoto para a rede da SABESP por conta do sistema de tratamento, o shopping economizaria com gastos de água e esgoto um total de R\$157.725,70 por mês, logo, o tempo de retorno financeiro do investimento feito no sistema (contando CAPEX e OPEX), seria de aproximadamente 7 meses.

8. CONCLUSÕES

De maneira geral concluiu-se que a implantação do MBBR é considerada vantajosa onde não há terreno disponível com área suficiente para o processo de lodos ativados com aeração prolongada e o seu tratamento é altamente eficiente para o tratamento de esgoto.

9. REFERÊNCIAS

TORENZO, Bruno. O que é Comunicação Móvel em Projetos. **Saiba diferenciar projeto, projeto básico e projeto executivo**, [S. l.], 8 fev. 2017. Disponível em: <https://constructapp.io/pt/saiba-diferenciar-projeto-basico-e-projeto-executivo/>. Acesso em: 2 set. 2019.

BAKTRON. **Reuso de água – Como reaproveitar e como tratar**. Disponível em: <<https://baktron.com.br/reuso-de-agua-como-reaproveitar-e-como-tratar/>>. Acesso em: set. 2019.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Sistema Lodos Ativado**. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>>. Acesso em: out. 2019.

MINEGATTI D. V. O. (2008). **Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR)**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 91p. Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/images/Documento/dissertacoes/DanielMinegatti.pdf> Acesso em: 2 set. 2019.

COMUSA. Tratamento de esgoto. **O Processo De Tratamento De Esgotos – Uma Breve Introdução**. Disponível em: <http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>. Acesso em: 2 de set. de 2019.

ØDEGAARD H., RUSTEN B., WESTRUM T. (1994). **A new moving bed biofilm reactor – application and results**. Water Science and Technology, n. 29, v. 10-1, p. 157-165. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_193_n_1496.pdf>. Acesso em 14/11/2019.

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA: TRATAMENTO DE ESGOTO DE SHOPPING CENTER PARA FINS DE REUSO - REATOR UASB

Geovanna Martins Bellotto, Micheli Tutumi de Araujo, Milena KamimuraHochheim,
Natália de Mattos, Nicolle Silva da Silva
Professor Alexandre Saron
CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

CÓDIGO: BEAS_PI_VIII_G02

RESUMO

Uma das maiores preocupações de grandes empresas é o consumo de água em seus sistemas prediais, portanto a conservação do recurso é uma necessidade cada vez mais frequente e crescente em decorrência da escassez de água potável nas cidades (NUNES, 2006). A partir desse problema, teve-se como objetivo propor um sistema de reuso com tratamento biológico anaeróbio de

esgoto para um *shopping center* da cidade de São Paulo – SP. Para isso, foram realizados levantamento de dados secundários e dimensionamento de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo. Todas as etapas de dimensionamento seguiram critérios e dados de autores especialistas da área, como Chernicharo.

PALAVRAS-CHAVE: *shopping center*, reator UASB, reuso.

EXECUTIVE ENGINEERING PROJECT: WASTEWATER TREATMENT AND REUSE IN SHOPPING CENTER

ABSTRACT

One of the biggest concerns of large companies is water consumption in their building systems, therefore the conservation of the resource is an increasingly frequent and growing need due to the scarcity of drinking water in the cities (NUNES, 2006). From this problem, this project aims to propose a reuse system with anaerobic biological

sewage treatment for a shopping center in the city of Sao Paulo – SP. For this, the students collected secondary data and dimensioned an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. All dimensioning steps followed criteria and data from expert authors in the field, such as Chernicharo.

KEYWORDS: shopping center, UASB reactor, reuse.

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações de grandes empresas é o consumo de água em seus sistemas prediais, portanto a conservação do recurso é uma necessidade cada vez mais frequente e crescente em decorrência da escassez de água potável nas cidades. (NUNES, 2006).

O gerenciamento do uso de água tendo o objetivo de manter os recursos hídricos e ambientais é realizado em três níveis sistêmicos: nível macro, quando abrange os sistemas hidrográficos; nível meso, quando abrange os sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário; e nível micro, que abrange os sistemas prediais (NUNES, 2006).

Com a implementação de ações que realizem a conservação de água em nível micro, pode-se propiciar grandes reduções no consumo de água. Essas ações além de economia também proporcionam benefícios aos sistemas prediais e ganhos aos sistemas hidrográficos que por consequência aliviam os sistemas de abastecimento das cidades.

1.1 Área de estudo

O *shopping center* estudado se encontra na Microbacia do Córrego do Jacu, demarcada em ciano na Figura 1, dentro da Bacia do Rio Tietê. Fazendo parte da subprefeitura de Itaquera da zona leste de São Paulo, distrito Itaquera.

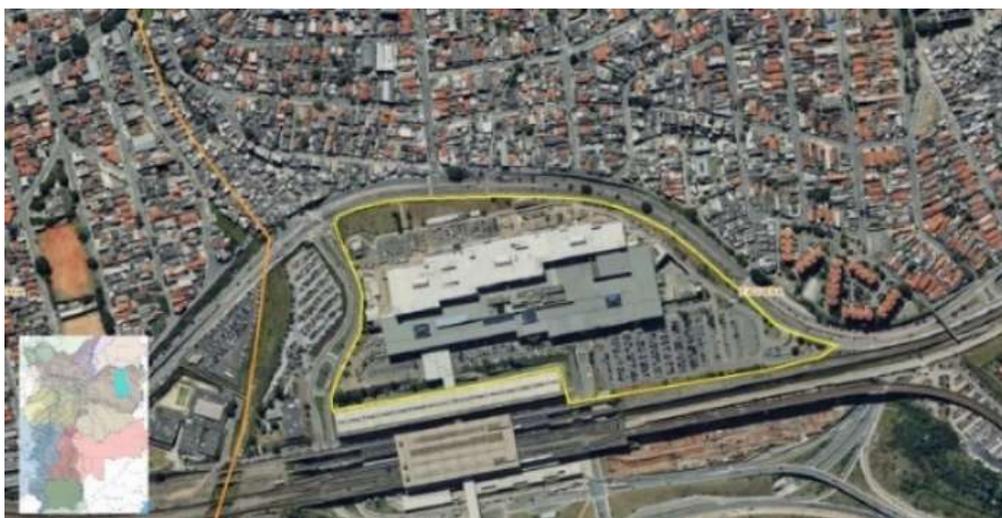


Figura 1: Localização do *shopping center*, demarcado em amarelo, e Microbacia do Jacu em ciano. Fonte: GeoSampa, 2019.

Nos arredores do *shopping center* existem três grandes empreendimentos, o metrô Corinthians Itaquera, também a arena Corinthians e o Poupa Tempo Itaquera, que proporcionam grande movimento de pessoas e carros na região. Além disso também é possível observar grande densidade populacional nos arredores, como apresentado na Figura 2.

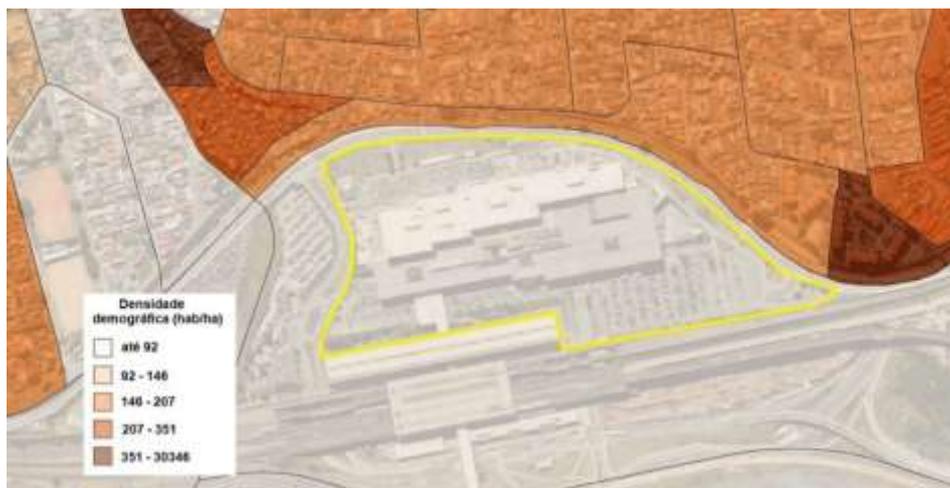


Figura 2: Densidade demográfica do entorno do *shopping center* estudado.
Fonte: GeoSampa, 2019; Censo IBGE, 2010.

1.2 Objetivo

O projeto teve como objetivos:

1.2.1 *Objetivo geral*

Propor um sistema de reuso com tratamento biológico anaeróbio de esgoto para um *shopping center* da cidade de São Paulo – SP.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Realizar levantamento de dados secundários e primários;
- Dimensionar um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo;
- Elaborar uma representação em modelo digital do reator proposto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor entendimento do tratamento proposto, será apresentada uma revisão bibliográfica do processo e dos parâmetros envolvidos.

2.1 Processos biológicos de tratamento de esgoto

Entre os processos de tratamento de esgoto, estão os processos biológicos, caracterizados por dependerem da ação de microrganismos existentes no esgoto (JORDÃO, 2014). Nesse tipo de tratamento realiza-se a reprodução dos processos naturais que ocorrem em um corpo d'água após o lançamento de efluentes, como afirma Von Sperling (1996). Segundo o autor, em um corpo d'água ocorre a conversão da matéria orgânica em produtos mineralizados inertes por mecanismos naturais, o que caracteriza o fenômeno da autodepuração.

De acordo com Jordão (2014), os principais processos biológicos de tratamento são a oxidação biológica (aeróbia, como lodos ativados e lagoas de estabilização; e anaeróbia, como

reatores anaeróbios de fluxo ascendente, ou de manta de lodo) e a digestão do lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas). Para o projeto proposto, será apresentado o dimensionamento de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB).

2.2 Tratamento anaeróbio de esgoto

O tratamento anaeróbio consiste num processo biológico, no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como metano e gás carbônico (CHERNICHARO *et al.*, 1999).

As principais vantagens do reator anaeróbio em relação ao aeróbio em relação ao aeróbio podem ser resumidas (FAGUNDES, 2010):

- Menor produção de lodo, diminuindo os custos de disposição final;
- Redução dos custos para implantação e operação;
- Possibilidade de utilização do gás metano como combustível;
- Minimização da necessidade de atenção operacional;
- Bom funcionamento após períodos de paralisação;
- Lodo com características que favorecem desaguamento.

De acordo com Fagundes (2010), mesmo com as vantagens citadas, os processos anaeróbios carregam também aspectos negativos, necessitando de futuros estudos para sua melhoria, como:

- Emissão de maus odores;
- Longo período de partida do sistema;
- Sensibilidade a mudanças de condições ambientais (pH, temperatura, sobrecargas orgânicas e hidráulicas).

Os reatores anaeróbios disponíveis tecnologicamente no Brasil são basicamente: decanto-digestor, filtro anaeróbio, reator de manta de lodo, reator de leito expandido ou fluidificado e lagoa anaeróbia (FAGUNDES, 2010). Segundo Fagundes (2010), as condições físicas, ambientais, socioculturais e econômicas da localidade devem ser consideradas na escolha da alternativa mais viável.

2.2.1 Digestão anaeróbia

De acordo com CTEC (2019), a despoluição da água resudaria industrial tem sido cada vez mais fonte de estudos para evitar impactos ambientais. A decomposição anaeróbia da matéria orgânica pode ser considerada como uma das mais antigas tecnologias para estabilização do efluente. Segundo Amaral (2019), a digestão anaeróbia consiste na conversão microbiológica de substratos orgânicos, metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), através de associações entre diferentes grupos de bactérias. A digestão anaeróbia é uma maneira eficiente de tratar quantidades consideráveis de resíduos, reduzindo o seu poder poluente (HILLS, 1980; MORAES, 2000). É um tratamento biológico que tem sido apresentado como alternativa para tratamento da

fração putrescível dos resíduos sólidos urbanos com tecnologias que podem aperfeiçoar a reciclagem e a recuperação de alguns componentes dos resíduos (PICANÇO, 2004).

No processo existem dois estágios básicos, no primeiro, os orgânicos complexos são convertidos em outros compostos mais simples (DE BARGELOS, 2009). No segundo, ocorre a conversão dos ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o gás carbônico (DE BARGELOS, 2009).

De acordo com De BargeLOS (2009), na ausência de oxigênio, bactérias facultativas e anaeróbias realizam o processo de degradação, que pode ser subdividido em quatro fases sequenciais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

2.2.2 Fatores que afetam o tratamento anaeróbio de esgoto

A eficiência do tratamento anaeróbio depende de fatores que interferem em seu funcionamento e nos processos (hidrólise, acidogênese, acetogênese, metanogênese). Esses fatores podem ser temperatura, pH, tempo de retenção, nutrientes, materiais tóxicos, agitação do sistema e atividade metanogênica.

2.3 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo pode ser nomeado como reator UASB, em inglês, ou RAFA/DAFA, em português (FATEC-SP, CEETEPS, FAT, 2003). De acordo com Chernicharo (1997), o processo de tratamento que ocorre no UASB consiste de um fluxo ascendente de esgoto por um leito de lodo denso e de elevada atividade.

As partes principais de um reator UASB (Figura 3) são, da base ao topo (JORDÃO, 2014):

- a) Câmara de digestão;
- b) Separador de fases (defletor de gases);
- c) Zona de transição entre a câmara de digestão e a zona de sedimentação superior;
- d) Zona de sedimentação;
- e) Zona de acumulação de gás.

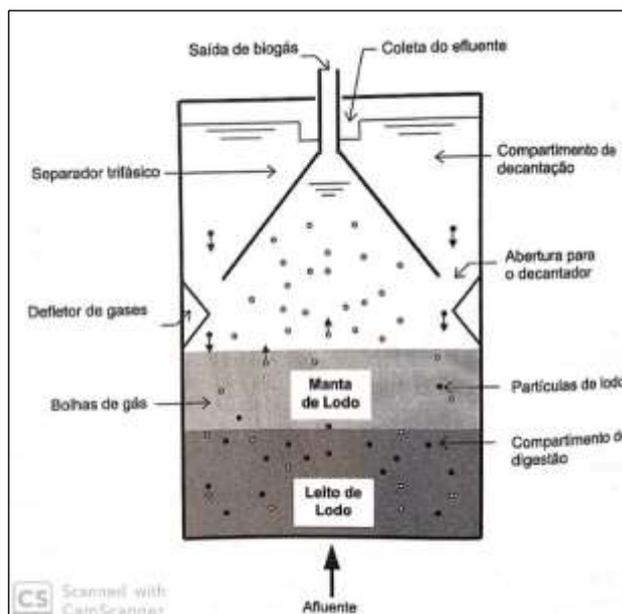


Figura 3: Representação esquemática de reator UASB. Fonte: Jordão, 2014.

Segundo Chernicharo (1997), o perfil de sólidos no reator apresenta uma variação de muito denso e com partículas granulares de alta capacidade de sedimentação, próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve (manta de lodo). O esgoto entra no reator pela base da câmara de digestão, atravessando a zona de lodo no sentido ascendente e deixando o reator por um decantador interno localizado na parte superior do reator (CHERNICHARO, 1997; JORDÃO, 2014).

Abaixo do decantador encontra-se um defletor de gases, que permite a separação da fase sólida (da câmara de digestão) das fases líquida e gasosa (JORDÃO, 2014). Além disso, Chernicharo (1997) afirma que esse dispositivo de separação garante as condições ótimas para a sedimentação das partículas que se soltam da manta de lodo e retornam à câmara de digestão. Segundo o autor, nesse processo de tratamento é fundamental a sua habilidade em desenvolver uma biomassa em forma de flocos ou grânulos (1 a 5 mm de tamanho) de elevada atividade. É importante que essa biomassa, sob forma suspensa ou biofilme, mantenha um contato ótimo com os esgotos afluente e em tratamento (JORDÃO, 2014).

Outra característica fundamental no tratamento que ocorre no reator UASB é a presença de um separador de gases e sólidos na parte superior do reator. Esse dispositivo tem como objetivo separar os gases presentes na mistura líquida, permitindo a criação de uma zona propícia à sedimentação no extremo superior do reator (CHERNICHARO, 1997).

2.3.1 Parâmetros de dimensionamento de reatores UASB

Para a realização do dimensionamento do reator UASB é necessário adquirir alguns parâmetros importantes, que são, segundo Chernicharo (1999 *apud* RISSOLI (2004)): vazão média ($Q_{média}$), carga orgânica volumétrica ($kgDQO/m^3 \cdot d$), tempo de detenção hidráulica, carga hidráulica volumétrica ($m^3/m^3 \cdot d$), velocidade superficial do fluxo, taxa de aplicação superficial e tempo de detenção hidráulica no compartimento de decantação.

2.3.2 Eficiências de reatores UASB

Barbosa (1988 *apud* VERSIANI, 2005) trabalhou com um reator UASB tratando esgotos domésticos de área residencial com 120 L, tempo de detenção hidráulica de 4 horas e temperatura variando entre 19 e 28 °C. Foi operado por 9 meses sem inoculação, nos primeiros 4 meses o reator apresentou remoção de 57% de DQO e nos últimos 5 meses remoção de 74% de DQO (VERSIANI, 2005).

Segundo Gaspar (2003) citada por Versiani (2005), no município de Sumaré, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) coordenou um projeto piloto com um reator UASB, tratando esgoto sanitário do loteamento Jardim Santa Maria. Foi encontrada uma eficiência de remoção de DQO de 72% e de DBO de 81%.

2.3.3 Produção, coleta e tratamento de biogás

A produção do biogás é ocorre pelo processo de fermentação da matéria orgânica, com a atuação das bactérias anaeróbias degradantes dos compostos orgânicos presentes no efluente. É composto por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), traços de vapor de água (H₂O_{vapor}), gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), hidrogênio (H₂), monóxido de carbono (CO), amônia (NH₃), mercaptanas e outros gases (PRADO, CAMPOS, 2008). O biogás pode ser uma fonte de energia direta, por meio da sua energia térmica, como combustível individual ou como complemento para outro combustível, como gás natural e o GLP, em secadores, caldeiras, aquecedores, motores para a geração de energia elétrica e mecânica, turbinas a gás, entre outros processos (PRADO, CAMPOS, 2008).

Para converter o biogás gerado em energia elétrica, podem ser utilizadas turbinas a gás ou grupos de geradores de combustão interna. Nas suas tecnologias ocorre a transformação da energia química do gás em energia mecânica, que impulsiona um alternador para conversão em energia elétrica (COELHO *et al.*, 2006).

2.3.4 Produção e retirada de espuma

A fim de otimizar a operação do reator anaeróbio é importante dimensionar um sistema de remoção ou recirculação da espuma, pois, materiais graxos influenciam na eficiência do reator, aderindo nas paredes das tubulações promovendo entupimentos, acumulando na superfície do líquido (GIMENES, 2014). A produção da espuma corresponde à formação e acumulação de uma camada heterogênea de materiais flutuante, por apresentarem baixa densidade, que se origina de particulados provenientes do fluxo afluente de esgoto e é gerada no processo de tratamento anaeróbio de água residuárias. No caso particular de reatores UASB tratamento de esgoto doméstico, o acúmulo de espuma pode ser intensificado por fluxo ascensionais de líquidos ou gás (SANTOS, 2014).

2.3.5 Produção e retirada de lodo

O reator UASB pode ser construído e operado de forma a se minimizar o custo do tratamento com baixa produção de sólidos. O lodo anaeróbio excedente pode ser utilizado como

fertilizante e o líquido que sai do reator pode ser aplicado ao solo para fertirrigação de culturas agrícolas (CAMPOS *et al.*, 2006). A água de lavagem dos filtros possui um teor de sólidos menor que o lodo do decantador e um volume de produção maior e, por isso, uma das alternativas que vem sendo adotada por muitas estações é a recirculação para o início do processo da ETA, com ou sem pré-tratamento, sendo assim, restando somente o lodo dos decantadores para ser encaminhado ao seu tratamento e disposição adequado (GIMENES, 2014).

3 METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas, participação em palestra sobre a tecnologia MBR de tratamento de esgoto, visita técnica ao sistema de tratamento de água e esgoto para reuso no Shopping JK Iguatemi (Figura 4), participação na 31ª Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente (FENASAN) e dimensionamento de um reator UASB conforme Chernicharo (1997). Também foi elaborada uma animação em 3D para explicação do processo de tratamento.



Figura 4: Amostras de esgoto em diferentes etapas do tratamento para reuso realizado no Shopping JK Iguatemi.
Fonte: Autoria própria, 2019.

Na visita técnica ao Shopping JK Iguatemi foi possível observar as instalações utilizadas para realizar o tratamento de água e esgoto dos estabelecimentos no *shopping center* (sobretudo os restaurantes), o tratamento realizado é o MBR que consiste em chegada no tanque de equalização, separação de sólidos grosseiros, encaminhamento para o tanque de aeração com as membranas (Figura 5-a), adição de químicos no processo, encaminhamento para o tanque de decantação, adição de corante para finalizar o tratamento do esgoto local (Figura 5-b).

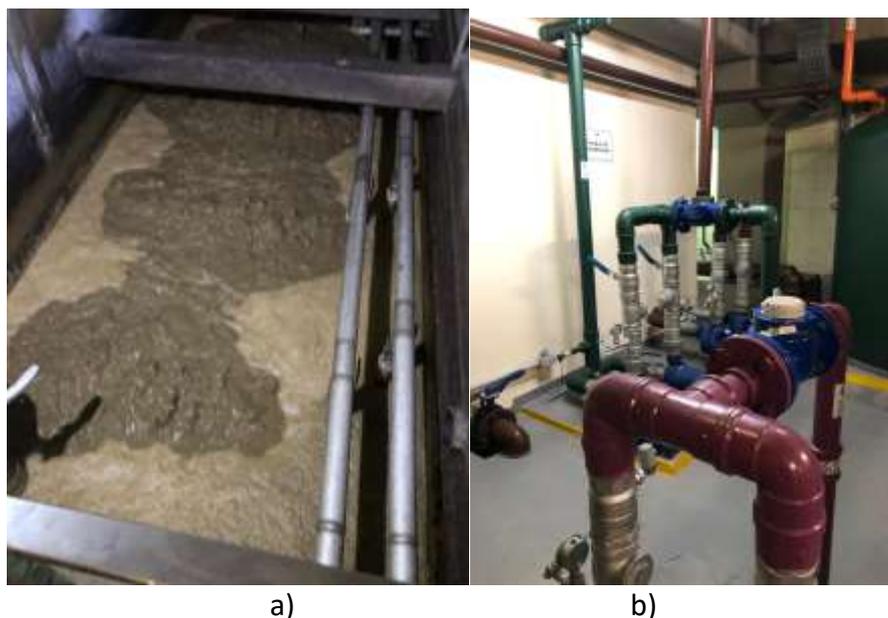


Figura 5: a) Tanque aerado do processo realizado no Shopping JK Iguatemi; b) Encanamentos de parte processo de adição de corante no *shopping center*. A identificação da tubulação é feita da seguinte maneira: roxo – água de reuso, azul – ar, verde escuro – esgoto tratado, marrom – esgoto em processo de tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos subtópicos de 4.1 a 4.9 serão apresentados os resultados obtidos no projeto.

4.1 Dimensionamento

4.1.1 Vazão afluente

Considerando-se um fluxo diário de 84.000 pessoas com uma vazão diária afluente média per capita de 5,89 L/hab¹ e um coeficiente de retorno de 0,8, foi obtida uma vazão média afluente ao reator de 16,5 m³/h. O cálculo realizado foi baseado em equação apresentada por Chernicharo (1997).

4.1.2 Dimensões do reator

Para o projeto foi considerado um reator retangular. Adotando-se um tempo de detenção hidráulica de 8,0 h e uma altura de 5 m, obteve-se um reator com 8,0 m de comprimento e 4,0 m de largura. As medidas foram calculadas considerando o comprimento como o dobro da largura.

4.1.3 Sistema de distribuição do esgoto afluente

Para a entrada do esgoto afluente, adotou-se uma área de influência por tubo de distribuição de 2,0 m², como recomendado por Lettinga e HulshoffPol (1995 *apud* CHERNICHARO, 1997). Assim, são necessários 16 tubos segundo cálculo realizado por equação apresentada por

¹Valor calculado a partir de dados empíricos.

Chernicharo(1997). O posicionamento adotado para os tubos foi com 8 tubos ao longo do comprimento do reator e 2 tubos ao longo da largura.

4.1.4 Remoção de DBO e DQO

Estimando a remoção de DBO e DQO, foram obtidos, respectivamente, os valores de 78% e 69%. No projeto foram adotados 70% para a DBO e 65% para a DQO, como recomendado por Chernicharo (1997). Assim, estima-se concentrações de 60 mgDBO/L e 158 mgDQO/L no efluente final, calculadas com os valores de remoção adotados.

4.1.5 Produção estimada de biogás

Para o reator proposto foi estimada uma produção de 38 m³/dia de biogás, com 28,50 m³/dia de metano. Essas estimativas foram calculadas de acordo com equações apresentadas por Chernicharo (1997). Após coleta, o biogás pode ser destinado a um queimador ou a um sistema de conversão em energia elétrica. Caso seja optado pelo uso do biogás para energia, é necessário rever os cálculos de custo do projeto.

4.1.6 Produção estimada de lodo

Utilizando equações apresentadas por Chernicharo (1997), foi estimada uma produção de 0,70 m³/dia de lodo no reator dimensionado. Para desidratação desse lodo, recomenda-se um bag de 0,5 m x 1,0 m.

4.2 Estimativa de custos

Para a vazão de 16,5 m³/h (4,58 L/s), foi obtido por equação apresentada por Jordão (2014) um custo de implantação estimado de R\$ 519.333,05. Os valores utilizados pelo autor para obter a equação correspondem ao contexto econômico de junho de 2002. Assim, foi realizada uma correção econômica com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de junho de 2019, sendo obtido o valor de R\$ 1.429.137,33. Além disso, foi considerado o custo de R\$ 1.400,00 para 02 bombas com potência de 0,6 HP cada uma. Para bombear o esgoto, faz-se necessária somente 01 bomba. Entretanto, foi considerada uma bomba reserva. Assim, o total de custo de implantação foi estimado em R\$ 1.430.537,33.

Além do custo de implantação, considerou-se o custo de manutenção mensal do reator (Tabela 1). Para isso, foram levantados os custos de energia, mão de obra, descarte de lodo e gestão de controle, que inclui a realização de análises biológicas e físico-químicas.

Tabela 1: Estimativa de custos com manutenção mensal. Fonte: Autoria própria, 2019.

Custo de manutenção mensal	
Mão de obra	R\$ 2.994,00
Gestão de controle	R\$ 800,00
Descarte de lodo	R\$ 1.325,76
Energia	R\$ 396,00

TOTAL	R\$ 5.515,76
-------	--------------

4.3 Retorno financeiro do projeto

Considerando a tarifa de R\$ 20,45/m³ cobrada para a categoria comercial comum no município de São Paulo – SP, foi estimada uma economia mensal de R\$ 212.479,12.

4.4 Desenho técnico do sistema

Com as medidas obtidas no dimensionamento do sistema do projeto, foi elaborado o desenho técnico do sistema apresentado nas Figuras 6, 7 e 8.

O reator proposto contém 3 tubos de coleta de amostras de lodo, como pode ser observado no modelo 2D (Figura 6). Essa amostragem permite o monitoramento da eficiência do tratamento.

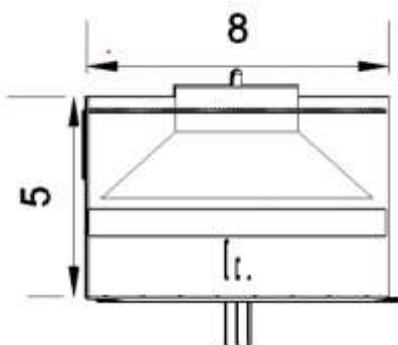


Figura 6: Desenho técnico do reator em 2D. Fonte: Autoria própria, 2019.

No modelo 3D do reator (Figura 7), pode-se observar o sistema de distribuição do esgoto afluyente na base do reator. Nas laterais do mesmo, existem os defletores para manter os sólidos na manta de lodo, impedindo-os de subirem. Na região superior do reator encontram-se o separador trifásico para separação das 3 fases (sólida, líquida e gasosa) do esgoto e as canaletas para coleta do efluente final. No topo do separador observa-se a tubulação para coleta do biogás gerado.

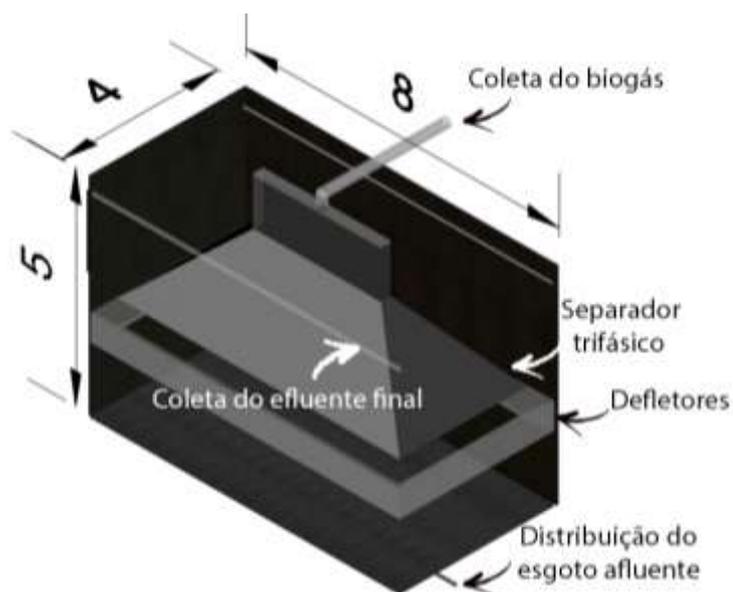


Figura 7: Desenho técnico do reator vazio em 3D. Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 8 ilustra o mesmo reator em funcionamento. As diferentes camadas coloridas representam as fases do tratamento. A camada 01 corresponde à etapa de entrada do esgoto, que é seguida pela passagem do esgoto pela manta de lodo (camada 02), onde estão presentes as bactérias anaeróbias responsáveis pela remoção da matéria orgânica. Na sequência (camada 03), o esgoto encontra os defletores, que impedem os sólidos ainda presentes de subirem. Assim, eles retornam para a manta de lodo. Por fim, na camada 04 ocorre a separação das fases sólida, líquida e gasosa do esgoto devido à presença do separador trifásico.

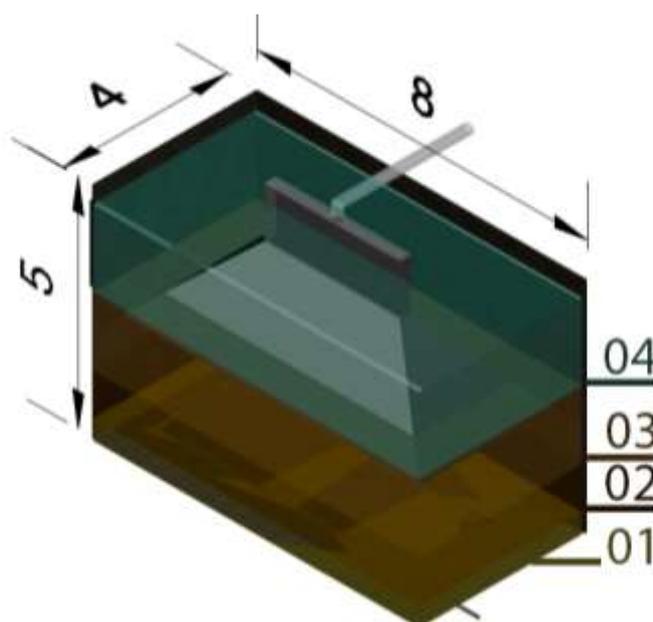


Figura 8: Desenho técnico do reator em 3D com simulação das fases do tratamento. Fonte: Autoria própria, 2019.

4.5 Avaliação de aspectos e impactos ambientais

A avaliação de aspectos e impactos ambientais é um instrumento crucial em um empreendimento, para ter conhecimento sobre o desempenho ambiental de suas atividades e

consequências (HENKELS, 2002). Este instrumento ajuda de forma sucinta, através de tabelas, filtros de classificação (periculosidade, frequência e abrangência) e significância, a instituição a se organizar referente na obtenção de certificações e cumprimentos de requisitos pertinentes ao meio ambiente. Entre os aspectos e impactos ambientais com maior significância, foi identificada a geração de resíduos durante todo o processo. Portanto, os aspectos e impactos ligados a geração de resíduos careceriam de maior atenção.

Com relação ao processo abordado neste artigo está em destaque os fatores de geração de odores pelo processo de tratamento do esgoto bruto que é considerado um aspecto negativo. Em contrapartida os gases gerados pelo processo ao serem destinados para a queima ou para outro fim resultará na diminuição de impactos para o meio ambiente e modificando o custo do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de dimensionamento obtidos neste projeto foram calculados e pensados para atender o melhor possível as referências de autores consultados e ter uma alta eficiência de tratamento do esgoto gerado pelo *shopping center*. Ainda que apresente impactos negativos (como geração de odores, gases do efeito estufa e resíduos), o tratamento em reator UASB para fins de reuso permite a redução do consumo de água utilizada no *shopping center* para fins não potáveis.

A partir dos custos apresentados, o reator proposto apresenta um retorno financeiro estimado em 7 meses.

6 REFERÊNCIAS

AMARAL, Leonor. **A Digestão Anaeróbia em ETAR/Conceitos**. 2019. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: <http://www.isep.ipp.pt/files/PPT%20WS%20Redes%20Neuronais_Leonor%20Amaral.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2019.

CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro. Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 140-147, jan.-fev. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542006000100020&lng=pt&lng=pt>. Acesso em: 08 ago. 2019.

COELHO, Suani Teixeira. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 6, 2006, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: Unicamp, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022006000100070&script=sci_arttext>. Acesso em: 08 nov. 2019.

CTEC. **Digestão Anaeróbia. Etapas da Digestão Anaeróbia**. 2019. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Digestão%20anaeróbia.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; HAANDEL, Adrianus Van; AISSE, Miguel Mansur; CAVALCANTI, Paula Frassinetti Feitosa. **Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo**. In: CAMPOS, J.R. et al. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Rio de Janeiro/RJ: ABES, 1999. Cap. 7, p. 155-197. Acesso em: 31 ago. 2019.

DE BARGELOS, Beatriz Rodrigues. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/4619?mode=full>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

FAGUNDES, Thalita Salgado. **Uso de polímero natural a base de amido como auxiliar de floculação no pós-tratamento de efluentes UASB com flotação por ar dissolvido**. 2010. 111 f. Monografia (Graduação de Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180300/tce-11022011-164400/?&lang=br>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

GIMENES, Guilherme. **Disposição de lodo de estação de tratamento de água em reator UASB**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258436/1/Gimenes_Guilherme_M.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2019.

HENKELS, Carina. **A identificação de aspectos e impactos ambientais: proposta de um método de aplicação**. 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30363966.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

NUNES, Riane Torres Santiago. **Conservação de água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reuso em shopping center**. 2006. 157 f. Dissertação (Pós-graduação de Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/rtsnunes.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

PICANÇO, Aurélio Pessôa. **Influência da recirculação de percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. 2004. 151 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-20052004-222239/pt-br.php>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PRADO, Marco Antônio Calil; CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro. Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos do processamento de *Coffea arábica L.* em reator anaeróbico UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,

v. 32, n. 3, p. 938-947, mai.-jun., 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000300035>. Acesso em: 08 ago. 2019.

RISSOLI, Cesar Augusto. **Estudo de parâmetros operacionais do reator UASB tratando esgoto doméstico e avaliação da biodegradabilidade do seu efluente**. 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004. Disponível em: <<https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/CesarAugusto.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019.

SANTOS, Aracele Vieira. **Remoção, Tratamento e Valoração de Escuma Proveniente de Reatores UASB Aplicados ao Tratamento de Esgoto Doméstico**. 2014. 134 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1015D.PDF>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

VERSIANI, Betina Maciel. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ**. 2005. 20 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/images/Documento/dissertacoes/Betina-Maciel-Versiani.pdf>>. Acesso em 31 ago. 2019.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.