



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD
FACET- FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental



**ESTUDO DA EFETIVIDADE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA
PARA A DESCONTAMINAÇÃO POR REMOÇÃO DE HPAS**

FILIPE DE SÁ PARISI

Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental

**DOURADOS – MS
2020**

FILIFE DE SÁ PARISI

**ESTUDO DA EFETIVIDADE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA
PARA A DESCONTAMINAÇÃO POR REMOÇÃO DE HPAS**

Orientador: Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração Ciência Ambiental.

**DOURADOS – MS
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P234e Parisi, Filipe De Sa

ESTUDO DA EFETIVIDADE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA A
DESCONTAMINAÇÃO POR REMOÇÃO DE HPAS [recurso eletrônico] / Filipe De Sa Parisi. --
2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Eriton Rodrigo Botero.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Hidrocarbonetos. 2. Diatomito. 3. Filtração de efluentes. 4. Córregos Urbanos. 5. Efetividade
do método.. I. Botero, Eriton Rodrigo. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD
FACET- FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental



Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“Estudo da Efetividade de Sistemas de Tratamento de Água Para a Descontaminação por Remoção de HPAS”**, de autoria de **Filipe de Sá Parisi**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero
Presidente da Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Fabiana Raupp
Membro Examinador (UFSC)

Prof. Dr. Jaldair de Araújo Nóbrega
Membro Examinador (UFGD)

Dourados/MS, 13 de Maio de 2020.

Glórias ao Grande Arquiteto do Universo ∴

∴ ∴ ∴ ∴

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Grande Arquiteto do Universo que me proporcionou força e sabedoria para desenvolver este belo trabalho.

Ao professor Eriton Rodrigo Botero, que me proporcionou esta oportunidade de crescimento intelectual e profissional. Desde quando entrei no programa como aluno especial, sempre estive presente quando precisei.

Às professoras que estiveram na composição de minha banca de qualificação, Dra. Fabiana Raupp e Dra. Zefa Valdivina Pereira e também ao Professor Jaldair Araújo e Nobrega que participou da banca de defesa.

Ao meu pai Lourival Parisi que sempre esteve presente na hora de tomar alguma decisão importante e a minha mãe Lídia de Sá Parisi que é um exemplo de determinação, mostrando que a constância vence qualquer obstáculo.

A Universidade da Grande Dourados juntamente com o programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, pelo apoio estrutural e científico.

A minha noiva Sayuri Yamada pelo apoio emocional.

RESUMO

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são compostos orgânicos classificados como poluentes prioritários segundo agências de controle nacionais e internacionais. A presença em grandes quantidades de HPAs no ambiente apresenta riscos à vida em geral, e suas principais fontes são industriais, residenciais e agrícolas. Quando atingem efluentes, se tornam, além de poluentes, um risco social, principalmente quando se trata de córregos e rios urbanos, muitas vezes usados como fonte de água para irrigação de pequenas propriedades, ou mesmo para o consumo humano. Dada a importância do controle e remoção de HPAs em efluentes, principalmente os localizados em, ou próximos de ambientes urbanos, esse trabalho faz uma apresentação e comparação de diferentes métodos de tratamento de efluentes para a remoção de HPAs, bem como, através de ferramentas da Qualidade, destaca qual método seria mais viável para a implantação em córregos urbanos em Dourados, MS. Aplicando o método BAFO, observa-se que a técnica de Adsorção em Diatomito apresenta melhores indicadores em relação aos métodos de Adsorção em carvão ativado, Flotador, Hidrociclone, SAO (Separados água óleo), Eletrofloculação e Desgaseificador apresentados nesse trabalho.

Palavras chave: Hidrocarbonetos, Diatomito, Filtração de efluentes, Córregos Urbanos, Efetividade do método.

ABSTRACT

The polycyclic aromatic hydrocarbons or PAHs are organic compounds classified as priority pollutants, according to national and international control agencies. Many polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment are a risk to life in general aspects. The principal origin of these pollutants is residential, industrial, and agricultural. When they reach effluents, they become a social risk especially when they are in urban streams. Normally, the people used to use these streams like home supplies. These facts show the importance of polycyclic aromatic hydrocarbons' control and removal from these urban rivers. This research does a presentation and comparison of the main removal of PAHs water treatment technics and uses Industrial Engineering tools to show which one is the most effective. In reference to comparison, the BAFO method demonstrates that Diatomite adsorption is better than activated carbon filter, flotation process, hydro cyclone separator, water and oil separator, electro flocculation, degassing water treatment.

Key-words: Hydrocarbon, Diatomite, Effluent Filtration, Urban Creeks, Effective.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da utilização da água no Brasil.....	14
Figura 2 - Esquema de funcionamento do Hidrociclone.....	16
Figura 3 - Modelo de Desgaseificador.....	17
Figura 4 - Esquema da técnica de adsorção em carvão ativado.....	18
Figura 5 - Modelo de tratamento de água por eletrofloculação.....	19
Figura 6 - Esquema de Separador de água e óleo (SAO).....	20
Figura 7 - Esquema do equipamento de flutador.....	21
Figura 8 - Exemplo de Diagrama de Pareto, baseado nos dados informados na tabela 4, já com a divisão nas classes A, B e C.....	29
Figura 9 - Exemplo do ciclo de melhoria contínua PDCA.....	30
Figura 10 - Exemplo de tabela BAFO para um produto fictício.....	31
Figura 11 - Localização do Córrego Água Boa e Rego D'Água e seus respectivos pontos de coleta.....	34
Figura 12 - Localização do Córrego Paragem e seus respectivos pontos de coleta.....	34
Figura 13 - Esquema representativo dos estágios utilizados para determinação do método de remoção de HPAs de acordo com o problema em questão.....	35
Figura 14 - Estatísticas de votos dos entrevistados para a definição dos critérios da técnica BAFO.....	39
Figura 15 - PDCA – Ciclo de melhoria contínua aplicado a execução do projeto de adsorção em diatomito.....	40
Figura 16 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à contaminação por Chy (ng.mL-1) nos córregos Água Boa e Rego D'água e Paragem.....	41
Figura 17 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à contaminação por BaP (ng.mL-1) nos córregos Água Boa e Rego D'água e Paragem.....	42
Figura 18 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à concentração acumulada de Chy (ng.mL-1) e BaP (ng.mL-1) nos córregos Água Boa e Rego D'água e Paragem.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre as vantagens e desvantagens de alguns métodos de tratamento de água abordados nesse trabalho, considerando a possibilidade de remoção de HPAs.	22
Tabela 2 – Simplificação da rotina do método 5W2H.....	27
Tabela 3 - Tabela de exemplo de variáveis para a elaboração do Diagrama de Pareto.	28
Tabela 4 - Tabela de exemplo variáveis reordenadas para a elaboração do Diagrama de Pareto.....	29
Tabela 5 - As concentrações máximas encontradas dos HPAs BaP e Chy	35
Tabela 6 - Escolha do melhor método utilizando a tabela BAFO (Parte 1).....	37
Tabela 7 - Classificação geral dos métodos comparados seguindo os critérios elaborados e o método BAFO.	38
Tabela 8 - Quadro com respostas ao método 4W1W para o método de purificação de Adsorção por Diatomito.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
Objetivo Geral.....	13
Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Água, contaminação por HPAs e métodos de tratamento.....	14
2.2 Ferramentas da qualidade	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 – Escolha do método de tratamento mais adequado às condições utilizando a ferramenta BAFO....	37
4.2 Outras Ferramentas da Qualidade.....	38
5 CONCLUSÕES.....	45
6 TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
APÊNDICE A - QUESTIONARIO ELABORADO PARA DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DA TÉCNICA BAFO	54

1 INTRODUÇÃO

Devido à elevada taxa de mortalidade causada pelo câncer, que nos dias atuais está em cerca de 6,5 milhões de pessoas ao ano, estudos relacionados à exposição à produtos cancerígenos se mostram cada dia mais relevantes, já que se mostram muito importantes nos trabalhos de prevenção desse tipo de doença. Tais estudos começaram a ser realizados em 1775, nos quais apontaram que os limpadores de chaminé tinham maior propensão a desenvolver câncer e, então, relacionaram à exposição a fuligem das chaminés com a maior propensão de desenvolvimento da doença.

A partir desse estudo, foi identificado que o Benzo(a)Pireno (BaP), um hidrocarboneto aromático liberado na queima incompleta de matéria orgânica, era comum em todos esses casos. Sendo assim, foi relacionado os casos de câncer à presença do BaP, e esse hidrocarboneto foi nomeado como uma das causas dessa propensão. Mas, posteriormente, foi comprovado que o composto (BaP) sozinho não seria capaz de causar esse efeito, porém, se estiver na presença de outros compostos da família dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), principalmente os nitroderivados, se torna responsável pelo “excesso de carcinogenicidade” [1].

Dada essa relevância desses contaminantes a *United States Environmental Protection Agency* – USEPA [2], nos Estados Unidos, classificou os HPAs como contaminantes prioritários e elaborou uma lista com os 16 HPAs tóxicos, sendo eles: Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(ghi)perileno, benzo(K)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno [1,2,3-c,d] pireno, fenantreno, pireno e naftaleno) [1].

Os HPAs estão presentes no ambiente devido à diversas fontes de emissão, sendo elas naturais, ou não, e tendo como destaque: a combustão incompleta de combustíveis fosseis (diesel, gasolina e carvão), resíduos de fotocopiadoras, plantas de incineração, fumaça de cigarro e numerosos processos industriais como por exemplo: produção de alumínio, gaseificação do carvão, produção de coque, produção de eletrodos de carbono, extratos de betumes [3, 4].

A liberação de HPAs na atmosfera gera a contaminação por sua deposição na água, no solo e nas plantas o que ocasiona a contaminação de praticamente todo o ecossistema, colocando, então, em risco, os seres vivos que o habitam [5].

O ser humano, assim como todos os seres vivos, depende da água para sua sobrevivência, tal que a crescente demanda por recursos hídricos nos fez dependentes da exploração de águas, inclusive perto de grandes centros urbanos e industriais. Por essa relação próxima entre a exploração de recursos hídricos próximos a zonas industriais e urbanas e a contaminação desse ambiente por HPAs, faz com que o interesse por formas de identificação e quantificação de HPAs se torne de extrema necessidade. Além disso, em casos que já está confirmada a presença de HPAs no ambiente o tratamento para a remoção desses contaminantes cresce na mesma proporção.

Há diversos métodos de remoção desses contaminantes na água, contudo, a definição da técnica mais viável depende de fatores como, a interação entre o poluente e o meio, o *lead time* do processo de tratamento, o custo do processo, as características químicas, físicas e biológicas do local, a quantidade do contaminante, entre outros [6].

Trabalhos recentes do Grupo de Óptica Aplicada da UFGD [1, 7], baseado nas identificação e quantificação mensais de HPAs em um córrego urbano na cidade de Dourados/MS, mostraram quantidades muito superiores de Benzo(a)Pireno (BaP) e Criseno (Chy) (acima de 15 ng.mL^{-1}) às delimitadas pelos órgãos de Controle Nacional CONAMA 357/2005 [8] e Internacional (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*), que considera o valor de $2 \text{ (ng.mL}^{-1})$ como o limite aceitável de Criseno e Benzopireno no meio ambiente. Assim, ações de manejo e tratamento desses efluentes devem ser tomadas imediatamente para a saúde da população desse ambiente.

Dada a relevância desse assunto e a importância do controle e remoção de HPAs em efluentes, principalmente os localizados em, ou próximos de, ambientes urbanos esse trabalho faz uma apresentação e comparação de diferentes métodos de tratamento de efluentes para a remoção de HPAs, baseado em pesquisas bibliográficas das mais variadas formas, bem como, através de ferramentas da Engenharia de Produção, destaca qual desses métodos seria ter a maior viabilidade de aplicação em casos de efluentes urbanos, como o apresentado para a cidade de Dourados/MS.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Fazer um levantamento dos métodos para a descontaminação de HPAs em larga escala e identificar qual seria o mais viável para aplicação em um efluente na região urbana de Dourados/MS.

Objetivos específicos

- Apresentar os diferentes métodos de tratamentos de água na remoção dos HPAs em larga escala;
- Comparar os diferentes métodos;
- Aplicar as ferramentas da qualidade 5W2H, BAFO, diagrama de Pareto e PDCA para método que se mostrar mais satisfatório;
- Propor um método de descontaminação para um córrego urbano, na cidade de Dourados/MS.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Água, contaminação por HPAs e métodos de tratamento

A água é considerada um dos bens mais preciosos à vida, como também é essencial para conservação do meio ambiente, é finita e insubstituível. Devido a sua importância, a poluição dos recursos hídricos é tratada como parâmetro de indicação dos níveis de poluição do ambiente, e o controle da qualidade da água faz-se sempre necessário para manter os níveis de sua utilização [9]. A utilização da água no Brasil é praticamente vinculada à agropecuária, uma das grandes responsáveis, também, por sua degradação. De uma maneira mais específica, o uso da água pode ser dividido entre as seguintes proporções: 7% industrial, 9% urbano, 1% Rural, 11% Animal e 72% em irrigação [10], como representado na figura 1.

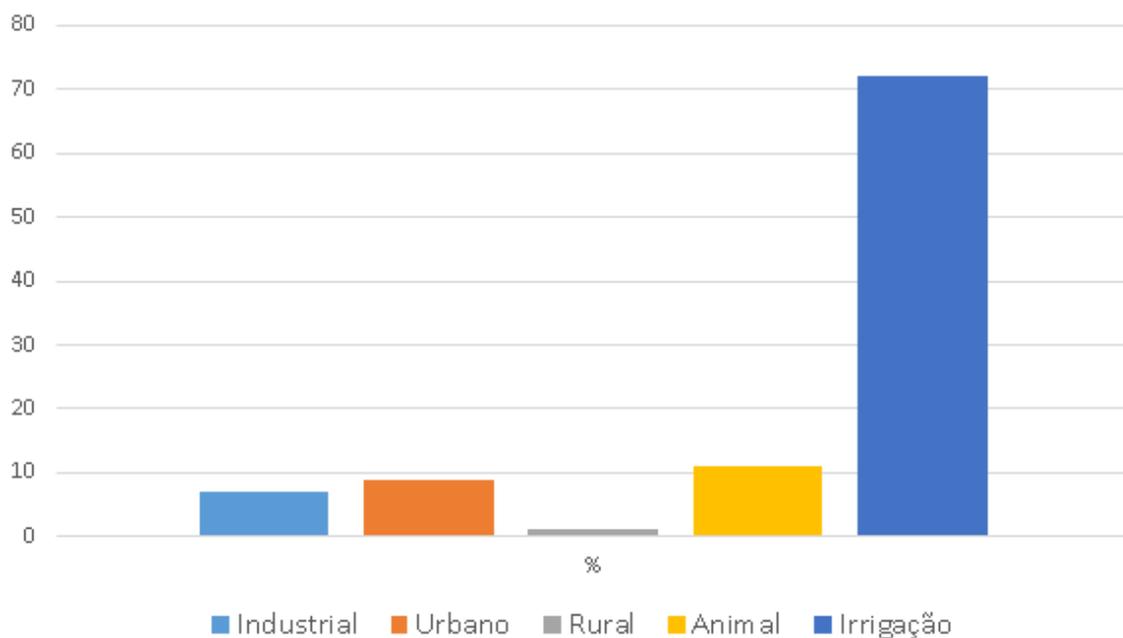


Figura 1 - Distribuição da utilização da água no Brasil.

Fonte: (WALBERT; FERREIRA, 2013)

Embora em menor porcentagem, as utilizações urbanas dos recursos hídricos, juntamente com o desmatamento e formas irregulares de ocupação do solo, devastam também as áreas responsáveis pelo reabastecimento dos lençóis freáticos, aquíferos e

nascentes o que acaba ocasionando numa redução geral da qualidade da água [11]. Assim, tanto no uso mais expressivo, quanto no uso em menor quantidade, há inúmeras formas de contaminação e degradação da qualidade da água.

Entre os poluentes mais comuns, por poderem ser de origem natural e antrópica [12], estão os HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos). Os HPAs são considerados os contaminantes orgânicos mais comuns no meio ambiente e foram os primeiros a serem analisados enquanto a seus efeitos biológicos, potenciais carcinogênicos, mutagênicos e outros efeitos tóxicos que podem afetar a saúde em geral [13]. São compostos orgânicos que contém dois ou mais anéis aromáticos fundidos, constituídos, então, somente de átomos do carbono e hidrogênio [14]. Os HPAs são divididos em 2 categorias. Os de baixo peso molecular (2 ou 3 anéis aromáticos), que são relativamente voláteis, solúveis e mais degradáveis do que a categoria composta por alto peso molecular (4 anéis ou mais) [15].

Contudo, é possível a remediação dos estragos causados pela poluição e pelo mau uso da água, o que traz a importância de estudos de viabilidade de implantação de métodos de remoção de poluentes em água à tona. Dentre vários métodos disponíveis para o tratamento de efluentes, principalmente no que tange a remoção dos HPAs, podemos destacar alguns que estão mais presentes em plantas industriais, como:

- **Hidrociclone:** é o processo de separação água/óleo mais utilizado pela indústria do petróleo e consiste em uma separação por forças centrípetas e pesos moleculares diferentes das substâncias, como representado na figura 2. Se trata de um método muito eficiente para resíduos particulados como óleos e graxas, mas, pouco eficiente para sais e metais. A vantagem dos Hidrociclones é o tempo de processamento, consideravelmente mais rápido [9]. Com uma manutenção mais simples, inclui custos como, calibração e reparo das válvulas, substituição de mangueiras de rejeito, reparos de caixas de engrenagens, manutenção de transmissores de pressão e substituição dos “liners” [16]. Hidrociclones utilizam a aplicação de produtos químicos de efluentes, com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos. Para o caso dos HPAs são utilizados flocculantes como o polieletrólito, desemulsificantes para desestabilizar as emulsões dos HPAs na água, também são adicionados anti-incrustantes no sistema de tratamento, o que gera custos para a manutenção dos reagentes necessários para o processo [16,17].

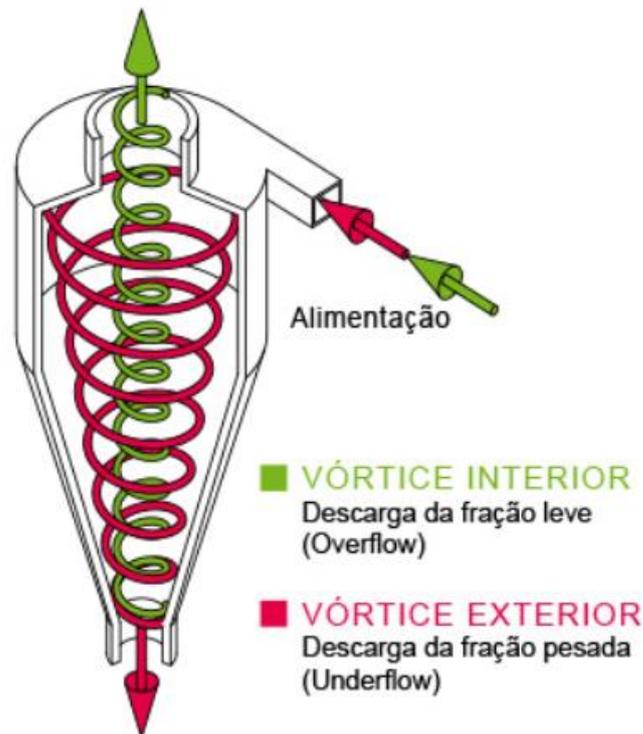


Figura 2 - Esquema de funcionamento do Hidrociclone.

Fonte: (AKW, 2018)

- **Desgaseificadores:** desgaseificadores removem os vestígios de gás remanescentes no líquido. Depois do gás extraído deve ser enviado a um dispositivo para a queima do mesmo. Desgaseificadores, porém, são ineficientes se utilizados como único método, usualmente são combinados com os Hidrociclones ou com Flotadores [17]. O esquema de uma planta de desgaseificador está representado na figura 3. Não há na literatura informações sobre o uso de catalisadores ou outras substâncias durante o processo de purificação da água, como também sobre os custos aproximados para o uso desse equipamento.



Figura 3 - Modelo de Desgaseificador

Fonte: (INDUSTRY, 2019)

- **Adsorção em carvão ativado:** um dos métodos mais comuns na remediação de águas contaminadas é a remoção por adsorção em carvão ativado. A adsorção é considerada uma das técnicas mais eficazes, pelo seu baixo consumo energético e sua alta seletividade, já que pode utilizar subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais [6]. O processo de adsorção ocorre em tanques pressurizados, como representado na figura 4. Por usar materiais de descarte industrial, esse processo não envolve custos muito altos de manutenção. Existem dois tipos de interações de adsorção, sendo elas: A adsorção física (fisissorção) e a adsorção química (quimissorção). Na primeira delas envolve principalmente ligações de Van Der Waals, em que, ocorrem ligações não reativas entre as moléculas, então, os efeitos atrativos entre o adsorvente e o adsorbato são relativamente fracos. Já na segunda, as ligações são similares às ligações químicas, pois, ocorre uma transferência de elétrons entre o adsorvente e o adsorbato [14, 18].

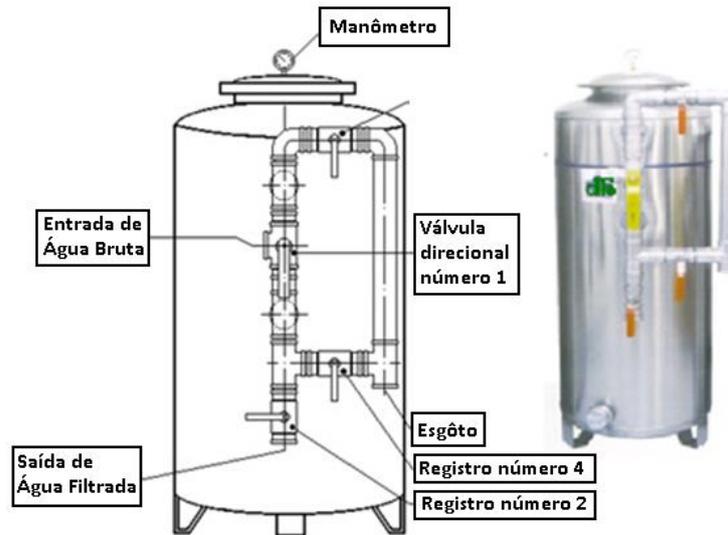


Figura 4 - Esquema da técnica de adsorção em carvão ativado.

Fonte: (ATIVADO, 2019)

- **Eletrofoculação:** é um processo eletroquímico que não utiliza adição de floculantes, com isso, não gera lodo residual, este método gera bolhas de gás (normalmente O₂ e H₂) substituindo os aditivos floculantes [19]. A eletrofoculação utiliza reatores químicos que, devido ao custo e ao fácil acesso, usualmente são de ferro ou alumínio. Esses reatores químicos utilizam correntes elétricas o qual acaba gerando coagulantes *in situ* na solução, como representado na figura 5. É uma técnica de fácil aplicação, relativamente simples, e que pode abranger diversos tipos de tratamentos de efluentes, inclusive, é utilizado no tratamento de águas residuais de refinarias de petróleo [20], contudo depende de reagentes o que gera custos de manutenção mais elevados que, por exemplo, adsorção por carvão ativado.



Figura 5 - Modelo de tratamento de água por eletrofloculação.

Fonte: (FOGAÇA, 2020)

- **SAO (Separador de água, areia e óleo):** é utilizado para separar o óleo livre da água residuária, utilizando a gravidade. Os separadores gravimétricos podem ser de 3 tipos: API (*American Petroleum Institute*), CPI (*Corrugate Plate interceptor*) e PPI (*Parallel Plate Interceptor*). A função do API é a remoção de partículas livres de óleos com mais de $150\mu\text{m}$ (*micra*), exige uma área instalada grande e é pouco eficiente. O API não é suficiente para separar gotas menores do que $150\ \mu\text{m}$, sendo uma desvantagem significativa se comparada a outros métodos. A função CPI trabalha com partículas entre 10 e 40 micrones, a taxa de remoção de óleo está entre 90% e 98% e a taxa de remoção total de sólidos suspensos está entre 90% e 95%. Exige uma área para instalação menor que o da API e uma eficiência melhor [21]. O PPI utiliza a gravidade para fazer a separação entre o óleo e a água, as inclinações das placas do PPI variam entre 45 e 60 graus (representado no esquema da figura 6), dentre os três métodos é o mais simples e mais barato, porém, o menos eficiente. Eventualmente, o óleo que boia é coletado de forma manual [22]. A manutenção do SAO inclui, reparo e instalação de válvulas, recompor aterramento, limpezas internas [16].



Figura 6 - Esquema de Separador de água e óleo (SAO).

Fonte: (BRASIL, 2020)

- **Flotadores:** o flotador tem a função de separar líquidos de sólidos, utiliza nuvens de microbolhas de ar que arrastam as impurezas em suspensão para a superfície (figura 7). Quando utilizada em grande escala tem-se a flotação por ar dissolvido, com microbolhas na ordem de micra, e a flotação por ar disperso, com bolhas maiores, para arraste de partículas maiores, facilitando a remoção de grandes partículas. Basicamente, funciona por redução de densidade das impurezas, fazendo-as flutuar [23]. Pode ser por gás induzido ou dissolvido, complementa o tratamento SAO na indústria petrolífera com a função de enquadrar a água oleosa nos padrões de descarte [24]. As principais aplicações são: Remoção de Ferro (Fe), Manganês (Mn), cor, Sólidos Solúveis Totais (SST) e turbidez (T). Remoção de SST, algas, turbidez, cor, óleos, gorduras, SST e particulados grosseiros (DBO insolúvel); Remoção de nutrientes (Amônia -NH₃ e Fósforo – P), algas, cor, SST, turbidez, gorduras, SST, particulados grosseiros (DBO insolúvel) e Fibras; Remoção de nutrientes (NH₃ e P), algas, cor, SST, turbidez, metais precipitados, óleos (emulsionados ou não), microrganismos, pigmentos, compostos orgânicos, macromoléculas, reaproveitamento de águas de processo, tratamento de minérios, celulose e papel, reutilização de tintas, plásticos, química analítica, aquicultura, limpeza de tanques e lagos de interesse paisagístico entre outros [23].



Figura 7 - Esquema do equipamento de flotador.

Fonte: (NATURALTEC, 2020)

- **Adsorção em Diatomito:** o diatomito, também conhecido como terra diatomácea, ou *kieselguhr*, é um composto natural de frústulas diatomáceas, existentes em água doce e água salgada, e que passaram por um processo de fossilização [25]. São algas unicelulares que absorvem a sílica da água, fazem o processo de metabolização e depositam essa sílica absorvida em sua frústula [26]. Também é utilizado como material adsorvente para determinação de compostos HPAs em águas estuarianas, sua composição inerte e estável aliada as propriedades adsorptivas o fazem um ótimo material adsorvente [27], semelhante à técnica de adsorção por carvão ativado. No entanto, o diatomito possui propriedades físicas e químicas únicas, como durabilidade baixa densidade e grande quantidade de poros, alta permeabilidade, grande área superficial, é quimicamente inerte e possui baixo custo econômico [26].

Em suma, a tabela 1 mostra um quadro comparativo das vantagens e desvantagens entre estes vários métodos disponíveis para o tratamento de efluentes, principalmente para a remoção dos HPAs, e que serão analisados neste trabalho.

Tabela 1 - Comparação entre as vantagens e desvantagens de alguns métodos de tratamento de água abordados nesse trabalho, considerando a possibilidade de remoção de HPAs.

Fonte: Própria

Método	Vantagens	Desvantagens	Referências
Hidrociclones	<p>Muito eficiente na separação de resíduos particulados como óleos e graxas. Utiliza menos polieletrólito do que o SAO. Pouco acompanhamento operacional e manutenções.</p> <p>Os Hidrociclones não apresentam partes móveis, requerendo baixo custo de instalação e manutenção e são simples de operar.</p>	<p>Pouco eficiente para sais e metais e HPAs. Possui eficiência de 98% na remoção de partículas da água maiores que 100mgL⁻¹.</p>	[17];[18];[28]; [29].
Flotadores	<p>Utiliza subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais, pelo seu baixo consumo energético e sua alta seletividade.</p>	<p>Pouco eficiente para sais e metais e HPAs.</p> <p>Efeitos Ambientais: Em contato com solo ou água pode causar a alteração do ecossistema local;</p> <p>Efeitos do Produto: O contato pode causar irritações à pele, aos olhos e vias respiratórias. Produto químico alcalino.</p>	[17]; [30].

Continua

Continuação

Método	Vantagens	Desvantagens	Referências
Vasos desgaseificadores	Possui alta eficiência quando combinado com Hidrociclone e Flotador.	Remove apenas vestígios de gás na água. Necessita de mão de obra extremamente qualificada (engenheiro mecânico, engenheiro eletricista, engenheiro de segurança do trabalho com treinamentos de normas técnicas específicas), necessita de guincho para instalação. Em funcionamento, emite ruídos maiores que 103Dbc.	[17]; [31].
Adsorção em carvão ativado	Não há geração de subprodutos farmacologicamente ativos ou intermediários tóxicos. Apresenta ainda fácil operação, baixo custo e alta eficiência em muitos processos.	Apesar de a adsorção ser considerada uma das tecnologias mais promissoras e a melhor disponível para o controle ambiental, de acordo com a Agência de Proteção “Ambiental dos Estados Unidos, são necessários estudos para avaliar o funcionamento dos mecanismos em cada caso.	[32]; [33].
SAO (Separador de água-óleo)	A necessidade de manutenção do SAO é mínima comparada ao Hidrociclone.	Dificuldade de controlar a interface água/óleo, não foi projetado para remover o óleo emulsionado.	[16].

Continua

Continuação

Método	Vantagens	Desvantagens	Referências
<p>Eletrofoculação</p>	<p>Condições energéticas reacionais reduzidas (processos a frio), sistemas reprodutíveis e facilmente controláveis permitindo a automação e facilidade de montagem de plantas relativamente compactas;</p> <p>Os flocos formados são mais estáveis, podendo ser mais bem removido por filtração;</p> <p>O processo da EF remove as partículas coloidais menores, pois o campo elétrico aplicado promove mais rapidamente o contato entre elas, facilitando a coagulação;</p> <p>As bolhas de gás produzidas durante eletrólise podem levar o contaminante ao topo da solução, onde pode ser concentrado e removido mais facilmente, por flotação;</p> <p>A técnica de EF pode ser usada convenientemente em áreas rurais onde a eletricidade não é disponível, desde que um painel solar seja acoplado à unidade.</p>	<p>Os eletrodos precisam ser substituídos regularmente, caso sofram passivação;</p> <p>Uma película de óxido impermeável pode ser formada sobre o cátodo, o que conduz à perda da eficiência da célula eletrolítica;</p> <p>O uso da eletricidade pode ser caro em alguns lugares;</p> <p>Um filme de óxido impermeável pode ser formado no cátodo, conduzindo à perda da eficiência da unidade de EF;</p> <p>É requerida alta condutividade do efluente.</p>	<p>[34]; [19];[35].</p>

Continua

Continuação

Método	Vantagens	Desvantagens	Referências
Adsorção em Diatomito	Este material possui propriedades físicas e químicas únicas, como durabilidade baixa densidade e grande quantidade de poros, alta permeabilidade, grande área superficial, é quimicamente inerte e possui baixo custo econômico (quando comparado a outros materiais com as mesmas propriedades adsorptivas, como o carvão ativado).	Possui ação inseticida duradoura, pois não perde seu efeito ao longo do tempo. É um produto natural, portanto, não deixa resíduos no ambiente; Trabalhadores expostos à sílica, quando comparados com a população em geral, possui risco 2 a 3 vezes maior a câncer de pulmão.	[26]; [27]; [36].

2.2 Ferramentas da qualidade

A gestão da qualidade total, ou o *Total Quality management* - TQM foi uma prática de gestão muito importante nas décadas de 80 e 90. Autores americanos como Deming e Juran encontraram no Japão pós-guerra um cenário ideal para aplicação de seus conceitos e começarem, o que hoje, conhecemos como ferramentas da qualidade [36]. As ferramentas da qualidade são comumente utilizadas como metodologias/métodos de gerenciamento de processos e projetos, buscando a melhoria contínua da qualidade final dos processos. Dentre as ferramentas da qualidade existente, as que mais se encaixam nesse trabalho são:

- **5W2H:** o 5W2H é constituído de 7 questões básicas que são feitas no planejamento e na execução de projetos. O 5W2H é uma ferramenta da engenharia da qualidade para criar planos de ação. O nome 5W2H vem da língua inglesa, por ser formada de 5 perguntas com W: “*What?*”, “*Who?*”, “*Where?*”, “*When?*”, “*Why?*” E duas perguntas com H: “*How?*”,

“*How much?*”. Respectivamente em português: “O quê?”, “Quem?”, “Onde?”, “Quando?”, “Por quê?”, “Como?”, “Quanto custou?” [37]. É utilizado em processos com o intuito de identificar os passos mais importantes, detectar eventuais problemas e apontar soluções, também é considerado como uma ferramenta adequada para decompor e analisar cada fase do ciclo produtivo com o intuito de melhorar a eficiência de processos [38]. É uma ferramenta prática que permite identificar dados e rotinas mais importantes em projetos e processos a qualquer momento. Utilizando as seguintes perguntas e o seguinte modelo de tabela:

a) O que?

O que será feito? Qual o assunto? Qual a atividade? Quais os insumos necessários? Quais os passos necessários para o início do projeto?

b) Quem?

Quem realizara o projeto? Quem depende da execução do projeto? A atividade depende de quem para ser iniciada?

c) Onde?

Onde o projeto será aplicado? Onde serão as reuniões da equipe responsável pela aplicação do projeto?

d) Por quê?

Por que esse projeto foi escolhido? Por que essa equipe foi escolhida para realizar o projeto? Por que esse local foi escolhido?

e) Quando?

Quando será realizada? Qual o prazo de execução? Quando será terminada? Quando as reuniões serão realizadas?

f) Como?

Como o projeto será realizado? Como acompanhar o desenvolvimento do projeto?

g) Quanto custa?

Qual o custo de execução do projeto? Quanto custa a mão de obra da equipe selecionada? Quanto custa a movimentação dos equipamentos e insumos necessários para a região que foi escolhida como área de aplicação do projeto? Quanto custa para avaliar o andamento do projeto? Qual a relação custo/benefício deste projeto em relação aos outros estudados?

Essas questões podem ser simplificadas como representado na tabela 2 [39]:

Tabela 2 – Simplificação da rotina do método 5W2H

Fonte: Própria

	Inglês	Português	Descrição
5W	<i>What?</i>	O quê?	O que será executado?
	<i>Who?</i>	Quem?	Quem fara a execução do projeto?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será feito o projeto?
	<i>Why?</i>	Por quê?	Por que será feito?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando será feito?
2H	<i>How?</i>	Como?	Como será executado o projeto?
	How Much?	Quanto custa?	Quanto o projeto custara?

- **Diagrama de Pareto:** o diagrama de Pareto foi criado por Vilfredo Pareto, sociólogo e economista italiano, em um estudo sobre a desigualdade de distribuição de renda em Milão, no qual, ele relatou que 80% da população possuíam 20% da renda e 20% da população recebia os outros 80% da renda. Passado algum tempo Joseph Moses Juran aplicou o princípio elaborado por Vilfredo Pareto na gestão da qualidade [40]. O diagrama de Pareto é a representação gráfica de problemas da qualidade que consiste em demonstrar que 80% das falhas ocorridas em processos são causadas por 20% dos efeitos, facilitando a visualização dos efeitos e a priorização dos que causam mais impacto no processo [41]. A partir dos dados estatísticos, foi possível dividir os itens em 3 classes distintas, por esse motivo, o gráfico de Pareto também é conhecido como curva ABC.

- Classe A: poucos itens, (10% a 20%), que possuem um alto impacto no processo, essa classe é necessita de atenção máxima dos gestores.
- Classe B: quantidade média de itens, (20% a 35%), possuem um impacto moderado no processo, e necessita de atenção média dos gestores.

- Classe C: muitos itens, (60% a 70%), possuem impacto mínimo no processo, necessita de atenção periódica dos gestores [42].

Em um gráfico de barras é possível organizar os dados disponíveis de uma forma que coloca prioridades entre os mesmos [43]. Esse gráfico tem a função de deixar evidente e visual a priorização de temas, de forma que mostra quais os problemas precisam ser resolvidos primeiro [44]. Juran dividia as prioridades do gráfico de Pareto de duas formas: os poucos vitais, que são os poucos problemas que causam um grande impacto no processo e os muito triviais que são muitos problemas, mas, que não possuem uma grande relevância [45]. A tabela 3 mostra um exemplo de variáveis que podem ser usadas para a construção de um diagrama de Pareto com duas variáveis: “falhas” e “frequência” que as falhas ocorrem em um determinado período de tempo.

Tabela 3 - Tabela de exemplo de variáveis para a elaboração do Diagrama de Pareto.

Fonte: Próprio autor (Retirado do Microsoft Excel)

Falhas	Frequência	Frequência acumulada	Porcentagem	Porcentagem acumulada
Falha na montagem do filtro	3	3	7,32%	7,32%
Atraso na entrega	11	14	26,83%	34,15%
Utilização de peças erradas na instalação	2	16	4,88%	39,02%
Falta de informação sobre o equipamento	7	23	17,07%	56,10%
Falta de medições precisas	18	41	43,90%	100,00%
Total	41		100,00%	

A partir dessas duas variáveis, podemos encontrar a outras três: “frequência acumulada”, que consiste na soma do evento da linha com os eventos que o antecedem, “porcentagem”, que é calculada dividindo a frequência do evento pelo total e eventos (41 repetições) e “porcentagem acumulada”, soma da porcentagem do evento da linha com a porcentagem dos eventos que o antecedem. A tabela 3 foi formulada possui a variável “falhas” na qual é composta pelos eventos acontecidos, na próxima coluna a variável “Frequência” mostra a quantidade de vezes que o evento ocorreu, na terceira coluna está a variável “Frequência acumulada” que soma os acontecimentos anteriores até alcançar o valor total (41 recorrências), na quarta coluna é mostrada a variável “Porcentagem” que, equivale as 41 vezes que eventos ocorreram como sendo 100% de ocorrências, e por fim, na última coluna temos a “porcentagem acumulada” que tem a mesma lógica da terceira coluna, vai acumulando os eventos até que o valor alcance o total (100%). Para facilitar a

montagem do Diagrama de Pareto é recomendável que seja ordenado a frequência das falhas do maior para o menor, resultando em uma nova disposição dos dados, como mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de exemplo variáveis reordenadas para a elaboração do Diagrama de Pareto.

Fonte: Próprio autor (Retirado do Microsoft Excel)

Falhas	Frequência	Frequência acumulada	Porcentagem	Porcentagem acumulada
Falta de medições precisas	18	18	43,90%	43,90%
Atraso na entrega	11	29	26,83%	70,73%
Falta de informação sobre o equipamento	7	36	17,07%	87,80%
Falha na montagem do filtro	3	39	7,32%	95,12%
Utilização de peças erradas na instalação	2	41	4,88%	100,00%
Total	41		100,00%	

Para gerar o diagrama de Pareto, utiliza-se as colunas “falhas”, “frequência” e “porcentagem acumulada”, tal que o gráfico gerado fica como mostrado na figura 8.

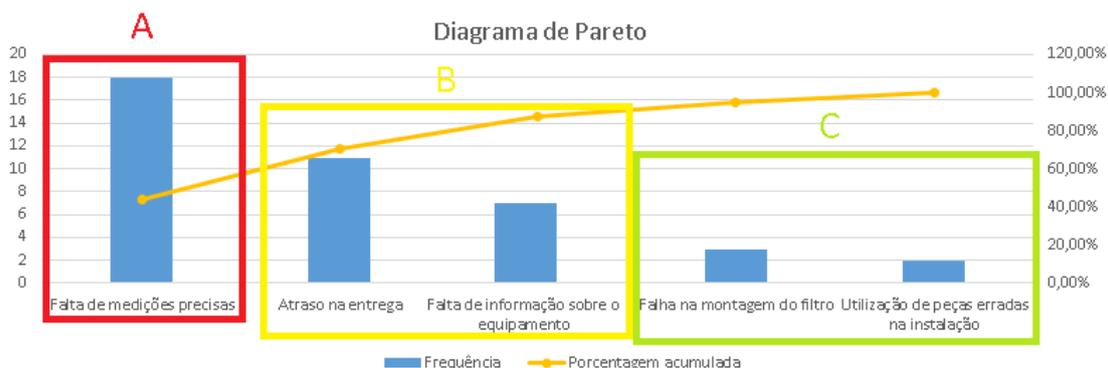


Figura 8 - Exemplo de Diagrama de Pareto, baseado nos dados informados na tabela 4, já com a divisão nas classes A, B e C.

De acordo com a classificação ABC, a falha “falta de medições precisas” é classificada no grupo A, pois, tem o maior impacto no processo exemplificado acima, e, deveria ser considerado como falha mais importante a ser resolvida. As falhas “Atraso na entrega” e “Falta de informação sobre o equipamento” estariam na classificação B e as falhas: “Falha na montagem do filtro” e “Utilização de peças erradas na instalação” estariam na classe C, por não terem grande influência no processo [46].

- **PDCA:** o PDCA é um ciclo de melhoria contínua que foi desenvolvido por Walter A. Shewhart na década de 30, mas, foi consagrada na década de 50 por Willian Edwards Deming que aplicou o ciclo de melhoria nas empresas japonesas, conseguindo um

significativo aumento de qualidade nos processos [47]. Como fica evidente em sua nomenclatura, o ciclo PDCA está dividido em quatro fases [48], descritas abaixo e representadas na figura 9:

a) primeira fase: (P = *Plan* = Planejar) essa fase consiste em duas etapas. A etapa de metas e a etapa de métodos. Na etapa de metas, os objetivos, estratégias e ações são planejados de maneira quantificável. Na segunda etapa, serão definidos os métodos que serão utilizados para atingir os objetivos traçados na primeira etapa.

b) segunda fase: (D = *Do* = Fazer) também é constituída por duas etapas. A primeira etapa consiste em promover capacitação aos indivíduos que participarão da execução do projeto e a segunda etapa é a realização do que foi planejado.

c) terceira fase: (C = *Check* = Checar) essa fase consiste em avaliar os resultados obtidos com a execução do projeto e compara-los com os resultados planejados. Essa diferença entre os dados planejados e dados obtidos se tornam um problema a ser resolvido.

d) quarta fase: (A = *Action* = Ação) essa fase consiste em aplicar correções na atividade executada, obtendo assim uma maior qualidade no processo e auxilia na construção de um padrão de execução para o projeto.

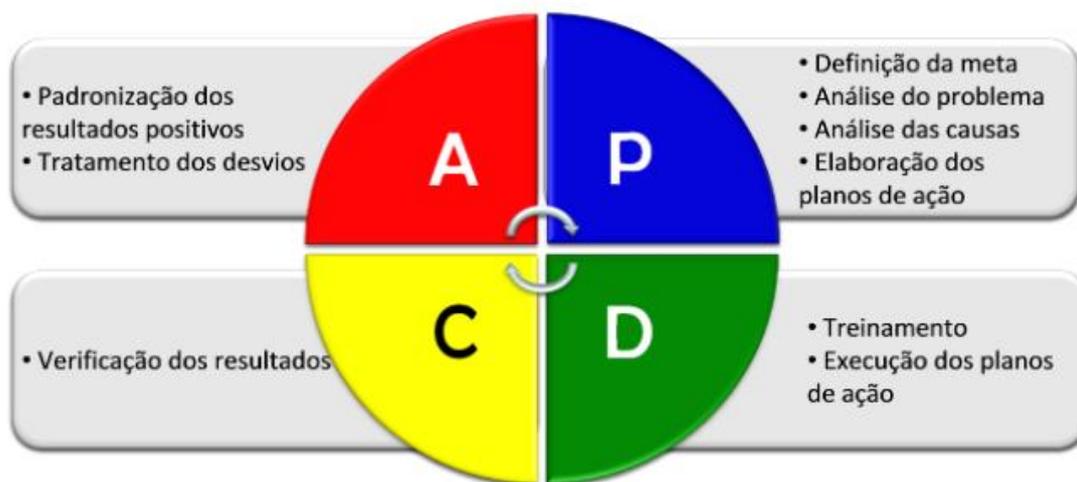


Figura 9 - Exemplo do ciclo de melhoria contínua PDCA.

Fonte: (PARANA, 2020)

- **BAFO (Best and final offer)**: conhecido também como oferta final, ou, melhor oferta final. Essa técnica avalia propostas comerciais, equipamentos para desenvolverem determinada tarefa, tecnologias semelhantes e outras comparações similares. Consiste na formação de uma tabela que compara essas variáveis em diferentes critérios. Cada critério é avaliado com notas de 1 a 5 ou de 1 a 10, baseados em dados de bibliografia ou de expertise dos profissionais da área. É feito um somatório das notas de todos os critérios e a variável que possuir um somatório maior de notas é considerado o melhor [49]. Para isso, é feita uma matriz que multiplica o peso do item pela nota atribuída a ele. Necessita de no mínimo 3 opções de variáveis para serem comparadas. A figura 10 mostra um exemplo da tabela BAFO aplicada em um produto fictício [49].

Sistema de Pontuação							
Critérios	Peso	Fornecedor X		Fornecedor Y		Fornecedor Z	
		Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média
Qualidade do material	20	9	180	8	160	6	120
Preço	20	8	160	8	160	7	140
Qualificação histórica em sistema	30	8	240	7	210	7	210
Tempo existência da empresa	5	5	25	8	40	7	35
Qualificação técnica	25	8	200	8	200	7	175
TOTAL	100		805		770		680

Figura 10 - Exemplo de tabela BAFO para um produto fictício.

Fonte: (PAES, 2016)

A figura 10, mostra o exemplo da utilização da tabela BAFO em uma tomada de decisão na escolha entre três fornecedores, X, Y e Z. O primeiro passo a ser feito na utilização do método BAFO, é a seleção de critérios. Esses critérios serão os parâmetros em que os três fornecedores serão comparados. Os critérios escolhidos para aplicação da ferramenta neste exemplo foram: Qualidade do material, preço, qualificação histórica em sistema, tempo de existência da empresa e qualificação técnica.

A segunda etapa é a atribuição de valores numéricos (entre 0 a 100) ao peso que cada critério representará. Se o fundamento correspondente ao critério é de suma importância na escolha do fornecedor, então, este critério possuirá um peso alto, como

“Qualificação histórica no sistema” que possui um valor de 30 unidade de peso, expresso na figura 10, se caso, não apresentar grande impacto no julgamento do melhor fornecedor, possuirá um peso baixo, como “Tempo de existência da empresa” que possui um valor de 5 unidades de peso.

O terceiro passo é avaliar os critérios para cada fornecedor, na figura 10, notas de 1 a 10 foram concedidas a cada fornecedor para cada critério. Depois disso, as notas são multiplicadas pelo valor de peso atribuído ao critério, o resultado dessa multiplicação é a coluna “Média”.

A coluna “Média” é formada pela multiplicação do peso pela nota. Na parte inferior da tabela, está a linha “Total”, nesta linha, está a somatória das colunas “Peso” e “Média”. O acumulado do “Peso” sempre será 100, pois, equivale ao total de 100%. O acumulado da coluna “Média” será o valor decisivo na tomada de decisão, quanto maior o Total da coluna “Média”, maior a aderência entre as ofertas do fornecedor e a demanda do comprador.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para que os objetivos deste trabalho sejam alcançados, é necessário um estudo aprofundado sobre a água e sua importância para a vida. É essencial também uma revisão sobre hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e porque é basilar remove-los da água. O conhecimento das tecnologias mais utilizadas na remoção de HPAs é indispensável neste estudo e serão tratadas no próximo capítulo. Para que esses diferentes métodos de tratamentos sejam comparados de forma empírica é relevante que existam meios para isso. A erudição das ferramentas de Engenharia de Produção, mais especificamente as ferramentas da qualidade, serão de grande valor nessa pesquisa e estarão presentes na revisão de literatura.

A metodologia utilizada foi de Pesquisa Exploratória que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses, neste caso em particular, o trabalho elabora uma proposta de tecnologia. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso, nesta pesquisa, o estudo de caso está relacionado aos dados coletados pelo grupo de pesquisa de ótica aplicada da UFGD demonstrados na tabela 5 [1,50].

Trabalhos sistemáticos do Grupo de Ótica Aplicada, dentro da linha de pesquisa Desenvolvimento de métodos e materiais para o controle ambiental do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande mostraram quantidades muito superiores às delimitadas pelos órgãos de controle Nacional e Internacional de HPAs nas águas de um córrego no município de Dourados/MS [1, 51, 52]. Nesses trabalhos foram feitas análises em postos estratégicos dos córregos Rego D'água, Água Boa e Paragem, todos localizados na região urbana, como representados nas figuras 11 e 12. Os pontos em destaque são:

- Ponto 01 corresponde a água proveniente do Córrego Rego D'água, sob as coordenadas geográficas: S 22°25'57,9 e W 54° 82'04,9”.
- O Ponto 02 é localizado no encontro dos Córregos Água Boa e Córrego Rego D'água, sob as coordenadas geográficas S 22°25'66,3” e W 54°82'02,4”.

- Ponto 03 caracteriza-se por estar localizado próxima às fontes de emissão de HPAs, sob as coordenadas geográficas: S 22°25'90,4" e W 54°81'87,6",
- Ponto 04 corresponde a amostras do córrego Paragem, sob as coordenadas geográficas de S 22°24'64,4" e W 54°80'01,8".



Figura 11 - Localização do Córrego Água Boa e Rego D'Água e seus respectivos pontos de coleta.

Fonte: [1]; Google Maps.



Figura 12 - Localização do Córrego Paragem e seus respectivos pontos de coleta.

Fonte: [1]; Google Maps.

A tabela 5 mostra as concentrações máximas de HPAs encontradas no trabalho mais recente desses estudos, que baseou-se em análises sistemáticas sobre a concentração

de dois tipos de HPAs, o BaP (benzo(a)pireno) e o Chy (Criseno) em cada ponto de coleta [1].

Para a obtenção do método mais eficiente, e possível de ser aplicado na região de estudo, para purificação quanto à remoção dos HPAs no sistema fluvial, elaborou-se cinco estágios que são representados na figura 13.

Tabela 5 - As concentrações máximas encontradas dos HPAs BaP e Chy

Fonte: (ROSA, 2017)

HPAs	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04
Concentração BaP (ng.mL ⁻¹)	7,33	7,88	2,76	15,06
Concentração Chy (ng.mL ⁻¹)	17,86	13,06	9,96	14,39

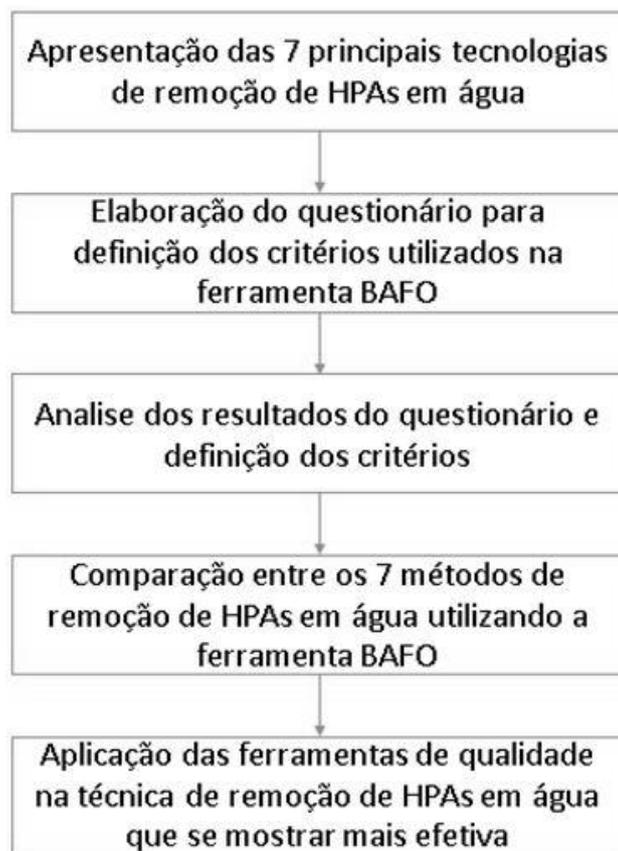


Figura 13 - Esquema representativo dos estágios utilizados para determinação do método de remoção de HPAs de acordo com o problema em questão.

Fonte: Própria

Assim, o método que apresentou os melhores resultados para a proposta desse trabalho teve sua segunda avaliação seguindo os critérios das ferramentas da qualidade, seguindo:

- a) Primeiramente, foi elaborado o gráfico de Pareto com os principais pontos de contaminação dos córregos estudados;
- b) Um questionário 5W2H foi respondido para o processo a fim de deixar mais clara a execução do método de eliminação dos HPAs;
- c) Foi realizado o PDCA, com o objetivo de melhorar a qualidade do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Escolha do método de tratamento mais adequado às condições utilizando a ferramenta BAFO

Para a escolha do método de tratamento mais adequado para a remoção de HPAs em um córrego urbano como mencionado anteriormente, foi utilizado a ferramenta de qualidade BAFO. Para que fosse possível gerar os critérios usados na técnica, foi elaborado um questionário (via *Google forms* e apresentado no apêndice A) e encaminhado a um grupo multidisciplinar de especialistas escolhidos região de Dourados¹ [53]. Neste questionário a pergunta que se referia aos critérios mais adequados de aplicação da técnica de tratamento da água foi baseada nas referências bibliográficas [54, 55, 56, 57] e continha 15 critérios para avaliação, sendo eles:

- O critério “Logística” foi avaliado principalmente em relação as medidas dos equipamentos, pois, se o equipamento é muito grande ou se precisa de um projeto muito complexo de instalação se torna inviável nos pontos de coleta. Sendo a nota 1 para maior complexidade do projeto e nota 5 para maior simplicidade.
- O critério “Custo de aquisição e manutenção” se refere ao valor de compra do equipamento, valor do projeto de instalação e valor da manutenção, portanto, nota 1 para o equipamento que possua maior custo e nota 5 para o produto que possua menor custo.
- O critério “Mão de obra” leva em consideração se é necessário algum treinamento especializado para que trabalhadores possam executar o projeto de purificação do efluente com o devido método, então, a nota 1 é referente a demanda de mão de obra muito especializada e a nota 5 está relacionada a demanda de mão de obra pouco qualificada.

¹ Foram 15 participantes entrevistados, sendo: 5 participantes da área de Engenharias (33,3%), 2 participantes da área de Ciências da Saúde (13,3%), 1 participante da área de Ciências Agrárias (6,7%), 1 participante da área de Eixo Tecnológico de Turismo, Hospitalidade e Lazer (6,7%), 5 participantes da área de Ciências Exatas e da Terra (33,3%), 1 participante de Ciências Biológicas (6,7%).

- O critério “eficiência” está relacionado a capacidade de o método de filtração conseguir eliminar as partículas de HPAs nos pontos de coleta dos efluentes em questão.
- O critério “Sustentabilidade Ambiental” avalia a os impactos ambientais que cada método ocasiona, sendo a nota 5 para a técnica menos destrutiva e nota 1 para a técnica mais destrutiva.
- O critério “Necessidade de vigilância para a integridade do equipamento” observa se é seguro instalar um equipamento de alto valor agregado em meio a áreas urbanas de Dourados – MS.
- O critério “Facilidade na obtenção de peças de reposição” examina se os equipamentos possuem assistência técnica autorizada ou assistência técnica especializada, próximas a localização da instalação, a fim de que, a falta da peça ou demora para reposição não influencie no funcionamento normal do equipamento.
- O critério “Taxa de ruído do equipamento” julga se é possível instalar um equipamento que emita uma taxa de ruídos muito elevada para a área urbana. Sendo que nossa legislação atual possui um limite de emissão de ruídos e um equipamento muito rumoroso causaria complicações com órgãos de fiscalização.
- O critério “Facilidade na obtenção da tecnologia” afere se as tecnologias utilizadas nos equipamentos em questão estão em uso contemporâneo, se não são ultrapassadas ou muito novas, dificultando a interação do equipamento com computadores, sistemas operacionais, sensores, etc.
- O critério “Complexidade do processo” observa a dificuldade de utilizar a técnica em questão, pois, se um processo possuir uma complexidade excessiva, o tempo para sua execução se torna elevado, conseqüentemente, aumentando os custos envolvidos.
- O critério “Custo de materiais de consumo” investiga o custo dos insumos do equipamento que executara a purificação da água. Pois, mesmo que o custo de aquisição seja baixo, caso o custo de insumos seja muito alto, a longo prazo o equipamento pode não se mostrar vantajoso em relação aos outros métodos comparados.
- O critério “Consumo de energia” averigua se um alto consumo de energia poderia dificultar a instalação do equipamento, pois, poderia necessitar de instalações

elétricas industriais, levando em conta que alguns dos métodos comparados são provenientes da indústria.

- O critério “Design externo do equipamento” explora a possibilidade de a aparência do dispositivo impactar no ambiente urbano, podendo atrair muita atenção ou descaracterizar as imediações da instalação.
- O critério “Tradição da tecnologia” ajuíza se existem fabricantes, marcas, instrumentos que possuem um legado na execução da tarefa em estudo.

Dos critérios apresentados aos entrevistados, cujo gráfico da figura 14 mostra as estatísticas dos escolhidos entre os entrevistados, foram selecionados os 5 mais votados, sendo eles: “Sustentabilidade Ambiental” obteve 13 votos, “Mão de obra” obteve 12 votos, “Eficiência” obteve 11 votos, “Custo de aquisição e manutenção” obteve 10 votos, “Logística” obteve 8 votos.



Figura 14 - Estatísticas de votos dos entrevistados para a definição dos critérios da técnica BAFO.

Fonte: Própria

Por questão de simplicidade e de esgotamento das possíveis técnicas de extração de HPAs em larga escala, apresentadas na literatura, a técnica BAFO foi aplicada somente em cima dos critérios selecionados e métodos apresentados na tabela 1, cada um com o mesmo

peso, para evitar qualquer tipo de vantagem de um critério em relação a outro. A tabela 6 foi organizada segundo os procedimentos da técnica BAFO.

Foi levado em consideração que os dois córregos estudados não ocupam uma grande área, são estreitos e passam pelo meio da cidade bem próximo a casas, comércios e vias públicas impossibilitando assim a instalação de grandes equipamentos como: Hidrociclones, Flotadores, Vasos desgaseificadores, equipamentos para eletrofloculação e SAO – (Separador de água e óleo) pois, ficariam expostos a população em geral, gerando ruído, resíduos e podendo ser alvo de vandalismo ou outras formas de sinistro.

Com esses resultados em consideração e com a elaboração da tabela 6, os métodos de adsorção em carvão ativado e adsorção em diatomito tiveram os melhores resultados na avaliação geral, em razão de terem sua implantação facilitada em relação aos métodos citados anteriormente. A tabela 7 mostra a classificação final dos métodos comparados.

Tabela 6 - Escolha do melhor método utilizando a tabela BAFO (Parte 1).

Fonte: Própria

Critério	Peso	Hidrociclones		Flotadores		Vasos desgaseificadores		Adsorção em carvão ativado		Eletrofoculação		SAO (Separador de água-óleo)		Diatomito	
		Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média
Logística	20%	2	0,4	1	0,2	1	0,2	4	0,8	2	0,4	3	0,6	4	0,8
Custo aquisição e manutenção	20%	4	0,8	4	0,8	1	0,2	3	0,6	3	0,6	3	0,6	4	0,8
Mão de Obra	20%	2	0,4	2	0,4	1	0,2	4	0,8	1	0,2	3	0,6	4	0,8
Eficiência	20%	3,5	0,7	1	0,2	1	0,2	4	0,8	3	0,6	3	0,6	4,5	0,9
Sustentabilidade Ambiental	20%	3	0,6	1	0,2	1	0,2	4	0,8	4	0,8	4	0,8	3,5	0,7
Total (De 1 a 5)	100%		2,9		1,8		1		3,8		2,6		3,2		4

Tabela 7 - Classificação geral dos métodos comparados seguindo os critérios elaborados e o método BAFO.

Fonte: Própria

Classificação	Método	Nota
1	Diatomito	4
2	Adsorção em carvão ativado	3,8
3	S.A.O. (Separador de água-óleo)	3,2
4	Hidrociclones	2,9
5	Eletrofloculação	2,6
6	Flotadores	1,8
7	Vasos desgaseificadores	1

4.2 Outras Ferramentas da Qualidade

A partir de agora, usando o método Adsorção em Diatomito como proposta adequada para o tratamento da água nas especificações desse trabalho, aplicou-se as ferramentas de qualidade para analisar mais a fundo alguns detalhes que possam ser melhorados nesse método.

O 5W2H foi utilizado como 4W1H pois, é complicado mensurar o custo total sem maiores análises dos córregos, suas vizinhanças, transporte dos materiais e infraestrutura já existente, além de que não haverá uma data específica para o início de implantação do projeto. Este 4W1H contempla os responsáveis pelo projeto, a justificativa, como deve ser feito e onde será feito. Na tabela 8 estão demonstrados os detalhamentos do planejamento do projeto de purificação dos efluentes com o foco na eliminação de partículas de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPAs. As perguntas são respondidas com o intuito de deixar claro as especificidades do projeto.

Tabela 8 - Quadro com respostas ao método 4W1H para o método de purificação de Adsorção por Diatomito.

Fonte: Própria

O QUE ?	COMO?	QUEM?	ONDE?	POR QUÊ?
Execução do projeto de purificação de efluentes com foco na eliminação de partículas de Hidrocarbonetos Policíclicos aromáticos – HPAs,	Utilizando o método de adsorção em Diatomito.	Equipe contratada para executar o projeto.	Córregos na região urbana da cidade de Dourados – MS.	Para eliminação de partículas de HPAs em efluentes da região urbana de Dourados – MS. A fim de diminuir os riscos de contaminação dos indivíduos que habitam nesse ecossistema.

O PDCA exhibe uma estratégia para melhoria contínua da aplicação do método de purificação por Adsorção por Diatomito. Na figura 15 está representado o ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de melhoria contínua. Para o propósito escolhido o ciclo mostra como o projeto de purificação dos efluentes, com o foco na eliminação de HPAs, pode ser melhorado a cada vez que for aplicado. Dessa forma, tendendo sempre a uma eficiência melhor. Os passos a serem seguidos são: 1 – Planejamento; 2 – Execução; 3 – Verificação; 4 – Ação.

No passo 1 (Planejamento) o primeiro estágio é a identificação do problema. Foi constatada a alta incidência de HPAs nos córregos de Dourados, como já demonstrado na Tabela 5. O segundo estágio é a análise do fenômeno; para esse estágio do passo 1, foi utilizada como base a dissertação [1]. O terceiro estágio do passo 1 é a definição do plano de ação para combater o problema identificado no estágio 1 do passo 1; nesta parte foi definida qual a técnica com maior viabilidade econômica para os pontos estudados em questão utilizando a técnica BAFO. Para isso, utilizamos o 5W2H, no modelo de 4W1H que determina os detalhes do projeto de purificação de efluentes de HPAs.

No passo 2, seria feita a execução do projeto de purificação de efluente. Nesse caso, seria a execução da purificação pelo método de adsorção em Diatomito, que foi identificado como o melhor método entre os 7 analisados.

O passo 3 é de verificação. O primeiro estágio deste passo é a Verificação de eficiência do projeto, para isso, seria necessário que fosse programada uma rotina de coleta de amostras no efluente que estivesse recebendo o tratamento, da mesma forma que foram feitas na análise do problema, dessa forma, no estágio 2 (Análise de resultados) poderemos comparar o grau de contaminação antes e depois da aplicação do Diatomito e no passo 3 (Análise de qualidade) verificar se o método é eficiente ou não.

No passo 4 (Ação), os resultados do projeto são analisados e se o projeto for considerado ineficiente, surge a necessidade de ser reformulado, se se mostrar eficiente, é tomada uma ação para alguma melhoria de sua aplicação. Então, o ciclo retorna ao passo 1 e continua “girando”, por isso é conhecido como ciclo de melhoria contínua.



Figura 15 - PDCA – Ciclo de melhoria contínua aplicado a execução do projeto de adsorção em diatomito.

Fonte: Própria

Por fim foi elaborado o Diagrama de Pareto, o qual coloca em evidencia os pontos de coleta que são considerados prioridade no tratamento dos efluentes pois, possuem uma concentração HPA mais elevada, de acordo com a referência [1].

A figura 16 é um diagrama de Pareto que relaciona aos dados da tabela 2, que mostra as concentrações de HPA Criseno (ChY) nos pontos de coleta já citados acima. Para a construção do gráfico de Pareto foram adotados os procedimentos descritos na sessão 3.2, obtidos das referências [42,43,44,45]. A linha em laranja demonstra o percentual de concentração acumulado. A imagem demonstra quais são os pontos prioritários que necessitam de tratamento em relação ao Criseno (ChY). O que está dentro do retângulo vermelho é titulado como prioridade classe A, possui um alto impacto no processo e necessita de atenção máxima, o que está dentro do retângulo amarelo demonstra prioridade de classe B, causam um impacto moderado no processo e necessita de atenção média dos gestores. O que está dentro do retângulo verde, demonstra prioridade de classe C, ocasiona um impacto mínimo no processo e necessita de atenção periódica. Neste caso o ponto 1 foi enquadrado dentro da Classe A, o ponto 4 e ponto 2 foram enquadrados dentro da classe B, enquanto o ponto 3, foi avaliado como classe C.

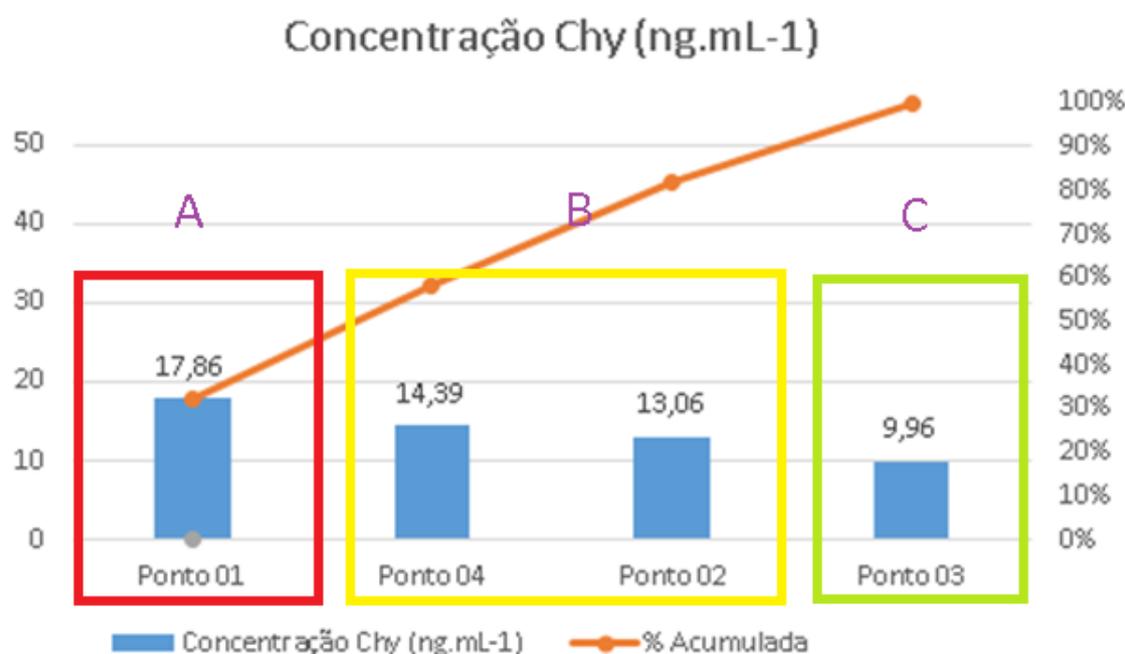


Figura 16 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à contaminação por Chy (ng.mL-1) nos córregos Água Boa, Rego D'água e Paragem.

Fonte: Própria

A figura 17 é um diagrama de Pareto elaborado da mesma forma que o gráfico da figura 16, contudo para as concentrações de Benzo(a)Pireno (BaP) nos pontos de coleta. A linha em laranja demonstra o percentual de concentração acumulado. A imagem demonstra quais são os pontos prioritários que necessitam de tratamento em relação ao (BaP). O que está dentro do retângulo vermelho é titulado como prioridade classe A, possui um alto impacto no processo e necessita de atenção máxima. O que está dentro do retângulo amarelo demonstra prioridade de classe B, causam um impacto moderado no processo e necessita de atenção média dos gestores. O que está dentro do retângulo verde, demonstra prioridade de classe C, ocasiona um impacto mínimo no processo e necessita de atenção periódica. Neste caso, o ponto 4 é considerado classe A, o ponto 2 e ponto 1 é considerado classe B e o ponto 3 é considerado classe C.

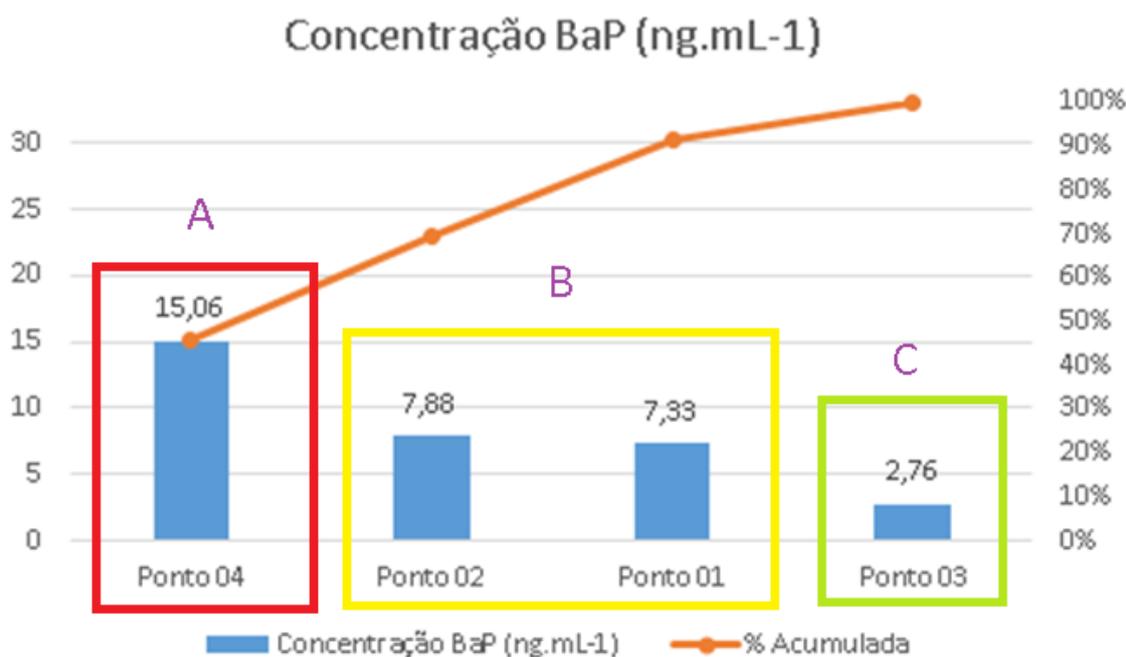


Figura 17 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à contaminação por BaP (ng.mL-1) nos córregos Água Boa, Rego D'água e Paragem.

Fonte: Própria

Por fim, um terceiro Diagrama de Pareto é feito, relacionando as figuras 17 e 18, esse terceiro gráfico de Pareto demonstra a contaminação acumulada de Chy (ng.mL-1) e BaP (ng.mL-1) com o objetivo de indicar qual dos quatro pontos é considerado o ponto prioritário na execução do tratamento de água para descontaminação por remoção de

HPAs. Na figura 19, foram somadas as concentrações de Chy e BaP em cada ponto, demonstrando que o ponto 4 está classificado na Classe A, os pontos 1 e 2, classificados na Classe B e o ponto 3, classificado na Classe C.

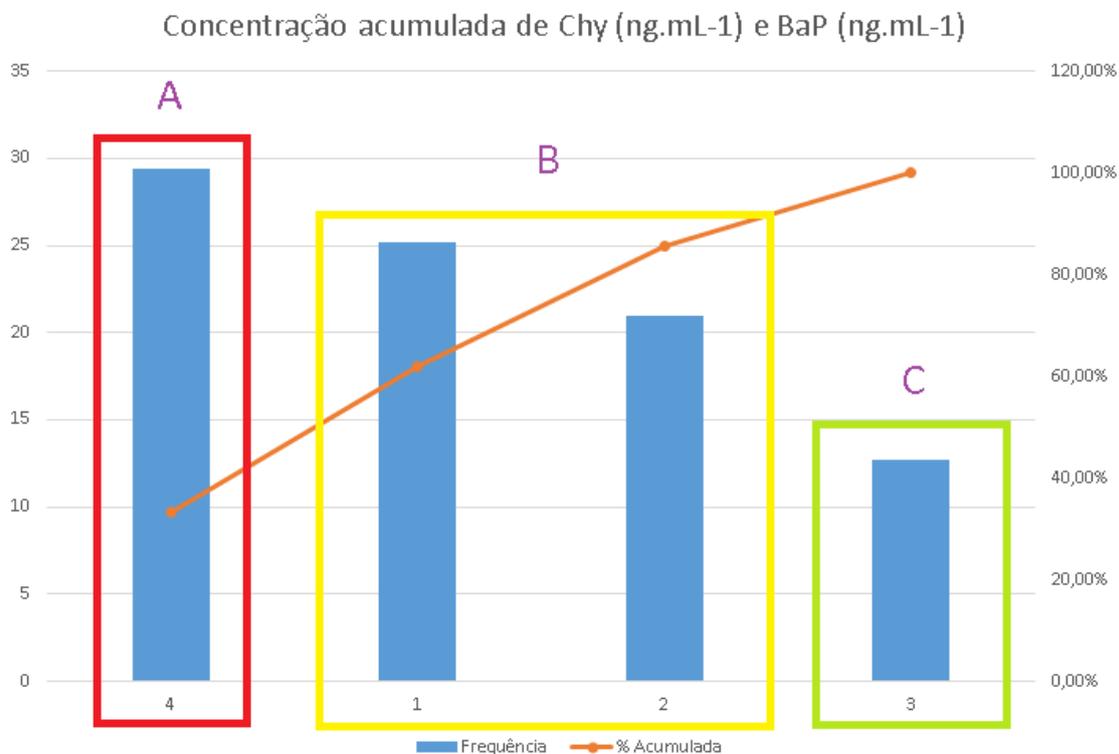


Figura 18 - Diagrama de Pareto demonstrando quais são as prioridades de tratamento em relação à concentração acumulada de Chy (ng.mL-1) e BaP (ng.mL-1) nos córregos Água Boa, Rego D'água e Paragem.

Fonte: Própria

O PDCA não é uma ferramenta, é um método cíclico que englobará as ferramentas 5W2H e Diagrama de Pareto. Para definirmos o passo 1 (Planejamento) que será a execução do projeto de adsorção em diatomito, são necessários os resultados do diagrama de Pareto, que indicam quais são as prioridades a serem ponderadas. E também os resultados do 5W2H que além de definir um plano de ação estabelece metas claras a serem alcançadas. Mesmo o 5W2H e o diagrama de Pareto parecendo ferramentas muito simples, o impacto que causam na execução do projeto é interessante. Na possível execução do método de adsorção em Diatomito, o 5W2H e o diagrama de Pareto auxiliarão a elaboração do plano de ação e nos mostrará quão distante a situação do projeto durante o andamento

está dos objetivos definidos anteriormente, funcionando como um roteiro a ser seguido durante o empreendimento evitando improvisações e fazendo uma prevenção das possíveis eventualidades que possam causar grandes impactos no cronograma.

5 CONCLUSÕES

Um levantamento dos principais procedimentos de descontaminação de HPAs foi analisado, sendo estes: Adsorção em Diatomito, Adsorção em Carvão Ativado, SAO (Separado de água-óleo), Hidrociclones, Eletrofloculadores, Flotadores, e Vasos Desgaseificadores. Estes métodos foram comparados utilizando a ferramenta BAFO – *Best And Final Offer*, que indicou a tecnologia de Adsorção em Diatomito como a mais efetiva para os córregos urbanos de Dourados, MS. Em seguida o 5W2H foi elaborado no modelo 4W1H que indicou um possível plano de ação para a execução do projeto, depois, o diagrama de Pareto foi executado com os dados das concentrações de Chy e BaP demonstrando o ponto 04 como prioritário na aplicação da tecnologia e por fim, o ciclo PDCA foi gerado e concebeu uma estratégia para melhoria contínua da aplicação do método de purificação por Adsorção por Diatomito. Com esses resultados, este trabalho propõem a utilização da técnica de Adsorção em Diatomito aplicada em ponto estratégico do córrego em estudo (ponto 04).

6 TRABALHOS FUTUROS

Para um aumento na eficiência do processo de descontaminação, poderia ser feita uma simulação por meio de um algoritmo de Monte Carlo elaborado na linguagem de programação C++, com a finalidade de prever as regiões com a maior concentração de HPAs nos efluentes. Esse algoritmo utilizaria uma equação de difusão baseada na teoria de fenômenos de transporte de nanomateriais em fluidos, deduzida a partir da lei de Fick e entregaria as possíveis coordenadas espaciais com maior concentração de HPAs que poderiam ser comparadas com os dados do Diagrama de para experienciar sua validade.

Seria interessante também, a aferição da efetividade prática do método de Adsorção em Diatomito, para confrontarmos os resultados encontrados na tabela BAFO.

O questionário da escolha dos critérios poderia ser ampliado para mais participantes de áreas distintas para que seja possível comparar os resultados.

Outras metodologias de comparação poderiam ser utilizadas ao invés do BAFO, para que possamos analisar a variação dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ROSA, Lucilene dos Santos. **Determinação de HPAs no sistema fluvial do município de Dourados/MS**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Cap. 5.
- [2] RESENDE, Leonardo Lomba. **Monitoramento de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e n-alcanos em amostras de água e tecidos de peixe da Baía de Guanabara- RJ**. 2012. 33 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química, Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica – Puc Rio, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2012/relatorios_pdf/ctc/QUI/QUI-Leonardo%20Lomba%20Resende.pdf. Acesso em: 08 mar. 2020.
- [3] NETTO, Annibal D. Pereira et al. **Avaliação da contaminação humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e seus derivados Nitradados (NHPAs): Uma revisão metodológica**. Química Nova, Rio de Janeiro, p.765-773, 23 jun. 2000. Mensal.
- [4] NETTO, Annibal D. Pereira. **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO HUMANA POR HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAS) E SEUS DERIVADOS NITRADADOS (NHPAS): UMA REVISÃO METODOLÓGICA**. Química Nova. Rio de Janeiro, p. 1-9. jun. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n6/3533.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2020.
- [5] ROCHA, Sabrina Mesquita; NISHIO, Fernando Yoshiki. **Contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em Mananciais: evidências de risco à saúde no Município de São Paulo**. Interfacehs, São Paulo, v. 1, n. 11, p.74-92, 1 jun. 2016. Mensal. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2016/06/7.11.1.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.
- [6] GUIMARÃES, Débora Karina da Silva et al. **Argilas aplicadas ao tratamento de água contaminada com HPAs**. In: CONEPETRO, 3., 2016, Natal. Workshop. Natal: Conepetro, 2016. p. 1 - 8.

- [7] HORTELAN, André Luis dos Santos Hortelan. **Uma proposta de estudo do transporte de nanomateriais no solo por uma análise computacional**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014. Disponível em: <[http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-CIENCIA-TECNOLOGIA-AMBIENTAL/7.%20%E2%80%9CUma%20proposta%20de%20estudo%20do%20transporte%20de%20nanomateriais%20no%20solo%20por%20uma%20an%C3%A1lise%20computacional%E2%80%9D\(2\).pdf](http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-CIENCIA-TECNOLOGIA-AMBIENTAL/7.%20%E2%80%9CUma%20proposta%20de%20estudo%20do%20transporte%20de%20nanomateriais%20no%20solo%20por%20uma%20an%C3%A1lise%20computacional%E2%80%9D(2).pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- [8] SILVA, Marina. RESOLUÇÃO No 357. **Publicada no Dou Nº 053, de 18/03/2005**. Brasília, p. 58-63. mar. 2005
- [9] BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Revista do Bndes. Rio de Janeiro, p. 143-165. dez. 1997. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11774/2/RB%2008%20A%20pol%C3%ADtica%20de%200recursos%20h%C3%ADricos%20no%20Brasil_P_BD.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.
- [10] DENARDIN, Valdir F.; SULZBACH, Mayra T. **Fundamentos econômicos da lei, recursos hídricos - LEI nº 9.433**. Teoria e Evidência Econômica. Passo Fundo, p. 9-27. 28 maio 2007. Disponível em: <http://cepeac.upf.br/download/rev_n28_2007_art1.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.
- [11] BARROS, B. S. X. & BARROS, Z. X. **A Cultura da cana-de-açúcar como fator de risco para os córregos e as nascentes**. Irriga, Botucatu, Vol. 21, n. 1, p. 202-210. 2016.
- [12] BETTIN, S. M.; FRANCO, D. Wagner. **Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em aguardentes**. Ciênc. Tecnol. Alimentos. Campinas, p. 234-238. jun. 2005.
- [13] AZEVEDO, J. A. H.; ARAUJO, R. S.; SILVA, G. M. M.. **Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos atmosféricos de fontes automotivas: Uma breve revisão**. Holos. Limoeiro do Norte, p. 102-114. mar. 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1234/643>>. Acesso em: 19 out. 2017.
- [14] MELO, Maria Jucilene de Macedo. **Estudo de métodos de tratamentos de efluentes (Troca iônica e eletroquímico) separados e sequenciais para eliminação de derivados de petróleo**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Ufrn, Natal, 2014. Cap. 2.

- [15] BISHT, Sandeep et al. **Bioremediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) using rhizosphere technology**: Sociedade Brasileira de Microbiologia. **Brazilian Journal Of Microbiology**. Sao Paulo, p. 7-21. 21 jul. 2015.
- [16] SALES, Camila Mendonça Romero et al. **Análise da redução de custos com a implantação de Hidrociclones em uma plataforma da Bacia de Campos**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão 9., 2013, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Cneg, 2013. p. 1 - 23. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/filebrowser/download/15480>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- [17] GOBBI, Lorena Cristina Abrahão. **Tratamento de água oleosa por eletrofloculação**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de pós-graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013. Cap. 3. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6753_LorenaGobbi.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.
- [19] EWERLING, Alessandro; DOMINGUÊS, Maykon Douglas do Amaral. **EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE ELETROFLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DO EFLUENTE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL**. 2014. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Câmpus Medianeira, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ufpr, Medianeira, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5516/1/MD_COGEA_2014_2_09.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- [20] EL-NAAS, M. H.; AL-ZUHAIR, S.; AL-LOBANEY, A.; MAKLOUF S. **Assessment of electrocoagulation for the treatment of petroleum refinery wastewater**. Journal of Environmental Management, v. 91, p. 180-185, 2009.
- [21] VEOLIA (Holanda). **TiPSS TECHNOLOGY: Cross Flow Corrugated Plate Interceptor (cfCPI)**. Disponível em: <<http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/3820-Veolia-Water-Technology-TiPSS-Cross.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- [22] <https://www.tad.usace.army.mil/Portals/53/docs/TAA/AEDDesignRequirements/AED%20Design%20Requirements%20-%20Oil-Water%20Separator_Mar_09.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- [23] NATURALTEC (Org.). **Flotação e Flotadores: Tratamento Preliminar da Água**. 2019. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/flotadores/>>. Acesso em: 20 set. 2019.
- [24] PETROBRAS, Petróleo Brasileiro S.A., Escola de Ciências e Tecnologia E&P. Roni Fábio Dalla Costa. **Sistemas marítimos de produção I “Instalações de superfície”**. Salvador, 2008.
- [25] IMA EUROPE. Produced by IDPA – International Diatomite Producers Association. Disponível em: <http://www.ima-eu.org/fileadmin/downloads/minerals/Diatomitefactsheet.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

- [26] POLAKIEWICZ, Lilian. **Estudo de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nos estuários de Santos e São Vicente/SP utilizando diatomito como material adsorvente**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-21092009-164034/publico/LilianPolakiewicz.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- [27] POZZATO, Júlio César Gorla. **TESTE DE EFICIÊNCIA DE TERRA DIATOMÁCEA (TD), PARA CONTROLE DE BARATA ALEMÃ (Blatella germanica)**. 2008. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de Entomologia Urbana, Campus Rio Claro, Unesp, São Paulo, 2008.
- [28] SOCCOL, Olívio José. **Construção e avaliação de hidrociclone para pré-filtragem da água de irrigação**. 2003. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Irrigação e Drenagem, Usp, Piracicaba, 2003.
- [29] SOCCOL, Olívio José. **CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE HIDROCICLONE PARA PRÉ-FILTRAGEM DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**. 2003. 109 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Usp, Piracicaba, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-07042003-160009/publico/olivio.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- [30] INDUSTRIAL, Seven Flotador. **FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA PARA PRODUTOS QUÍMICOS**. Sertãozinho: Sevens Indústria e Comercio, 2011. 5 p. Disponível em: <https://www.pratika.com.br/files/site/uploads/produtos/SEVEN_FLOTADOR_INDUSTRIAL_-_SEVENGEL.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- [31] COMPANY, Derrick Equipment. **VACU-FLO 1200 DESGASEFICADOR: UNIDADE N- DG000387 E POSTERIOR**. Houston: Derrick Equipment Company, 2012. 88 p. Disponível em: <<http://www.brasilco.com.br/images/equipamentos-derrick/manual-portugues-derrick/degasser-portuguese.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- [32] RHEINHEIMER, Martin Oscar Witzke. **Remoção de Paracetamol por Adsorção em Carvão Ativado: Processo em Batelada e Coluna de Leito Fixo**. 07. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Cap. 2016.
- [33] SHAHBEIG, H. et al. **A new adsorption isotherm model of aqueous solutions on granular activated carbon**. World journal of modelling and simulation, 2013. v. 9, n. 4, p. 243–254.

- [34] RAMALHO, A. M. Z. **Estudo de Reatores Eletroquímicos para Remoção de Cu²⁺, Zn²⁺, fenol e BTEX em água Produzida**. 2008. Dissertação de mestrado de Ciência e Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN, Brasil.
- [35] CRESPILO, Nelson. F; REZENDE, Maria. O. **Eletroflotação: Princípios e aplicações**, 2004.
- [36] LAUTENCHLEGER, Eliezer Paulo. **Ferramentas da qualidade, uma abordagem conceitual**. 5^o Semana Internacional de Engenharia e Economia Fator. Horizontina, p. 1-9. out. 2015. Disponível em: <<http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2015/FerramentasDaQualidade.PDF>>. Acesso em: 06 nov. 2017.
- [37] MANFIO, Noelise Martins; LACERDA, Daniel Pacheco. **Definição do escopo em projetos de desenvolvimento de produtos alimentícios: uma proposta de método**. 2013. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/2015nahead/0104-530X-gp-0104-530X1009-13.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- [38] LISBÔA*, Maria da Graça Portela; GODOY, Leoni Pentiado. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto**. A JOIA. Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering. Florianopolis, p. 32-47. out. 2012. Disponível em: <[http://pakacademicsearch.com/pdf-files/eng/321/32-47_Vol_4,_No_7_\(2012\).pdf](http://pakacademicsearch.com/pdf-files/eng/321/32-47_Vol_4,_No_7_(2012).pdf)>. Acesso em: 29 out. 2017.
- [39] SEBRAE. **Ferramenta 5W2H**. Disponível em: <http://www.sebraepr.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Guia_para_inovacao_instrumento_de_orientacao.pdf>. Acesso em: 29 out. 2017.
- [40] TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de auto-peças**. 2010. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2010.
- [41] TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. Á.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, G. H. S. **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [42] Subprocuradoria -geral de Justiça Para Assuntos de Planejamento Institucional. **CURSO PARA GESTÃO DE PROCESSOS**: Curitiba: Subplan, 215. 8 slides, color. [Http://www.planejamento.mppr.mp.br/](http://www.planejamento.mppr.mp.br/). Disponível em: http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/gerenciamento_de_processos/modulo_1_oficina_3_reuniao_9.pdf. Acesso em: 13 mar. 2020.
- [43] MAGRI, Juliana Maria. **APLICAÇÃO DO MÉTODO QFD NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE CASO EM UM RESTAURANTE**. 2009. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

[44] SOUSA, Emanuely Paskally Medeiros et al. Aplicação das ferramentas da qualidade em uma gráfica norterio-grandense. **Seprone: VI simpósio de engenharia de produção da região nordeste**. Mosoró, p. 1-9. jun. 2011.

[45] MACÊDO, Rose Meire Penha Revorêdo de. O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO GERENCIAMENTO DO LIXO HOSPITALAR. In: ENEGEP, 20., 2001, Natal. **Artigo**. Natal: Enegep, 2001. v. 1, p. 1 - 7.

[46] BIANCA TAMY RODRIGUES (Bela Vista). **DIAGRAMA DE PARETO**: Bela Vista, São Paulo: Envision Tecnologia, 2015. 9 slides, color.

[47] **Ciclo de Deming ou ciclo PDCA**. Disponível em: <<https://scsampaio.files.wordpress.com/2011/12/ciclo-de-deming-ou-ciclo-pdca.pdf>> Acesso em 30 de outubro de 2017.

[48] PACHECO, Ana Paula Reusing; SALLES, Bertholdo Werner; GARCIA, Marcos Antônio. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: Uma abordagem sistêmica**. 2010. 10 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento., Ppgegc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://issbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf>> Acesso em 30 de outubro de 2017.

[49] PAES, Evandro Silva; VILGA, Vaine Fermoseli. **Gestão de projetos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.a., 2016. 284 p.

[50] GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

[51] RODRIGUES, Jônatan Moreira. **Estudo de Viabilidade da Técnica de Espectroscopia de Fluorescência Sincronizada para Identificação Simultânea de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em Matrizes Líquidas**: .. 2013. 70 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

[52] OLIVEIRA, Rosemeire Aparecida Nunes. **DETERMINAÇÃO DOS HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS PIRENO E BENZO[A]PIRENO EM AMOSTRAS DE ÁGUA COM APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA SINCRONIZADA COM DIFERENTES EXTRAÇÕES**: .. 2013. 70 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

[53] <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_sto_103_685_13053.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

[54] SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu et al. **Gestão da manutenção**: máquinas e equipamentos: manutenção e reparos. Londrina: Educacional S.a., 2017. 208 p. (KLS).

[55] RIO GRANDE DO SUL. SENAI. (org.). **Implementação de equipamentos e dispositivos**: Londrina: Educacional S.a., 2017. 149 p. (Automação industrial). Módulo específico 1.

[56] RIO GRANDE DO SUL. SENAI. (org.). **Gestão da manutenção**: Londrina: Educacional S.a., 2017. 149 p. (Automação industrial). Módulo específico 1.

[57] RIO GRANDE DO SUL. SENAI. (org.). **Manutenção de equipamentos e dispositivos**: Londrina: Educacional S.a., 2017. 149 p. (Automação industrial). Módulo específico 1.

APÊNDICE A - QUESTIONARIO ELABORADO PARA DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DA TÉCNICA BAFO

Pesquisa de opinião para trabalho de Mestrado

O questionário faz parte de um trabalho de mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados. Tem o objetivo de analisar quais os critérios são mais importantes na escolha de um método de filtração de efluentes nos córregos urbanos de Dourados MS. Obs: Os dados dos participantes não serão divulgados. Serão analisadas apenas as respostas relacionadas ao tema.

Insira seu nome completo:

Texto de resposta curta

Qual sua área de conhecimento?

- Ciências Exatas e da Terra
- Ciências Biológicas
- Engenharias
- Ciências da Saúde
- Ciências Agrárias
- Ciências Sociais Aplicadas
- Ciências Humanas
- Outros...

Insira seu curso de graduação

Texto de resposta curta

⋮

Insira seu(s) curso(s) de Pós Graduação Lato Sensu (se possuir)

Não possuo

Outros...

Insira seu curso de Mestrado Stricto Sensu (Se possuir)

Não possuo

Outros...

Insira seu curso de Doutorado Stricto Sensu (Se possuir)

Não possuo

Outros...

Selecione 5 critérios entre os 15 listados a seguir que considera mais importante no tratamento de água nos córregos urbanos de Dourados.

- Logística
- Custo de aquisição e Manutenção
- Mão de obra
- Eficiência
- Sustentabilidade Ambiental
- Tradição da tecnologia
- Design externo do equipamento
- Consumo de energia
- Custo de materiais de consumo
- Complexidade do processo
- Facilidade na obtenção da tecnologia
- Taxa de ruído do equipamento
- Facilidade na obtenção de peças de reposição
- Necessidade de vigilância para a integridade do equipamento
- Outros...