

# Projeto básico de engenharia: tratamento da água de lavagens de veículos para fins de reuso

*Basic Engineering Project: water treatment of vehicle washes for reuse purposes*

Ana Júlia Delarme Salomé, Geovanna Martins Bellotto, Micheli Tutumi de Araujo, Nicolle Silva da Silva e William Raniele Martins Ferreira. Prof. Alexandre Saron.

Centro Universitário SENAC – CAS

Departamento de Ciências Exatas - Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária

anajuliasalome@hotmail.com, gbellotto98@gmail.com, michelit.senac@gmail.com,  
nicolle.sseanac@goamil.com, williamraniele@gmail.com

**Resumo.** A lavagem de veículos está entre as atividades que consomem grandes volumes de água potável. De acordo com os autores Boluarte *et al.* (2016) e Huybrechts *et al.* (2002 *apud* SUBTIL *et al.*, 2016), o consumo do processo padrão de lavagem de carros pode chegar a 200 L de água por veículo, enquanto para a lavagem de caminhões esse valor pode variar de 350 a 900 L de água por veículo, de acordo com a tecnologia de lavagem. Considerando esse grande consumo, o reuso de água nos lava-rápidos tem ganhado destaque (MORELLI, 2005). Percebendo-se esta oportunidade, teve-se como objetivo propor um sistema de reuso de água em um lava-rápido. Para isso, foram realizados levantamento de dados secundários e dimensionamentos das unidades de processos. Todas as etapas de dimensionamento seguiram critérios e dados da ABNT NBR 12216:1992 e autores especialistas da área de saneamento e hidráulica.

**Palavras-chave:** estação de tratamento de água, reuso de água, lava-rápido.

**Abstract.** Car wash is among the activities that consume large volumes of drinking water. According to the authors Boluarte *et al.* (2016) and Huybrechts *et al.* (2002), the consumption of the standard car washing process can reach 200 L of water per vehicle, while for truck washing this value can vary from 350 to 900 L of water per vehicle, according to the washing technology. Considering this large consumption, the reuse of water in the washer has gained prominence (MORELLI, 2005). Realizing this opportunity, the objective was to propose a water reuse system in a car wash. For this, secondary data collection and process unit dimensioning were performed. All the sizing steps followed criteria and data of ABNT NBR 12216:1992 and expert authors of the area of sanitation and hydraulics.

**Key words:** water treatment station, water reuse, car wash.

**Projeto Integrador VII**

**Código: BEAS\_PI\_VII\_G02**

## 1. Introdução

A lavagem de veículos está entre as atividades que consomem grandes volumes de água potável. De acordo com os autores Boluarte *et al.* (2016) e Huybrechts *et al.* (2002 *apud* SUBTIL *et al.*, 2016), o consumo do processo padrão de lavagem de carros pode chegar a 200 L de água por veículo, enquanto para a lavagem de caminhões esse valor pode variar de 350 a 900 L de água por veículo, de acordo com a tecnologia de lavagem. Considerando esse grande consumo, o reuso de água nos lava-rápidos tem ganhado destaque em diversos países, como Estados Unidos e Japão, onde já existe legislação própria para o assunto (MORELLI, 2005).

De acordo com os Arts. 1º e 2º da Lei nº 16.160/2015, os lava-rápidos devem captar, tratar e armazenar água para reutilizá-la em atividades com uso de água de qualidade não potável. O Art. 3º determina que se deve observar as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ABNT NBR 12216:1992 apresenta condições para a elaboração de projeto de estação de tratamento de água destinada à produção de água potável para abastecimento público. Ainda que a Lei nº 16.160/2015 defina o reuso da água para fins não potáveis, serão consideradas as condições apresentadas na ABNT NBR 12216:1992.

Para o lançamento de efluentes no Brasil, são definidos padrões e condições na Resolução CONAMA nº 430/2011. No Estado de São Paulo, o Decreto nº 8.468/1976 estabelece padrões de lançamento de efluentes em coleções de água e sistema público de esgotos nos seus Arts. 18 e 19 respectivamente, sendo o Art. 19-B válido para efluentes líquidos, excetuados os de origem sanitária.

### Área de estudo

O lava-rápido estudado encontra-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. De acordo com o seu proprietário, os veículos a serem lavados entram no local e se direcionam para a área com paredes cobertas por azulejos. Nessa área é realizada a lavagem dos carros (Figura 1), de modo que a água utilizada no processo cai no chão e escoar para um ralo onde é acumulada a maioria dos detritos que saem da lavagem (Figura 2). De acordo com o proprietário, a água resultante da lavagem é direcionada para o esgoto. Os produtos utilizados durante a lavagem são Brancol, Limpa Bau e Solupan.

Figura 1. Local de lavagem dos carros.



Figura 2. Ralo para onde é direcionada a água.



Fonte: Autoria própria, 2019.

## 2. Revisão bibliográfica

Para melhor compreensão dos processos envolvidos no tratamento convencional, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os mesmos.

## **Tratamento preliminar**

Para lava-rápidos, antes do tratamento convencional, faz-se necessário um tratamento preliminar, com caixa de areia e separador de água e óleo (SAO). Esse tratamento é responsável pela remoção de sólidos grosseiros, como areia e também pela remoção das gorduras presentes na água residual, isto é, o propósito desta etapa é facilitar e proteger as etapas seguintes, evitando obstruções dos circuitos hidráulicos e contaminações das águas (assim o processo se torna mais eficiente) (MONTE, 2016). A caixa de areia tem como finalidade a remoção do material granular arenoso (VASCONCELOS; GOMES, 2009), ou seja, retira as partículas menores que passaram pelas grades. As partículas sendo mais densas que a água se deposita na areia (VARELA, 2015), mas no projeto apresentado não terá a etapa de gradagem (grades).

Segundo Vasconcelos e Gomes (2009), o SAO consiste em caixas separadoras de óleos e graxas para remover óleo flutuante, gasolina, compostos de petróleo leves e graxas presentes na água residuária. Os autores também afirmam que o SAO retira todo o óleo livre proveniente de vazamentos dos carros lavados.

## **Coagulação (mistura rápida)**

Segundo Cardoso *et al.* (2008) a coagulação é um processo no qual um agente coagulante é adicionado a água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão. Ou seja, envolve a aplicação de produtos químicos para precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas por outros processos.

Para o processo de coagulação são essenciais duas etapas: a mistura rápida e a mistura lenta (também conhecida como floculação). A mistura rápida busca uma distribuição uniforme dos coagulantes na água, de forma que todas as partículas tenham contato com os sais de ferro e alumínio, ou com os polímeros e tem por finalidade promover a dispersão do coagulante o mais rapidamente possível, porque as reações de desestabilização dos coloides por neutralização de carga ocorrem em frações de segundos e são irreversíveis (MARTINS, 2014).

O agente físico para a realização tanto da coagulação quanto da floculação é a agitação mais ou menos intensa da água por meio da operação de mistura. O grau de agitação ou intensidade da mistura é avaliado pelo parâmetro gradiente de velocidade (RICHTER, 2009).

Em relação a determinação das condições ideais de mistura rápida como gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração de coagulante, a ABNT NBR 12216:1992 recomenda que devem ser feitas através de ensaios de laboratório, conhecidos como *jar test*.

## **Floculação (mistura lenta)**

A floculação ocorre a partir de dois mecanismos básicos que são: adesão, que corresponde a desestabilização das partículas no fluido em decorrência a adição de agente químico e transporte, referente a agitação realizada no meio que provoca a colisão entre as partículas desestabilizadas para a formação de agregados (THOMAS *et al.*, 1999 *apud* DUTRA, 2017).

A formação de flocos pode ocorrer: devido a energia térmica denominada de difusão browniana (floculação pericinética), ao gradiente de velocidade no meio (floculação ortocinética) e de suas diferentes velocidades de sedimentação (sedimentação diferencial). No tratamento de água os coloidais dispersos são relativamente grandes, dessa forma as interações ortocinéticas e por sedimentação diferencial ocorrem com maior frequência se comparado com as interações pericinéticas (MORUZZI *et al.*, 2016).

Com o crescimento dos flocos o mecanismo de transporte das partículas acontece impondo gradientes de velocidade na mistura (floculação ortocinética) e pelas

diferenças de velocidade das partículas individuais (sedimentação diferencial) (KRAMER; CLARK, 1997 *apud* HESPANHOL, 2018).

## Decantação

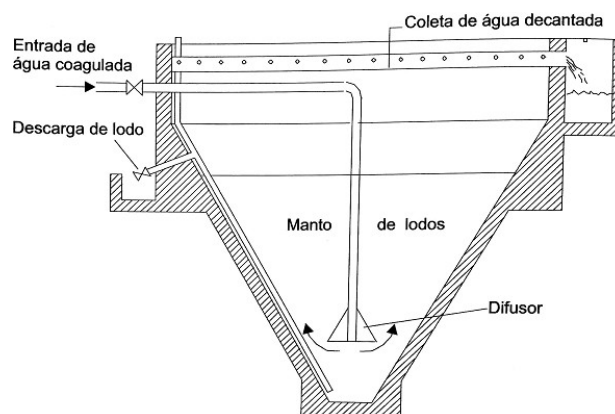
Após a floculação, as partículas presentes na água floculada passam pela decantação em tanques chamados de decantadores. Esse processo físico corresponde à separação das partículas sólidas em suspensão da água como consequência da ação das forças gravitacionais, fazendo com que essas partículas de densidade superior à da água se depositem em uma superfície (RICHTER, 2009). De acordo com a ABNT NBR 12216:1992, o número de decantadores em uma ETA depende de características operacionais e econômicas, sendo observados fatores definidos na norma.

A passagem da água floculada para o decantador ocorre por cortinas de distribuição, que devem ser projetadas de maneira a garantir uma distribuição uniforme da água em toda a seção transversal dos decantadores (RICHTER, 2009). Essa cortina corresponde a uma parede de concreto ou madeira com orifícios de passagem, posicionada próximo a entrada dos decantadores, como afirma Richter (2009).

Os primeiros decantadores a serem utilizados foram os decantadores de fluxo ou escoamento horizontal, que correspondem a grandes tanques retangulares com escoamento horizontal (RICHTER; NETTO, 2003). Na sequência, os mais recentes e fortes concorrentes são os decantadores tubulares ou de alta taxa (RICHTER; NETTO, 2003). No dimensionamento deles, são adotadas altas taxas de escoamento superficial, buscando aumentar a capacidade de tratamento de água com a menor área possível (GOMES, 2010; LEME, 1990 *apud* GOMES, 2010).

Entre os clássicos decantadores de fluxo horizontal e os modernos decantadores tubulares, encontram aplicação os decantadores de fluxo vertical (RICHTER; NETTO, 2003). De acordo com Cunha (2004), esses decantadores são recomendados para tratamentos com escoamento contínuo e sem variação significativa de vazão e qualidade da água bruta. Nesses tipos de decantadores, é importante que seja dada uma atenção especial à maneira como se faz a entrada de água bruta, uma vez que uma turbulência exagerada pode resultar em perturbações que afetam todo o manto de lodo (VALENCIA, 1992 *apud* CUNHA, 2004). Além disso, a remoção do manto de lodo formado no fundo dos decantadores de fluxo vertical pode ser hidráulica ou mecânica. No projeto foi adotada a remoção hidráulica (Figura 3), que é favorecida pelo fato de que o decantador corresponde a um tanque de fundo cônico ou piramidal invertido, no qual a água floculada entra por meio de tubulação que vai até o fundo do tanque. O lodo é hidráulicamente suspenso devido à distribuição da água em fluxo ascendente no cone difusor, com velocidade que diminui com o aumento da área (CUNHA, 2004).

**Figura 3. Esquema de um decantador de manto de lodo com remoção hidráulica.**



Fonte: Di Bernardo, 2005.

## **Filtração**

A filtração consiste em separar mecanicamente as partículas sólidas de uma suspensão líquida, com o auxílio de um meio filtrante (GONÇALVES; GAUTO, 2019). No tratamento de água, a filtração consiste no processo primordial para a remoção das partículas responsáveis por cor e turbidez que não foram retidas nos demais processos. Segundo Richter (2009), a filtração é o processo unitário na cadeia de processos do tratamento de água mais importante por ser a etapa em que as falhas ocorridas por ventura na coagulação, floculação e sedimentação/decantação podem ser corrigidas, assegurando a qualidade da água tratada.

Conforme a definição da BioProject (2019), a filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, geralmente composto de areia e antracito, que são responsáveis pela retenção das partículas em suspensão e produzindo um efluente mais limpo.

Os filtros podem ser subdivididos em dois tipos: os filtros simples compostos por um único leito filtrante e os filtros duplos compostos por duas camadas de leitos filtrantes. Os filtros simples geralmente possuem uma área inferior a 70 m<sup>2</sup> e os filtros duplos uma área superior a 40 m<sup>2</sup> (RICHTER, 1991).

Os filtros de escoamento descendente e os de escoamento ascendente possuem diferenças em vários aspectos. O filtro de escoamento pode trabalhar tanto com uma taxa constante como uma taxa variável. E para a avaliação dos filtros é utilizada a variação do nível de perda de carga no filtro (DI BERNARDO, 2003).

A filtração com taxa constante é caracterizada como um conjunto de filtros que o nível de água deve ser diferente em cada filtro e variar independente dos demais, resultando em uma taxa de filtração constante, o aumento da perda de carga no interior dos filtros será acompanhado de um aumento do nível de água, assim sendo possível a limpeza de cada filtro separadamente e não necessitando de uma paralização do processo de tratamento da água. A filtração com taxa declinante é caracterizada pela comporta de entrada de água que deve ser submersa, fazendo com que os filtros funcionem como vasos comunicantes. A entrada a cada filtro é realizada por comporta ou tubulação posicionada abaixo do nível d'água e no interior dos filtros (DI BERNARDO, 2003).

## **Desinfecção**

A desinfecção é um processo que usa um agente químico ou não químico e que tem por objetivo a remoção de micro-organismos patogênicos presentes na água, incluindo bactérias, vírus e protozoários, além de algas.

Dentre os agentes de desinfecção, o mais usado nas estações de tratamento de água é o cloro em razão de ser facilmente encontrado como gás (cloro elementar, Cl<sub>2</sub>), líquido (hipoclorito de sódio) ou sólido (hipoclorito de cálcio); barato; fácil de aplicar na sua forma gasosa; deixa um residual em solução, de concentração facilmente determinável, que, não sendo prejudicial ao homem, protege o sistema de distribuição e é capaz de destruir a maioria dos micro-organismos patogênicos (RICHTER, 2009).

## **4. Objetivos**

O projeto teve como objetivos:

### **Objetivo geral**

Propor um sistema de reuso de água em um lava-rápido, que consiste em um tratamento convencional de água residuária, atendendo as condições impostas na Lei Estadual 16.160 de 13 de abril de 2015 sobre a obrigatoriedade do reuso da água utilizada na lavagem de veículos em estabelecimentos no Estado de São Paulo. Esse tratamento consiste nas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção da água.

### Objetivos específicos

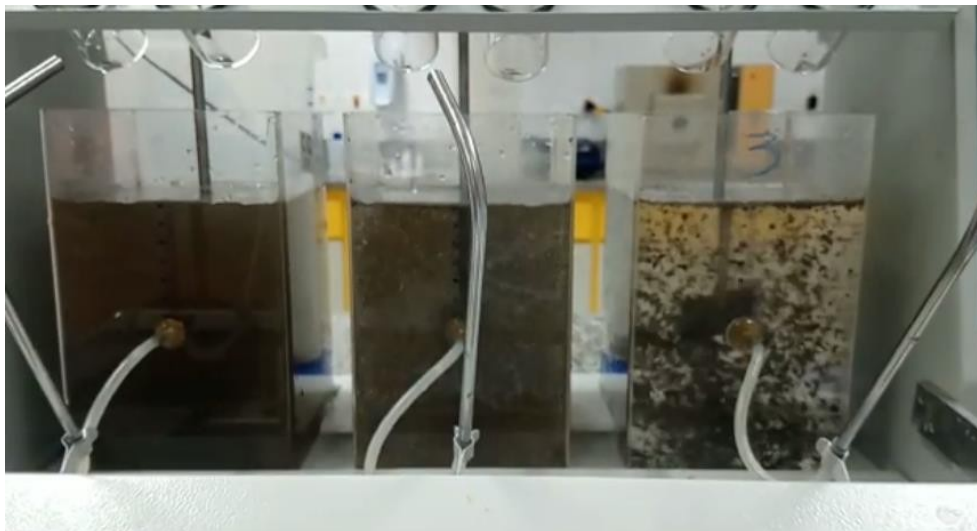
- Caracterizar o efluente a ser tratado;
- Definir a melhor dosagem de sulfato de alumínio e polímero para o tratamento do efluente; e
- Dimensionar as unidades de processo conforme a ABNT NBR 12216:1992 e autores especialistas nas áreas de saneamento e hidráulica.

## 5. Metodologia

Durante a primeira etapa, houve o levantamento de unidades de lava-rápido para a possibilidade de parcerias, desenvolvimento do sistema de tratamento e produção de água de reuso. Definido o lava-rápido parceiro, foram realizadas as coletas de dados primários, como o uso da água, o consumo e descarte no local, além do espaço de interesse para a implantação do projeto. Em uma segunda oportunidade, foi coletada uma amostra de 30 L de água da lavagem dos carros.

A amostra coletada foi encaminhada ao Laboratório de Química Ambiental do Centro Universitário Senac – Santo Amaro, onde foi caracterizada quanto as análises físico-químicas de turbidez, pH e alcalinidade total, e ensaio de tratabilidade utilizando o ensaio de *jar test*. Os ensaios realizados possibilitaram uma breve caracterização do efluente oriundo do processo de lavagem dos automóveis, bem como a determinação da melhor dosagem de coagulante para tratamento do efluente, tempo de detenção hidráulica (TDH), e o gradiente de velocidade para a etapa de floculação e a taxa de decantação a serem adotados na elaboração do projeto. Para os ensaios foram pesados 0,4679 g de polímero e 1,0758 g de sulfato de alumínio, e usados 0,5 mL de polímero em cada jarro, além de 20, 40 e 60 ppm de coagulante (sulfato de alumínio) em cada jarro (respectivamente do jarro da direita para a esquerda na Figura 4).

**Figura 4. Ensaio de *jar test* para determinar eficiências de tratamento com diferentes dosagens de coagulante, no caso, sulfato de alumínio.**



Fonte: Autoria própria, 2019.

Tendo a melhor dosagem de sulfato de alumínio e polímero provenientes do ensaio de *jar test*, foi possível iniciar o dimensionamento da ETAR. A vazão do efluente a ser utilizada para o dimensionamento foi definida segundo experiências com projetos anteriores e recomendações do orientador do projeto, adotando 4 m<sup>3</sup>/s. Sendo assim, foram determinadas especificações e premissas para o dimensionamento de todas as unidades de operação. Além do dimensionamento, também foram realizadas avaliação e

classificação dos aspectos e impactos ambientais das atividades que ocorrem no sistema.

## 6. Resultados e discussões

### Mistura rápida

Para o projeto, foi adotado um misturador estático no qual a água deve passar com uma velocidade de 2 m/s. Considerando essa condição, foi adotado um diâmetro de 20 mm para a tubulação anterior ao misturador, o que resulta na velocidade necessária. O misturador estático adotado para o projeto apresenta um diâmetro de 25 mm e comprimento de 0,177 m. Logo, ele apresenta um volume de  $8,68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ . Devido ao diâmetro do misturador estático considerado no projeto, foi adotado o diâmetro de 25 mm para a tubulação após o misturador.

Para que a água bruta passe pelo misturador e chegue ao floculador, é necessária uma bomba de recalque da água bruta cuja potência obtida foi de 0,002 CV.

Para verificar os valores obtidos no dimensionamento para a mistura rápida do projeto, foram calculados o tempo de mistura e o gradiente de velocidade, mostrados na Tabela 1 juntamente com os outros valores mencionados.

**Tabela 1. Dados de dimensionamento obtidos para o processo de mistura rápida.**

Misturador Estático	Diâmetro:	20 mm
	Comprimento:	0,177 m
	Volume:	$8,68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
	Tempo de mistura:	2 s
Bomba de recalque da água bruta	Potência:	0,002 CV
Gradiente de velocidade:		$2359,58 \text{ s}^{-1}$
Diâmetro da tubulação:		25 mm

Fonte: Autoria própria, 2019.

O tempo de mistura corresponde ao valor determinado na ABNT NBR 12216:1992, mas o gradiente de velocidade encontra-se fora do intervalo definido na norma. Entretanto, como o valor em questão está acima desse intervalo, foi considerado o resultado obtido para o projeto.

### Reservatórios de coagulante e polímero

Para a determinação da melhor dosagem de sulfato de alumínio e polímero, foi necessário a realização de ensaios em laboratório com diferentes dosagens e tempo de detenção que serão detalhados no tópico de decantação.

Para o armazenamento dos produtos químicos, em específico, o sulfato de alumínio e o polímero, é verificado na ABNT NBR 12216:1992 que deve haver um armazenamento que seja suficiente para atender, pelo menos, a dez dias de consumo diário. Para o projeto, foi pensado em um tempo de 7 dias, levando em consideração a necessidade de manutenção do sistema que seria do mesmo tempo. O volume dos reservatórios do coagulante e polímero obtidos foram, respectivamente, 56 L e 7 L.

### Bomba dosadora

Para a dosagem automática dos produtos químicos de coagulação serão necessárias bombas dosadoras que foram determinadas através da sua vazão necessária (Tabela 2).

**Tabela 2. Dados obtidos das vazões necessárias para a bomba dosadora.**

<b>Bombas dosadoras</b>		
Vazão necessária	Sulfato de Alumínio:	0,33 L/h
	Polímero:	0,04 L/h

**Fonte: Autoria própria, 2019.**

### **Floculação**

Para as dimensões do floculador foram utilizadas as mesmas medidas do decantador com lado de 0,63 m, profundidade total de 1,20 m e profundidade útil de 1,06. O gradiente de velocidade adotado para o floculador foi de  $70 \text{ s}^{-1}$  que está de acordo com a ABNT NBR 12216:1992.

Após os cálculos foi obtido o valor de potência do motor de 0,64 W ou 0,00087 CV.

Sabendo que a altura da lâmina d'água é de 1,06 m e que a largura do floculador é de 0,63 m foi possível analisar as outras dimensões de modo que todos os parâmetros fossem atendidos, portanto o diâmetro das pás obtido foi de 0,3 m e a distância entre a base do floculador e a pá foi de 0,35 m.

Com os valores do projeto foi encontrado que o número de rotações necessárias no floculador é de 33,6 rpm. O motor para realizar a rotação foi escolhido de acordo com o número de rotações realizadas pelo motor e sua potência mínima (Tabela 3).

**Tabela 3. Dados obtidos das vazões necessárias para a bomba dosadora.**

Dimensões	Largura:	0,64 m
	Profundidade total:	1,2 m
	Profundidade útil (altura da lâmina d'água):	1,06 m
Motor	Gradiente de Velocidade:	$70 \text{ s}^{-1}$
	Potência:	0,64 W ou 0,00087 CV
Número de rotações necessárias:		33,6 rpm
Distância entre a base do floculador e a pá:		0,35 m
Diâmetro das pás:		0,3 m

**Fonte: Autoria própria, 2019.**

### **Separação floculação-decantação**

Para definir as dimensões da cortina de distribuição da água floculada foram realizados cálculos para ter uma base de qual seria a composição da peça. Como mostrado na Tabela 4, a vazão é de  $0,046 \text{ m}^3/\text{s}$ , a área da seção transversal é de  $0,668 \text{ m}^2$ , a altura útil é de 1,6 m e foi adotado um espaçamento entre cada orifício de 0,15 m.

Com a realização dos cálculos foi obtido que serão necessários 30 orifícios, porém, por questões construtivas foram adotados 28 orifícios, sendo 4 colunas com 7 orifícios cada. Para este cálculo foi obtido que a vazão em cada orifício é de  $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ . Segundo o autor a velocidade limite nos orifícios deve ser preferencialmente igual ou inferior a  $0,25 \text{ m/s}$ .

Com a área do orifício foi calculado o diâmetro dos orifícios  $0,003 \text{ m}$ , obtendo esse valor como base para comparação levando em consideração o tamanho projeto e questões construtivas foi adotado o diâmetro de  $0,02 \text{ m}$ .



Para a distância mínima para a cortina da parede, o valor encontrado foi de 0,209 m. Segundo Richter (2009), os orifícios devem ser menores ou iguais a 0,5 m e por questões construtivas foi adotado 0,1 m no projeto. O gradiente de velocidade obtido foi de  $0,628 \text{ s}^{-1}$ . Segundo o autor o gradiente de velocidade deve ser inferior a  $20 \text{ s}^{-1}$ .

**Tabela 4. Dados de dimensionamento obtidos para a cortina de distribuição da água floculada.**

Vazão:		0,046 m <sup>3</sup> /s
Área da secção transversal:		0,668 m <sup>2</sup>
Área útil:		1,6 m <sup>2</sup>
Orifícios da cortina de separação	Espaçamento entre cada orifício:	0,15 m
	Número de orifícios:	28
	Diâmetro de cada:	0,02 m
	Velocidade limite:	0,25 m/s
	Gradiente de velocidade:	0,628s <sup>-1</sup>

Fonte: Autoria própria, 2019.

### Decantação

Para definir as medidas do decantador, foram realizados ensaios de *jar test* com diferentes dosagens de sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) e tempos de decantação. A cada intervalo adotado, foi realizada a medição da turbidez da água decantada (Tabela 5) para verificação da eficiência do processo considerado.

**Tabela 5. Resultados de turbidez obtidos nos ensaios de *jar test*.**

JARRO	DOSAGENS (ppm)		TURBIDEZ - Bruta (NTU)	3 min	5 min	10 min
	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Polímero		Turbidez - Decantada (NTU)		
1	20	0,985	454	1,80	2,41	1,55
2	40	0,985		0,75	0,60	1,01
3	60	0,985		2,70	0,59	0,40

Fonte: Autoria própria, 2019.

Com os valores de turbidez, foi calculada a eficiência do processo e com esse dado, foram calculadas as respectivas taxas de escoamento superficial. Com essas taxas obtidas, foram calculadas as respectivas áreas (em m<sup>2</sup>) necessárias para decantação considerando a vazão de 4 m<sup>3</sup>/dia considerada no projeto.

Como foi adotado formato quadrado para o decantador, as medidas de comprimento e largura em (m) foram obtidas a partir da área do decantador. Os dados da quantidade de dosagem do coagulante, tempo de medição, eficiência do processo, taxa de escoamento superficial, área, comprimento e largura do decantador se encontram na Tabela 6.

**Tabela 6. Eficiências de processo, taxa de escoamento superficial, área, comprimento e largura do decantador de acordo com dados de ensaios realizados.**

Dosagens (ppm)		Tempo de medição (min)	Eficiência (%)	Taxa de esc. sup. (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d)	Área do decantador (m <sup>2</sup> )	Comprimento e largura do decantador (m)
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Polímero					
20	0,985	3	99,6	33,47	0,12	0,35
		5	99,5	20,05	0,20	0,45
		10	99,7	10,05	0,40	0,63
40		3	99,8	33,54	0,12	0,35
		5	99,9	20,13	0,20	0,45
		10	99,8	10,06	0,40	0,63
60		3	99,4	33,40	0,12	0,35
		5	99,9	20,13	0,20	0,45
		10	99,9	10,07	0,40	0,63

Fonte: Autoria própria, 2019.

No projeto, foi adotada a medida de 0,63 m para o comprimento e a largura do decantador por questões construtivas (destacados na Tabela 6). Para esse valor, a dosagem de coagulante (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) é de 20 ppm, a menor utilizada nos ensaios. O tempo de decantação é de 10 min, resultando em uma eficiência de processo de 99,7% e uma taxa de escoamento superficial de 10,05 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·dia.

Com relação à remoção de lodo gerado no processo, foi adotada a remoção hidráulica com uma inclinação do fundo do decantador de 60°.

#### **Bag para sistema de drenagem do lodo**

Para a escolha do *bag* que será utilizado no projeto foram realizados cálculos que estimam a produção de lodo no decantador e dessa forma foi escolhido um bag mais adequado para o volume gerado em no mínimo de 20 dias.

Os cálculos foram realizados para o projeto com o valor de turbidez da água bruta (454 NTU), dosagem de sulfato de alumínio 20 mg/L e vazão de água bruta tratada 4,63·10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s, que resultou em 2,74 kg/dia de sólidos secos.

Para atender à produção de lodo estimada no projeto, foi adotado o *bag* da SNatural Ambiente com largura e comprimento de 0,5 m x 0,5 m, indicado para uma vazão de 2,5 m<sup>3</sup>/h.

#### **Filtro**

Neste processo, a água já clarificada vinda do decantador, ainda pode conter sólidos suspensos dissolvidos. E para reter estes possíveis sólidos, foi determinado segundo Di Bernardo (2003) e a NBR 12216:1992 um leito filtrante composto pelos seguintes materiais filtrantes: antracito, areia, areia torpedo e pedregulhos.

Este processo de filtração irá acontecer em uma única unidade devido a existência de uma unidade de decantação. As dimensões do filtro obtidas são mostradas na Tabela 7.

**Tabela 7. Dados das dimensões do filtro.**

Volume total:	0,11 m <sup>3</sup>
Largura	0,63 m
Comprimento:	0,10 m
Altura:	1,70 m

Fonte: Autoria própria, 2019.

O filtro funcionará de forma descendente e terá as seguintes camadas: 0,45 m de antracito, 0,25 m de areia, 0,07 m de areia torpedado para evitar fuga de material filtrante e 0,38 m de pedregulho de diferentes granulometrias e camadas. Além disso, a unidade filtrante terá um fundo falso de 0,20 m de altura livre, sendo que na parte superior teremos uma base de apoio para as camadas filtrantes e para a instalação de crepinas.

A altura filtrante e a granulometria para cada material filtrante são apresentadas, conforme a Tabela 8.

**Tabela 8. Composição do filtro.**

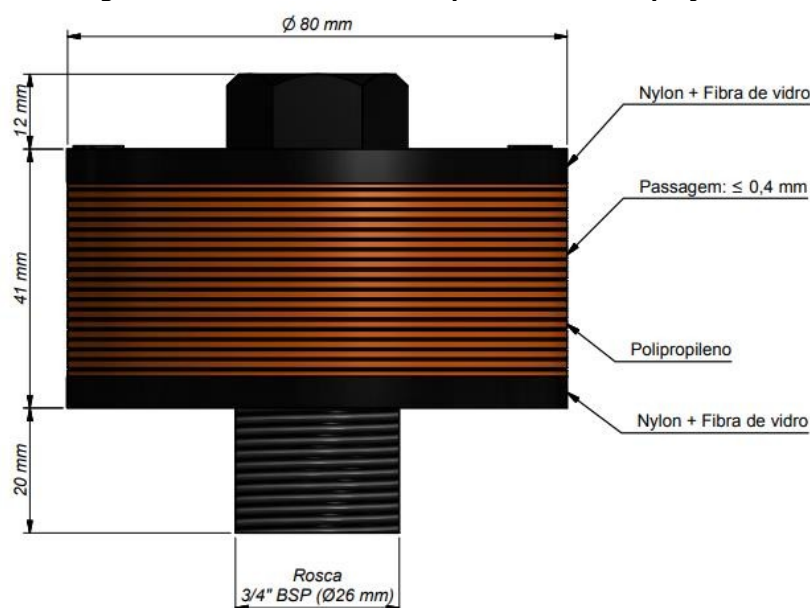
Altura do filtro (m)		Diâmetro dos materiais filtrantes (mm) (DI BERNARDO, RICHTER, NETTO, 2003)	
Segurança		0,14	-
Expansão da camada filtrante		0,21	-
Camada filtrante	Carvão/Antracito	0,45	0,9-1,0
	Areia	0,25	0,35-0,45
Camada suporte	Areia torpedado	0,07	2,4-3,2
	Pedregulho 1	0,10	6,4-12,7
	Pedregulho 2	0,13	19,0-38,0
	Pedregulho 3	0,15	38,0-75,0
Fundo falso (crepina)		0,20	-
<b>TOTAL</b>		<b>1,70</b>	-

**Fonte: Autoria própria, 2019.**

Para o fundo falso optou-se por usar o fundo falso com bocais do tipo crepina, segundo Di Bernardo (2005), no caso desses bocais (crepinas) o recomendado é que os use com uma distância de 10 a 12 cm um do outro. Para o filtro com dimensões de 10 cm de largura X 63 cm de comprimento, adotou-se o espaçamento de 10 cm entre as crepinas, resultando em 4 crepinas no fundo falso com um diâmetro de 8 cm.

Para o fundo falso foram adotadas crepinas modelo PLUVITEC 3/4" BSP x 20 mm da Hidro Solo com 60 mm de diâmetro e demais características apresentadas na Figura 5.

**Figura 5. Características da crepina adotada no projeto.**



**Fonte: Hidro Solo, 2019.**

Após alguns dias de uso, o filtro acumulará muitos resíduos em sua superfície onde impedirá gradativamente a passagem da água, então será necessário executar a retrolavagem. E para isso foi dimensionada uma bomba de retrolavagem.

Para o dimensionamento da bomba de retrolavagem foram obtidos os seguintes dados mostrados na Tabela 9.

**Tabela 9. Dados do sistema de retrolavagem.**

Bomba de retrolavagem	Taxa de infiltração:	83 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -dia
	Vazão:	0,17 m <sup>3</sup> /h
	Potência:	0,025 CV
Volume de água para a retrolavagem:		0,028 m <sup>3</sup> ou 28 L
Tempo de lavagem:		10 min

**Fonte: Autoria própria, 2019.**

Para a vazão obtida para a bomba de retrolavagem, será adotada a mesma bomba dimensionada para o recalque da água a ser tratada. A potência da bomba foi de 0,25 CV para uma altura de 1,7 mca.

### **Desinfecção**

Depois da filtração, espera-se que a água esteja com cor e turbidez dentro dos padrões de potabilidade, mas, poderá conter microrganismos que podem causar doenças. Para evitar a distribuição/ utilização da água contaminada, é necessária a desinfecção com a introdução, por exemplo, de cloro (hipoclorito de sódio ou cálcio). Ou seja, a intenção é eliminar as chances de que alguém em contato com essa água tenha problemas nocivos à saúde.

Para o projeto piloto foi adotado a utilização de cloro em pastilha e em linha. Para o volume de água esperado tratar por dia, foi realizada a seguinte relação para determinar a quantidade de pastilhas em massa para tratar a água.

Portanto, para cloração de 4 m<sup>3</sup>/dia serão necessários 40 g de cloro em pastilha em linha.

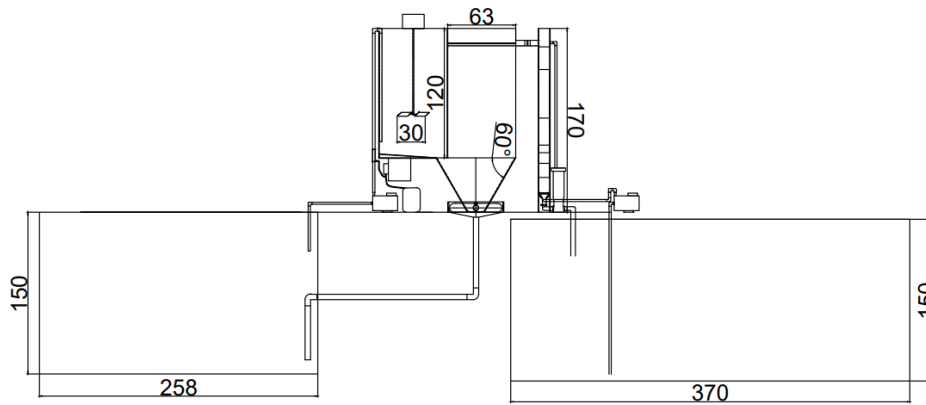
### **Reservatório para armazenamento da água tratada**

Para a reservação da água tratada, adotou-se um tanque com capacidade de 10.000 L, considerando que nem toda a água tratada em um dia será utilizada no mesmo dia. As dimensões do tanque serão de 1,8 m de largura X 3,7 m de comprimento X 1,5 m de altura. A produção de água tratada estimada foi de 3,83 m<sup>3</sup>/dia.

### **Desenho técnico do sistema**

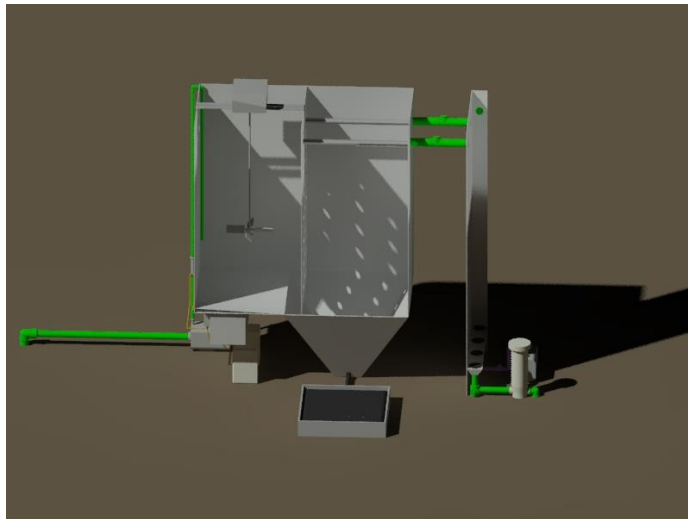
Com as medidas obtidas no dimensionamento do sistema do projeto, foi elaborado o desenho técnico do sistema apresentado nas Figuras 6, 7 e 8.

**Figura 6. Desenho técnico do sistema em 2D.**



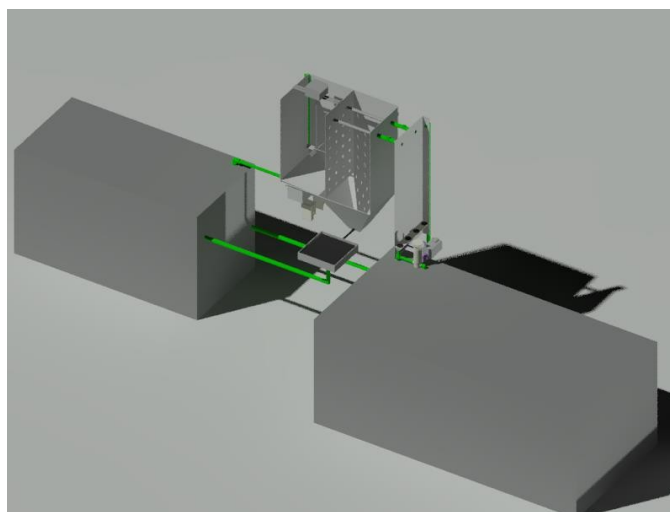
**Fonte: Autoria própria, 2019.**

**Figura 7. Desenho técnico do sistema em 3D.**



**Fonte: Autoria própria, 2019.**

**Figura 8. Desenho técnico do sistema em 3D.**



**Fonte: Autoria própria, 2019.**

## **Avaliação de aspectos e impactos ambientais**

A avaliação de aspectos e impactos ambientais é um instrumento de grande importância na identificação e prevenção de possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente decorrente dos processos e atividades feitas pelo homem (PAVLICKOVA *et al.*, 2009; GLASSON *et al.*, 2012; MORGAN, 2012 *apud* MORAES, D'AQUINO, 2016).

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.

## **Considerações finais**

Os dados de dimensionamento obtidos neste projeto foram calculados e pensados para atender o melhor possível as normas e referências e ter uma alta eficiência de tratamento do afluente gerado no lava-rápido e assim poder ser utilizado como água de reuso, onde além de evitar o desperdício de água e o risco de sua disposição nas galerias pluviais podendo contamina-las, será utilizada no processo de lavagem de carros novamente e, consequentemente evitará maiores custos com gasto de água também para o proprietário do empreendimento.

## **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216:** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

CARDOSO, Karina Cordeiro; BERGAMASCO, Rosângela; COSSICH, Eneida Sala; MORAES, Leila Cristina Konradt. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleífera Lam.** Acta Sci. Tech., v. 30, n. 2, p. 193-198, Maringá, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/5493>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

BIOPROJECT. **Filtração**, 2019. Disponível em: <<http://www.bioproject.com.br/Edital/BioProject%20-%20Edital%20N%2032.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as 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.

CUNHA, Márcia Valéria Porto de Oliveira. **Importância da frequência de descarte de lodo na eficiência dos decantadores de Estações de Tratamento de Água em ciclo completo.** 2004. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004. Disponível em: <[http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/1885/1/Dissertacao\\_ImportanciaFrequenciaDescarte.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/1885/1/Dissertacao_ImportanciaFrequenciaDescarte.pdf)>. Acesso em: 19 mai. 2019.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água** – 2º ed., Vol. 1. São Carlos: RiMa,

2005.

DI BERNARDO, Luiz. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**, PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.

DUTRA, Ricardo Henrique de Andrade. **Obtenção dos parâmetros cinéticos da floculação com utilização de técnica de análise por imagem**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19959/1/Obten%C3%A7%C3%A3oPar%C3%A2metrosCin%C3%A9ticos.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

GONÇALVES, F.; GAUTO, M. **Operações Unitárias**. Disponível em: <[http://srvd.grupoa.com.br/uploads/imagensExtra/legado/R/ROSA\\_Gilber/Quimica\\_Analitica/Liberado/Cont\\_Adicional\\_Operacoes\\_Unitarias.pdf](http://srvd.grupoa.com.br/uploads/imagensExtra/legado/R/ROSA_Gilber/Quimica_Analitica/Liberado/Cont_Adicional_Operacoes_Unitarias.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2019.

HESPANHOL, Katia Maria Hipolito. **Cinética de floculação de suspensão coloidais: Influência da dosagem de coagulante metálico e da concentração de partículas primárias nas constantes de agregação e ruptura**. 2018. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/.../KatiaMariaHipolitoHespanholCorr18.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/.../KatiaMariaHipolitoHespanholCorr18.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2019.

SUBTIL, Eduardo Lucas; MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo; RODRIGUES, Raphael. Potencial de reúso de água na lavagem de caminhões utilizando Contator Biológico Rotativo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 851-566, out.-dez. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2016000400851#B23](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000400851#B23)>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MARTINS, Hádél Camilo. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira**. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2668/1/LD\\_COEAM\\_2013\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2668/1/LD_COEAM_2013_2_10.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2019.

MONTE, Helena Marecos; SANTOS, Maria Teresa; BARREIROS, Ana Maria; ALBUQUERQUE, António. **Tratamento de águas residuais operações e processos de tratamento físico e químico**. 2016. Disponível em: <<http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/ct5-trataguasresiduais.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

MORAES, Ciro Dandolini; D´AQUINO, Carla de Abreu. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. In: 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 2016, Araranguá. **Anais eletrônicos...** Araranguá: IFCS, 2016, p. 620-627. Disponível em: <<http://criciuma.ifsc.edu.br/sict-sul/images/Anais2016.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. **Reúso de água na lavagem de**

**veículos.** 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-29072005-140604/en.php>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MORUZZI, Rodrigo Braga; OLIVEIRA, André Luiz de; JULIO, Marcelo; DUTRA, Ricardo Henrique de Andrade; SILVA, Pedro Augusto Grava da. Floculação: considerações a partir da análise clássica e da avaliação direta da distribuição de tamanho de partículas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 817-824, out.-dez. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-46-02-S1413\\_41522016144959.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-46-02-S1413_41522016144959.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2019.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento.** São Paulo: Editora Blucher, 2009.

RICHTER, Carlos A. NETTO, José M. de Azevedo. **Tratamento de água – tecnologia atualizada.** São Paulo: Editora Blucher, 2003.

VARELA, Evandra Sofia Barbosa. **Contribuição para o Estudo dos Subprodutos de uma ETAR – Gradados e Areias.** 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4697/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

VASCONCELOS, Daniela V.; GOMES, Anderson. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reuso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos UniFOA**, v. 4, n. 11, p. 35-46, dez. 2009. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/995/874>>. Acesso em: 23 mai. 2019.