

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SANTA CATARINA CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL  
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE: INTEGRADO)

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DA ESPUMA DE  
POLIURETANO

FELIPE MACHADO MEISEN  
GUSTAVO FELIPE BROCK  
LIV GABRIELLE MENGUE SALERNO FERREIRA  
LAVÍNIA MARCOS CAÇADOR  
MILENA MARTINS MACHADO

JARAGUÁ DO SUL

2016

FELIPE MACHADO MEISEN  
GUSTAVO FELIPE BROCK  
LIV GABRIELLE MENGUE SALERNO FERREIRA  
LAVÍNIA MARCOS CAÇADOR  
MILENA MARTINS MACHADO

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DA ESPUMA DE  
POLIURETANO

Projeto de Pesquisa desenvolvido no eixo  
formativo diversificado “Conectando Saberes”  
do curso Técnico em Química (Modalidade  
Integrado) do Instituto Federal de Santa  
Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul.

Coordenadora: Prof.<sup>a</sup> MSc. Ana Paula Duarte  
Souza.

Orientador: Prof. Juliano Maritan Amâncio.

JARAGUÁ DO SUL  
2016

## SUMÁRIO

<b>1. TEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DELIMITAÇÃO DO TEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>3. PROBLEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>4. HIPÓTESES.....</b>	<b>5</b>
<b>5. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>6. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
<b>7. 1. IMPACTOS NA ÁGUA .....</b>	<b>7</b>
7.1.1. Ciclo da água .....	7
7.1.2. Poluição aquática por óleos e graxas.....	7
7.1.3. Legislação vigente no Brasil.....	9
<b>7.2. CONSTITUIÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM CONTENDO ÓLEOS E GRAXAS.....</b>	<b>10</b>
<b>7.3. ÓLEOS E GRAXAS.....</b>	<b>11</b>
7.3.1. Óleo .....	13
7.3.2. Óleo lubrificante básico.....	13
7.3.3. Graxas.....	14
7.3.4. Graxas lubrificantes.....	15
<b>7.4. POLÍMEROS.....</b>	<b>15</b>
7.4.1. EPU .....	16
7.4.2. Polietilenoglicol .....	18
7.4.3. Isocianato .....	18
7.4.4. Sorção .....	19
<b>7.5. EPU COMO MATERIAL SORVENTE.....</b>	<b>20</b>
7.5.1. Características da EPU como material sorvente .....	20
7.5.2. Utilização da EPU como sorvente .....	22

<b>8. METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
<b>8.1. ETAPAS DE SÍNTESE DA EPU.....</b>	<b>23</b>
<b>8.2. MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>9. CRONOGRAMA .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO A (DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE OLEOS E GRAXAS EM     ÁGUAS).....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO B (MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO PARA ÓLEOS E GRAXAS:     ANÁLISE GRAVIMÉTRICA) .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO C (TRATAMENTO DE RESÍDUOS).....</b>	<b>39</b>

## **1. TEMA**

Avaliação da capacidade de sorção da Espuma de Poliuretano.

## **2. DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Produzir e avaliar espumas de poliuretano rígida para serem utilizadas como sorvente de óleos e graxas da água.

## **3. PROBLEMA**

Uma vez que somente o emprego de separadores de água e óleo para o tratamento de efluentes líquidos provindos da lavagem automotiva não é suficiente para enquadrá-la dentro dos padrões de lançamento para o esgoto (BOHN, 2014), questiona-se a eficácia da Espuma de Poliuretano (EPU) na sorção dos contaminantes óleos e graxa.

## **4. HIPÓTESES**

- A EPU consegue sorver óleos e graxas de água de lavagem de carros deixando-a dentro dos padrões vigentes do Brasil;
- A EPU apresenta melhor capacidade de sorver óleos e graxas quando utilizada como filtro ao invés de soltas na água contaminada;
- A EPU apresenta diferente capacidade de sorção conforme as variações de intervalo de tempo.

## **5. OBJETIVO GERAL**

Verificar a capacidade que espumas de poliuretano têm em sorver óleos e graxas de águas residuárias de lavagem automotiva.

### **5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Produzir espumas rígidas de poliuretano;
- Caracterizar as espumas produzidas;
- Testar a capacidade de sorção da EPU com óleos e graxas em água;
- Comparar os valores obtidos com os da legislação pertinente.

## 6. JUSTIFICATIVA

De acordo com Bohn (2014), o rejeito de efluentes industriais e urbanos sem tratamento compromete a qualidade dos mananciais dos grandes centros. Nessa perspectiva, a falta de gerenciamento de resíduos, especialmente por parte de empresas, é um problema ambiental grave, uma vez que existem diversos compostos químicos provenientes deste efluentes (LOPES & KEMERICH, 2007).

No Brasil existe um grande número de atividades automotivas que são potencialmente poluidoras no que diz respeito à utilização da água e geração de efluentes (SEMAPE, 2004). A indústria de lavagem de veículos possui diversos tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias, variando quanto ao volume de água utilizado, contaminantes e substâncias químicas oriundas do processo de lavagem, sendo divididas em três grupos: túnel, exterior rollover e lavagem a jato manual – atividade comum no Brasil, onde lava-se o veículo utilizando uma mangueira com jatos de alta pressão com ar, água e sabão alternando-se. Em alguns estabelecimentos a água é coletada em uma vala (BOHN, 2014).

Segundo Bohn (2014), os principais poluentes envolvidos na lavagem automotiva são os óleos e graxas, partículas, sólidos e produtos adjuntos (derivados do petróleo, parafinas, asbestos e metais pesados), sendo os mais tóxicos e potencialmente prejudiciais à vida aquática (BOHN, 2014; TEIXEIRA, 2003).

Uma vez que somente o emprego de separadores de água e óleo para o tratamento de efluentes líquidos provindos da lavagem automotiva não é suficiente para enquadrá-la dentro dos padrões de lançamento para o esgoto, questiona-se a eficácia da Espuma de Poliuretano na sorção desses contaminantes (óleos e graxas) no meio aquoso tendo em vista seu baixo custo e sua capacidade de sorção (BOHN, 2014).

Tendo em vista o tema norteador do projeto Conectando Saberes "Indústria Química" e a contaminação da água por óleos e graxas, a presente pesquisa visa avaliar a capacidade que um material polimérico uretânico têm para retirar óleos e graxas da água residuária do processo de lavagem de carros.

## **7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **7. 1. IMPACTOS NA ÁGUA**

#### **7.1.1. Ciclo da água**

O ciclo da água é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (FONSECA, 2006).

Lima (1986), afirma que o ciclo hidrológico representa o movimento da água no meio físico. Dentro do ciclo hidrológico, a água pode estar no estado gasoso, líquido ou sólido, distribuindo-se tanto na subsuperfície e superfície da Terra como na atmosfera.

O movimento permanente do ciclo hidrológico deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação). Já a precipitação deve-se a gravidade, que faz com que a água condensada caia, e quando na superfície ela circule através de linhas de água, se reunindo em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial), além disso, a água ainda se infiltra nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo) (FONSECA, 2006).

Portanto, o ciclo da água acaba envolvendo vários e complicados processos hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial, etc (LIMA, 1986).

De acordo com Fonseca (2006), a quantidade de água e a velocidade com que ela circula nas diferentes fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia.

#### **7.1.2. Poluição aquática por óleos e graxas**

A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas

atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2004).

Para Azevedo (1999), a poluição e seu controle costumam ser tratados em três categorias naturais: poluição das águas, poluição do ar e poluição do solo. Dessas três, a poluição das águas talvez seja a mais preocupante, devido basicamente a três fatores.

De acordo com Pereira (2004), a poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água de tal maneira que a utilização das águas para usos benéficos seja prejudicada.

Entretanto, Santos (2002), afirma que os fatores que causam poluição podem ser divididos em: naturais que são aqueles que têm causas nas forças da natureza, como tempestades de areia, queimadas provocadas por raios e as atividades vulcânicas; e artificiais que são aqueles causados pela atividade do homem, como a emissão de gases de automóveis, queima de combustíveis fósseis em geral, materiais radioativos, queimadas entre outros.

Os impactos na saúde causados pela contaminação química da água são de difícil avaliação, uma vez que muitos elementos interferentes podem inviabilizar a identificação dos fatores determinantes das enfermidades associadas à toxicidade dessas substâncias, tornando-se de suma importância aprofundar o conhecimento sobre essa classe de contaminantes na água destinada ao consumo, de modo que se compreenda a real ameaça que representam à saúde da população (BERGAMASCO, 2011).

Nesta perspectiva, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo, se essas substâncias estão presentes em quantidades excessivas podem acabar interferindo nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, causando ineficiência do tratamento de águas residuárias (VON SPERLING, 1995).

Na indústria, uma das maiores produtoras de óleos e graxas como efluentes é a indústria de refino de petróleo, visto que seus derivados têm como principal característica se espalhar sobre a água, formando uma camada que

impede as trocas gasosas e a passagem da luz. Isso provoca a asfixia dos animais e impossibilita a realização da fotossíntese por parte dos vegetais e do plâncton (PEREIRA, 2004).

Sabe-se que as atividades que lidam com resíduos oleosos devem ser submetidas a processos de licenciamento, devido aos aspectos de toxicidade destes resíduos que apresentam grande potencial de causar impactos ao meio ambiente (LEPPA e GONÇALVES, 2015).

### 7.1.3. Legislação vigente no Brasil

De acordo com Morelli (2005), o descarte de efluentes industriais e de esgoto urbano sem tratamento vêm comprometendo a qualidade dos mananciais nas regiões metropolitanas. Portanto, a criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos (ZIMMERMANN, 2008). Nesse sentido, pode-se observar no Quadro 1 a sintetização de leis e diretrizes relacionadas as questões ambientais que envolvem o descarte de resíduos.

Os parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos são importantes na caracterização das águas e sua determinação é exigida pelos órgãos competentes pela gestão dos recursos hídricos, afim de qualificar a água como potável ou não. Entre os vários parâmetros, qualifica-se a turbidez – relacionada à aparência turva da água, causada por material em suspensão ou coloidal (APHA, 1998) –, o potencial hidrogeniônico (pH) – em solução, indica o caráter ácido, básico ou neutro do meio causado por sólidos e gases dissolvidos oriundos da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese (MACEDO, 2002; BAIRD, 2002) –, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) – indica a força de poluição de um determinado despejo pelo consumo de oxigênio, isto é, quantifica a potencialidade da geração de um impacto (VON SPERLING, 2005) –, demanda química de oxigênio (DQO) – quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica de um agente químico – (GRANGEIRO, 2009) entre outros.

Quadro 1 – Legislação vigente no Brasil referente ao descarte de resíduos.

Lei	Especificações
Lei nº 9.433/1997	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e estabelece instrumentos de gerenciamento.
Resolução CONAMA 430/2011	Padrão de lançamento deve ser no máximo de até 20 mg/L para óleos minerais e até 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais no país.
Resolução CONAMA 237/1997	Determina a necessidade de revisão no sistema de licenciamento ambiental.
Resolução CONAMA 273/2000	Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços.
Resolução CONAMA 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.
Lei nº 6.938/1981	Política Nacional do Meio Ambiente.

Fonte: Quadro elaborado pelo grupo.

## 7.2. CONSTITUIÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM CONTENDO ÓLEOS E GRAXAS

Em conformidade com Teixeira (2003), o efluente gerado por atividade de lavagem de veículos pode apresentar quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas.

Deste modo, pode-se dizer que a constituição da água de lavagem é complexa, constituindo significativamente uma fonte de demanda química de oxigênio (JÖNSSON e JÖNSSON, 1995). Nessa perspectiva, o tratamento de despejos é um problema de grande impacto, pois estes compostos possuem nutrientes como fosfato e nitrogênio além de substâncias fenólicas que

interferem nas propriedades organolépticas da água (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

As formulações de agentes desengraxantes para a lavagem de veículos contêm de 95 a 99% de hidrocarbonetos e por volta de 3% de surfactantes, além de outros compostos em menor quantidade de hidrocarbonetos (PAXÉUS, 1996).

De acordo com Teixeira (2003), as águas residuais geradas em lavagens de veículos se constituem em grande parte por sabão, água de enxágue e cera; ressalta-se que, quando não há enxágue na parte inferior do motor dos veículos, as concentrações de agentes desengraxantes, solventes e metais pesados são baixas. Ainda, a recirculação de água em um sistema de lavagem de veículos poderia aumentar gradativamente a concentração de sais, fazendo com que o processo de corrosão das carrocerias dos automóveis se acelerasse.

Segundo Morelli (2005), a recirculação do efluente na lavagem de veículos tem como maior problema o aumento do nível de óleos e graxas. A presença de óleo em meio aquoso acontece sob quatro formas: livre, disperso, emulsificado e solubilizado. O óleo livre pode ser facilmente removido através de processos convencionais de separação gravitacional bem como o óleo disperso; contudo, a eficiência de separação, neste caso, dependerá diretamente da distribuição dos diâmetros das gotas e da presença ou não de agentes estabilizantes. Já os óleos emulsificados requerem a utilização de outros processos, tais como centrifugação ou flotação. Ainda, o óleo pode estar solubilizado na água, tornando-se de difícil remoção e requerendo o uso de processos químicos mais complexos como a extração com solventes e até mesmo o tratamento biológico (MORELLI, 2005).

### **7.3. ÓLEOS E GRAXAS**

A exploração e a produção de petróleo e gás natural são atividades de suma importância. Há uma busca pelo aumento de reservas e desenvolvimento da produção devido à necessidade de garantia da demanda de energia (PETROBRÁS, 2015).

A produção de petróleo no Brasil possui um aumento acelerado desde que deixou de depender de importações e atingiu a autossuficiência do produto. Neste ano, o volume produzido chegou a 2,67 milhões de barris por dia, totalizando um aumento de 9,5%, considerando que em agosto do ano de 2014, a produção era de 2,5 milhões de barris por dia. Com esse desempenho, o país se encontra na segunda posição no ranking de produção da América Latina, perdendo apenas para a Venezuela (PORTAL BRASIL, 2015).

Grande parte das reservas de petróleo encontra-se em campos marítimos, o que leva a um grande aumento nas atividades de perfuração. Espera-se alcançar uma produção total de óleo e gás – tanto no Brasil como internacionalmente de 3,7 milhões de barris por dia em 2020 e, até 2019 planeja-se ter um investimento de US\$ 108,6 bilhões em exploração e produção. (PETROBRÁS, 2015).

Segundo a ABNT (1998), como consta na NBR de número 14063 óleos e graxas é o termo utilizado para definição de substâncias de origem mineral, sendo estes, gorduras, graxas, graxas livres, óleos minerais entre outros materiais graxos.

A Lei nº 9.966/2000 que fala sobre a contaminação causada por componentes oleosos classifica como óleos e graxas toda forma de hidrocarboneto (petróleo e derivados), no qual incluem-se óleo cru, óleo combustível, resíduos de petróleo, produtos refinados e borra (BRASIL, 2000). Entretanto, em uma versão apresentada pelo *Standard Methods* óleos e graxas são definidos por qualquer material recuperado como uma substância solúvel em um determinado solvente, sendo sua principal composição hidrocarbonetos originados do petróleo e material graxo a partir de fontes animal e vegetal (APHA *et al*, 1995).

Os óleos e graxas são classificados como substâncias apolares que convencionalmente devem estar no estado líquido e viscoso nas condições ambientes de temperatura, e pressão ao nível do mar. Em geral, são hidrofóbicos e lipofílicos, ou seja, são imiscíveis com a água e miscíveis com outros óleos (Martins *apud* Raven, 2002).

### 7.3.1. Óleo

Segundo Waelkens (2010), óleo é uma definição geral para substâncias líquidas viscosas e hidrofóbicas. Porém, quimicamente, essa definição é muito ampla, possibilitando encontrar distintas classificações de óleos:

- **Óleo mineral:** é um hidrocarboneto líquido, viscoso e solúvel em éter ou em álcool.
- **Petróleo:** basicamente, é um hidrocarboneto com diversos arranjos moleculares. Composto pelas fases sólida, líquida e gasosa.
- **Óleo sintético:** consiste em transformar CO<sub>2</sub> e outros gases em óleo para que haja um maior controle de sua composição.
- **Óleo vegetal:** são os óleos derivados de vegetais.
- **Óleo animal:** compostos de Carbono, Hidrogênio e Oxigênio, no qual se diferem das gorduras de animais somente pela sua consistência líquida.

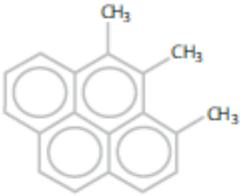
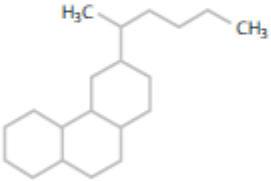
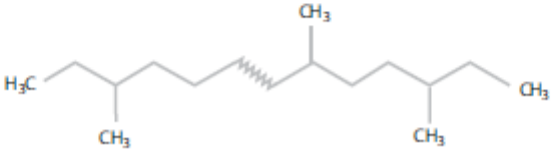
### 7.3.2. Óleo lubrificante básico

Em conformidade com a GMP (2007), o óleo lubrificante é um produto, tendo por função principal de reduzir o atrito e o desgaste entre partes móveis de um objeto. Também são funções do lubrificante, de acordo com a sua aplicação, a refrigeração e a limpeza das partes móveis, a transmissão da força mecânica, a vedação, isolação e proteção do conjunto ou componentes específicos, bem como a transferência de determinadas características físico-químicas a outros compostos. Por sua vez, os óleos lubrificantes têm uma importante característica em comum: são todos formados por um óleo lubrificante básico que pode receber aditivos (GMP, 2007).

Nesse sentido, o principal componente de um lubrificante é o "óleo lubrificante básico". No Quadro 1, pode-se observar as fórmulas estruturais dos principais componentes do óleo lubrificante básico, sendo os óleos básicos parafínicos o principal componente desse óleo, que normalmente corresponde de 80% a 90% do volume do produto acabado (GMP, 2007). Existem dois tipos de óleos lubrificantes básicos: óleos lubrificantes básicos minerais – são produzidos a partir do refino do petróleo; óleos lubrificantes básicos sintéticos –

são produzidos através de reações químicas, oriundos de produtos geralmente extraídos do petróleo (GMP, 2007).

Quadro 1 – Principais substâncias componentes do óleo lubrificante básico.

Tipo	Ligação	Algumas Aplicações
Óleos Básicos Aromáticos		Extensores e emolientes na indústria de borracha.
Óleos Básicos Naftênicos		Óleos para transformadores, compressores de refrigeração e compressores de ar.
Óleos Básicos Parafínicos		Óleos de motor, óleos hidráulicos e óleos de engrenagens.

Fonte: CHEVRON, do Brasil. **Fundamentos da lubrificação**. Departamento de Tecnologia da Texaco Brasil LTDA. 2005.

Em geral, óleos básicos sintéticos têm, de acordo com a GMP (2007), como vantagens sobre os básicos minerais, maior estabilidade térmica e à oxidação, propriedades melhores a baixas temperaturas e menor volatilidade.

### 7.3.3. Graxas

Graxas é o nome genérico atribuído a lubrificantes pastosos ou de alta viscosidade. Sua composição é a mistura de três substâncias: um líquido lubrificante (óleo mineral ou sintético), um agente espessante (produto sólido ou semi-sólido) e aditivos (ZANINI, 2010).

Ainda de acordo com Zanini (2010), as características das graxas são determinadas de acordo com o tipo de agente espessante que a compõe, sendo que normalmente, são utilizados sabões metálicos, como por exemplo, os de

cálcio, sódio e lítio. Argilas especiais podem, mas raramente são utilizadas devido ao seu alto custo.

#### 7.3.4. Graxas lubrificantes

Segundo Zanini (2010), as graxas lubrificantes são o nome genérico bem como popular dado a lubrificantes pastosos (semiplásticos) ou com alta viscosidade, sendo constituídos da mistura de um líquido lubrificante, de um produto sólido ou semi-sólido e aditivos, e tem como função reduzir o atrito, desgaste, o aquecimento e proteger contra a corrosão (ZANINI, 2010). Por sua vez, o tipo e as características das graxas se devem ao tipo de agente espessante do qual ela é constituída, sendo normalmente utilizado nas graxas convencionais, os sabões metálicos como os de cálcio, sódio e lítio (ZANINI, 2010).

Et

### 7.4. POLÍMEROS

De acordo com Silva e Silva (2003), o termo “polímero” pode ser utilizado para classificar moléculas orgânicas que possuem um grande número de unidades moleculares repetidas ao longo de sua cadeia, chamadas “meros”. De origem grega “mero” significa “partes” enquanto “poli” corresponde a “muitos”. Logo, polímero tem seu significado etimológico como muitas partes.

Silva e Silva (2003), ainda ressalta que, polímeros são materiais que possuem estrutura molecular relativamente simples, representadas por moléculas que se repetem ao longo da cadeia, ligadas entre si por ligações covalentes do tipo  $sp^3$ , esta configuração de ligação favorece a estabilidade físico-química, formando longas cadeias resultando assim em uma elevada massa molecular.

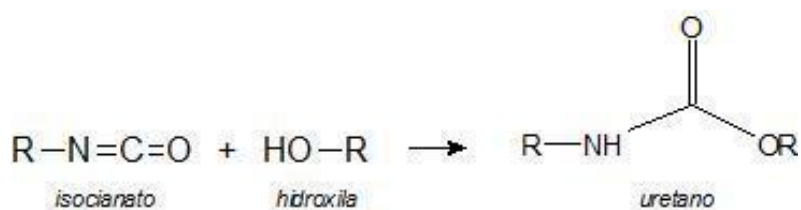
### 7.4.1. EPU

Segundo Coutinho e Delpech (1999), os poliuretanos englobam uma grande área dos polímeros que vai desde fibras, elastômeros e espumas até produtos biocompatíveis.

Em conformidade com Pereira *et al* (2005), as EPU's podem ser flexíveis ou rígidas que, dependendo do tipo são utilizadas em materiais como colchões, travesseiros, estofados, isolamento acústico (flexíveis) ou para isolamento térmico e fabricação de blocos (rígidas). Ainda segundo Pereira *et al* (2005), as diferenças entres os tipos de EPU's está relacionada aos reagentes utilizados e suas proporções na fabricação e na forma de produção.

Ferreira (2003), ressalta que os poliuretanos são produzidos de maneira simples através da reação de poliadição de um isocianato (di ou polifuncional) com um polioliol (polietilenoglicol), além de outros reagentes que podem ser catalisadores, surfactantes, extensores de cadeia entre outros (Figura 1).

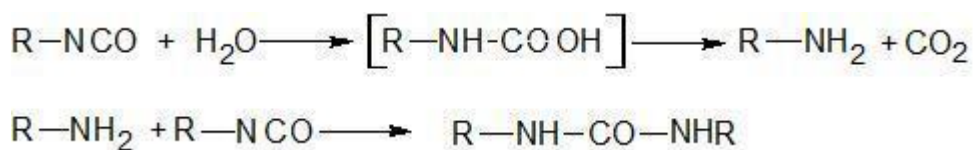
Figura 1 – Representação geral de um poliuretano.



Fonte: Soares (2012).

Conforme salienta Soares (2012), em paralelo a reação de polimerização entre o isocianato e o polioliol, acontece a reação entre o isocianato e a água, obtendo-se como produto o ácido carbâmico, o qual se decompõe em amina e dióxido de carbono, fazendo com que este atue como agente de expansão durante a reação de polimerização, sendo responsável pelo crescimento da massa polimérica e a formação das células ou poros nas EPU's, enquanto a amina reage com outra molécula de isocianato, assim produzindo a uréia (Figura 2).

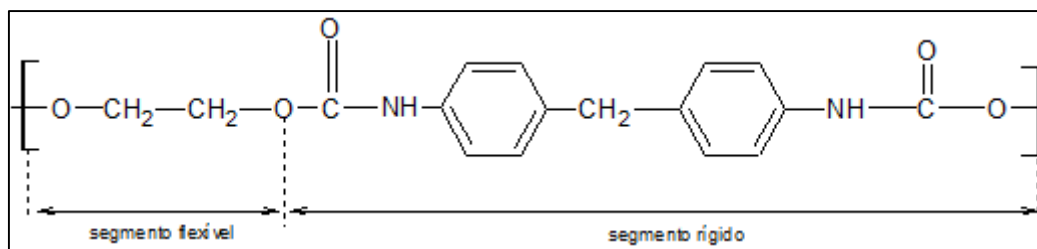
Figura 2 – Esquema de reação de expansão da EPU e formação da poliuréia.



Fonte: Soares (2012).

Copolímeros de poliuretanos consistem em segmentos flexíveis, tais como poliéter ou poliéster alifática, assim como segmentos rígidos, como o uretano aromático (Figura 3) (TANOBE, 2007; WIRPSZA, 1993; ZHU *et al*, 2005) Esses fatores influenciam comprimento dos segmentos, composição e massa molar.

Figura 3 – Representação do segmento rígido e flexível de um poliuretano.



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Por sua vez, as características físico-químicas de uma espuma de poliuretano estão diretamente ligadas com seu processo de fabricação, uma vez que a quantidade de reagentes utilizadas implica em uma espuma mais ou menos flexível. Para que ocorra a caracterização de um material são necessários testes uniformes (padronizados) tendo em vista que, eles se fazem necessários para um maior entendimento da estrutura, quantificando as propriedades que a espuma deverá conter e suas aplicações (FERREIRA, 2003).

#### 7.4.2. Polietilenoglicol

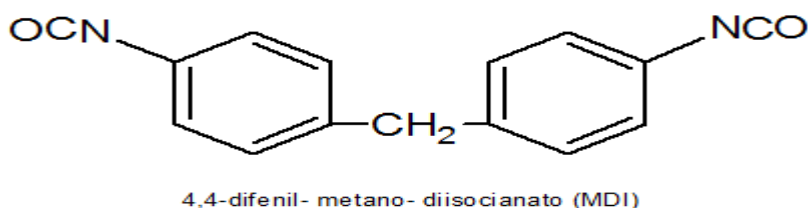
O polietilenoglicol (PEG) é um polímero derivado do etilenoglicol que pode apresentar variadas massas molares, é biodegradável, hidrossolúvel (possui alta solubilidade em água) e não é tóxico. Pode também, ser classificado como um solvente não-iônico, devido à sua alta capacidade de reduzir a constante dielétrica de solventes como a água, por exemplo. Sendo assim, pode ser utilizado como cossolvente para inúmeros fármacos. Sua alta solubilidade em água deve-se ao fato de possuir hidroxilas e átomos de oxigênio em sua estrutura, que formam ligações de hidrogênio nas quais facilitam a sua miscibilidade (MEDEIROS e KANIS, 2010).

O PEG é um homopolímero sintético, que apresenta uma estrutura linear, tendo como fórmula química  $H-(O-CH_2-CH_2)_n-OH$ , onde  $n$  é chamado de grau de polimerização, que representa o número médio de grupos de óxido de etileno ( $C_2H_4O$ ) na molécula (CORTÊS, 2011).

#### 7.4.3. Isocianato

De acordo com Ionescu (2005), os isocianatos são definidos como compostos orgânicos que apresentam em sua cadeia os radicais  $-NCO$ , eles podem ser alifáticos, aromáticos, policíclicos ou cicloalifáticos. Vilar (2004), ressalta que entre os isocianatos utilizados industrialmente todos possuem ao menos dois grupos funcionais, dos quais 95% são aromáticos com o TDI (tolueno diisocianato) e MDI (4,4-difenilmetano-diisocianato) como sendo os mais utilizados (Figura 4).

Figura 4 – Fórmula estrutural do 4,4-difenilmetano-diisocianato (MDI).



Fonte: Vilar (2004).

Vilar (2004), ainda afirma que, entre os diversos tipos de Isocianatos o MDI é o mais consumido no mercado pois possui uma química que apresenta certa liberdade em sua manipulação, a fim de atingir uma especificidade.

#### 7.4.4. Sorção

Sorção é o termo utilizado para designar todos os mecanismos envolvendo o processo de adsorção e absorção, sendo dessorção o mecanismo inverso (TANOBE, 2007).

De acordo com Magro (2013), as definições para cada um desses mecanismos são:

- Adsorção: processo de concentração de um soluto em uma superfície ou interface;
- Absorção: processo que ocorre pela interpenetração de um soluto em outra fase;
- Dessorção: processo pelo qual uma substância é liberada em determinada superfície.

Conforme Pignatello (2000), a sorção é um fenômeno de transferência de massa, no qual moléculas passam de uma fase aquosa e se associam a uma fase imóvel, sendo a fase que sorve denominada de sorvente e a substância sorvida denominada de sorbato.

Segundo Inglesakis e Pouloupoulos (2006), a sorção é classificada conforme o tipo de ligação envolvida entre os compostos, sendo elas:

- Sorção física ou fisiossorção: não ocorre a troca de elétrons, sendo o adsorbato mantido na superfície do solvente por forças de van der Waals.
- Sorção química ou quimiossorção: ocorre a troca de elétrons entre a superfície do sorvente e as moléculas do soluto, formando-se ligações químicas.

- Sorção eletrostática ou troca iônica: ocorre forças atrativas de Coulomb entre íons e grupos funcionais carregados.

De acordo com Adamson (1997), e Hiemenz e Rajagopalan (1986), a sorção de compostos orgânicos ocorre através de dois mecanismos, sendo que um deles envolve o grau de porosidade, hidrofobicidade, estrutura molecular enquanto o outro, a área superficial e volume do material sorvente.

A hidrofobicidade e a capilaridade são fatores extremamente importantes na escolha de materiais sorventes de petróleo e entre outros derivados. Sendo assim, o sorvente deverá interagir facilmente pelo composto hidrofóbico e dificilmente pelo composto hidrofílico (ADAMSON, 1997; HIEMENZ & RAJAGOPALAN, 1986).

De acordo com Ribeiro (2000), a absorção das moléculas orgânicas pelo sorvente ocorre principalmente através da ação de capilaridade e mecanismos de sucção envolvendo sorventes porosos, sendo a capacidade sorvativa do material e o tempo de retenção dos compostos apolares, algumas das características mais relevantes no processo de sorção de compostos orgânicos.

A principal propriedade dos materiais sorventes é a estrutura de seus poros. O número total de poros, sua forma e seu tamanho, determinam a capacidade de sorção do sorvente, em conjunto com a área superficial do sólido (INGLESAKIS e POULOPOULOS, 2006).

## **7.5. EPU COMO MATERIAL SORVENTE**

### **7.5.1. Características da EPU como material sorvente**

De acordo com Tanobe (2007), várias são as propriedades que caracterizam uma EPU, entre elas destacam-se a estrutura celular, densidade, propriedades químicas, físicas e mecânicas pois, são fatores que interferem diretamente na sorção de uma espuma.

Tanobe (2007), ainda afirma que a estrutura celular tem grande influência nas propriedades da espuma sendo assim, podemos descrever a estrutura celular como formada por um esqueleto e paredes que suportam a construção da espuma logo as propriedades deste modelo dependem do tamanho das

células, de seu formato bem como, da fração de células abertas e fechadas. As células esféricas exibem as mesmas propriedades em todo o segmento da espuma, contudo, elas podem ser alongadas (elípticas), nesse caso a espuma apresentará propriedades diferentes nos dois sentidos principais.

O teor de células abertas e fechadas afeta diversas propriedades físicas importante, especialmente a condutividade térmica, permeabilidade ao vapor de água e absorção de água. Esse teor é determinado pelo volume de ar deslocado por uma espuma de dimensões conhecidas. Dependendo do agente de expansão utilizado, as células podem ser abertas ou fechadas e, em alguns casos, mistas. Células pequenas têm um diâmetro menor que 0,25 mm e as células grandes apresentam valores maiores que 0,5 mm. Nas espumas rígidas, as células fechadas, especialmente aquelas que contêm o triclorofluormetano (CFM-11), têm um coeficiente de condutividade térmica extremamente baixo, possuindo, todavia, baixa absorção de som. Entretanto, nas espumas de PU flexíveis é utilizado outro agente de expansão, tal como cloreto de etileno, e são produzidas espumas de grande teor de células abertas. Nestes casos, espera-se que os processos de difusão e fluxo não sejam impedidos pelas paredes das células, como é o caso das espumas rígidas. (TANOBE, 2007).

Contudo Tanobe (2007), aponta que, a ação de produtos químicos pode acarretar na degradação da cadeia polimérica através de processos químicos, como hidrólise, podendo ocorrer também inchamento ou corrosão devido a tensão.

De acordo com Ferreira (2003), após examinar a resistência química das EPU's pode ser observado que, as espumas de poliuretano são muito estáveis com algumas variações no grau de inchaço, podendo permanecer inalteradas quando em contato com água, ácido clorídrico até  $6 \text{ mol L}^{-1}$ , ácido sulfúrico até  $2 \text{ mol L}^{-1}$ , ácido acético glacial entre outros, porém Ferreira (2003) afirma que, as espumas são solúveis quando em contato com cloreto de arsênio à quente, dimetilsulfóxido e dimetilaetamida, podem se oxidar na presença de permanganato de potássio quando em meio alcalino, degradadas por ácido nítrico concentrado e ácido sulfúrico, em temperatura entre 453,15 a 493,15 K.

Além destes, critérios como porosidade, hidrofobicidade e capilaridade são fatores que influenciam na escolha de materiais sorventes. Visto que a capacidade de sorção destes compostos orgânicos está diretamente relacionada com estes mecanismos (TANOBE, 2007).

Quanto a hidrofobicidade da molécula, sabe-se que esta depende da estrutura molecular, no qual devem estar grupos lipofílicos, sendo radicais parafínicos ou aromáticos e grupos hidrofílicos que podem ser polares, como hidroxilas e carboxilas (SUZUKI, 1997).

Farin e Avnir (1989) ressaltam que polímeros orgânicos porosos são amplamente utilizados nas tecnologias de sorção modernas. Uma vez que uma das vantagens das macromoléculas – quando comparadas aos sorventes minerais – é a possibilidade de ajuste da estrutura geométrica e de seus poros.

#### 7.5.2. Utilização da EPU como sorvente

Segundo Chow *et all apud* Tanobe (2007) desde sua origem os poliuretanos vêm sido estudados em uma gama de áreas. Em 1970, Bowen foi o pioneiro no uso de espumas de poliuretano na extração de metais em solução aquosa sendo eles, Hg, Au, Fe, Sb, Mo, Re e U, bem como em compostos orgânicos como Benzeno e Fenol.

Duong & Buford *apud* Tanobe (2007) resalta que, a influência da densidade das espumas, da viscosidade dos óleos e da temperatura alteram o comportamento da sorção deles em diferentes tipos de EPU. Verificou-se que a capacidade de sorção aumenta de maneira significativa quando a densidade das espumas é baixa, isso se dá devido ao aumento no número de células abertas e, que esse comportamento está diretamente ligado a temperatura do óleo.

As espumas de poliuretano utilizadas em diferentes sistemas de separação de espécies química, são constituídas de células com membranas abertas, apresentando alta porosidade e flexibilidade. As espumas de poliuretano podem ser utilizadas na forma de discos, cubos, colunas com peças inteiras ou trituradas, em processos em

batelada ou coluna. Sua estrutura celular, constituída por membranas abertas de geometria quase esférica, possibilita grande velocidade de difusão de espécies químicas, promovendo rapidez de sorção e transferência de massa, o que constitui uma vantagem única comparativamente à utilização de sólidos porosos granulares. (FERREIRA, 2003).

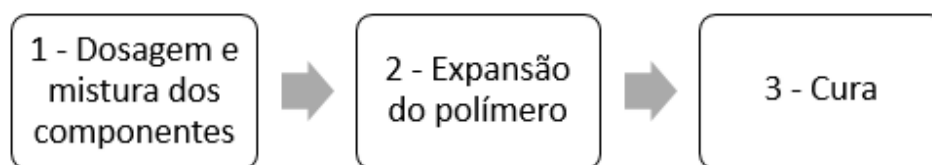
Ferreira (2003) ainda ressalta que, este aspecto diferencia a EPU de membranas de separações convencionais uma vez que, a membrana atua apenas como transportadora ou agente separador enquanto as espumas de poliuretano, além de separarem e pré-concentrarem, agem como verdadeiros absorvedores tanto de íons quanto de moléculas, de maneira superficial e interna.

## 8. METODOLOGIA

### 8.1. ETAPAS DE SÍNTESE DA EPU

As espumas de poliuretano são preparadas pelo processo de espumação chamado de “*one-shot*” (uma etapa só), no qual os dois componentes da mistura, isocianato e polietilenoglicol, são misturados manualmente e a reação de expansão da EPU se dá quase que instantaneamente. Nesse processo são realizadas as seguintes etapas (Figura 6).

Figura 6 – Etapas da síntese de EPU pelo método One Shot.



Fonte: elaborado pelo grupo.

Etapa 1: nessa etapa, são realizados os procedimentos de dosagens e pesagens dos reagentes. Para isso, em uma balança analítica, são pesadas as quantidades de isocianato e polioliol conforme as proporções e características

desejadas. Inicialmente, o recipiente é colocado sobre a balança analítica, que é tarada em seguida. Após isso, são pesadas  $n$  quantidades dos reagentes dentro do recipiente, que são misturados manualmente durante um pequeno intervalo de tempo até que inicie o processo de reação de expansão da EPU (THOMSON, 2005).

Etapa 2: nessa etapa, ocorre o processo de crescimento (expansão) da mistura dos reagentes, no qual há formação contínua de dióxido de carbono e difusão desse gás para as microbolhas, fazendo com que a mistura em polimerização se expanda até atingir seu total crescimento e inicie a fase de formação da espuma (THOMSON, 2005).

Etapa 3: Por fim, nessa etapa, a espuma é transferida para uma área, permanecendo por um período mínimo de 24 horas para a cura completa do polímero, que não apresentará mais a pegajosidade exterior ao toque quando manuseado (THOMSON, 2005).

## 8.2. MÉTODOS

Com base em testes iniciais, serão determinadas as proporções de isocianato e polietilenoglicol para a fabricação das espumas de poliuretano rígidas. As sínteses serão realizadas através do processo One Shot (apresentado no item 8.1), variando a quantidade de polietilenoglicol por meio de proporções pré-definidas, sendo elas 1:1, 1:2, 1:3 e 1,4.

Para isso, será adotado 2,00 g de ambos os reagentes como medida padrão. As quantidades de isocianato e polietilenoglicol serão pesadas dentro de copos plásticos de polipropileno (PP) de 300 mL em uma balança analítica. Em seguida, serão submetidas a constante agitação manual por meio de um bastão de vidro até o processo de expansão da mistura, sendo disposta em uma capela à temperatura ambiente durante o período de 24h para o tempo de cura completa do polímero.

Após a sintetização das espumas de poliuretano, serão observadas as suas características aparentes, tais como, porosidade e rigidez, sendo selecionada a espuma de formulação que apresentará poros mais regulares,

uniformes e rígidos para serem utilizadas na pesquisa no processo de sorção, visto que, conforme Tanobe (2007), espumas de poliuretano de porosidade uniforme e regular apresentam melhores propriedades sorvativas quando comparadas com espumas de porosidade irregular e desuniforme.

Além disso, serão realizados testes para definir e padronizar o tamanho das espumas rígidas de poliuretano que vão ser empregadas para a sorção de óleos e graxas.

Para a caracterização das propriedades físico-químicas das espumas, será realizada a microscopia óptica (MO), que tem como intuito, avaliar os parâmetros estruturais e determinar o tamanho e a distribuição média dos seus poros. Também, será realizada a absorção de água para determinar a capacidade de sorção da EPU, uma vez que a sorção ocorrerá em meio aquoso.

Nesta pesquisa, será desenvolvida a solução sintética da água de lavação, visto a dificuldade de coleta e obtenção das águas residuais das lavagens de carros da cidade de Jaraguá do Sul – Santa Catarina.

Serão elaboradas soluções com concentrações e quantidades de água, óleo e graxa conforme a constituição da água de lavagem apresentada por Teixeira (2003). O óleo a ser utilizado será do tipo lubrificante básico, visto que esse é amplamente utilizado no mercado (GMP - Grupo de Monitoramento Permanente da Resolução, 2007). A graxa, por sua vez, será do tipo lubrificante, pelo mesmo motivo de escolha do óleo (ZANINI, 2010).

Em seguida, o estudo da capacidade de sorção das espumas de poliuretano ocorrerá em diferentes meios, sendo realizados os procedimentos descritos nos dois tópicos a seguir:

- Capacidade de Sorção em Sistema Estático: a avaliação da sorção estática ocorrerá através da disposição das espumas de poliuretano sobre as soluções sintéticas durante diferentes intervalos de tempo pré-determinados, sendo eles 30 min, 2h e 4h em uma temperatura ambiente, realizando os ensaios em triplicata;
- Capacidade de Retenção Estática: a espuma será utilizada como uma espécie de filtro introduzida em um cano de PVC de forma que

não haja possibilidade de vazamento. A solução sintética passará pelo meio, sendo medida a quantidade de óleos e graxas sorvidas após essa etapa, pelo filtrado. O procedimento também ocorrerá em triplicata e em temperatura ambiente.

Após isso, a quantificação dos óleos e graxas será realizada com base na solução sintética, posteriormente ao processo de sorção da EPU, através do método gravimétrico Soxhlet (ANEXO A). As amostras serão acidificadas e filtradas por um filtro de papel envolvido por tecido de musseline. Após o processo de secagem na estufa, as amostras serão acondicionadas em cartuchos e colocadas no extrator com o solvente n-hexano. Em seguida, por meio da diferença gravimétrica do balão volumétrico antes e após realizadas essas etapas, será obtido a concentração de óleos e graxas presente nas amostras.

Por fim, os dados serão tabulados e se avaliará a capacidade de sorção das espumas de poliuretano. O procedimento será realizado no laboratório de química do Instituto Federal de Santa Catarina (IF-SC) – Campus Jaraguá do Sul.

O tratamento de resíduos será conduzido conforme pode se observar no Anexo C.

## 9. CRONOGRAMA

Período (mês)	Março	Abril	Maió	Junho	Julho
Atividade					
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X
Preparo das amostras		X	X	X	
Análise das amostras		X	X	X	
Análise e tabulação dos resultados		X	X	X	
Confecção do relatório final		X	X	X	

Elaboração do artigo científico			X	X	X
Apresentação da pesquisa concluída do conectando saberes					X

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – 14929. **Madeira-Determinação do Teor de Umidade em Cavacos – Método por Secagem em Estufa.** Brasil, 2003.

ADAMSON, A. W.; GAST, A.P. **Physical Chemistry of surfaces.** ed. 6., WileyInterscience, N.York, 1997, 784 p.

ANDRADE *et all.* **Emissões de poluentes na indústria do petróleo.** UFRJ, 2003.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,** 19 th ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 1995.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, 1998.

AZEVEDO, E. B. **Poluição vs Tratamento de água: duas faces da mesma moeda.** Química nova na escola, nº 10, novembro, 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/quimsoc.pdf>> Acesso em: 10/12/2015.

BERGAMASCO, A. M. **Contaminantes químicos em águas destinadas ao consumo humano no Brasil.** Cad. Saúde Colet., 2011, Rio de Janeiro.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.; BARROS, M.T. L.; VERAS JUNIOR, M.S.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental.** São Paulo, Ed. Prentice Hall, 2002. 305p.

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente – CONAMA. **Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição.** Resolução nº 273 de 29 de novembro 2000.

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente – CONAMA. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005.

BRASIL. Lei n.9.966, de 28/04/2000. **Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.** Brasília, 2000.

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente – CONAMA. **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.** Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente – CONAMA. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.** Resolução nº 273 de 29 de novembro 1997.

BAIRD, C. **Química ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRAILE, P. M., CAVALCANTI J. G. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais.** CETESB, 1979.

BOHN, F. P. **Tratamento de efluente gerado na lavagem de veículos.** UNIJUÍ, 2014.

BRUM, A. S; ARRUMA, L. F; REGITANO-D´ARCE, M. A. B. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal.** Quím. Nova, Vol. 32, No. 4, 2009.

CARR, J. D.; HAGE, D. S. **Química Analítica e Análise Quantitativa.** 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. 260 p.

CHEN, J.; SPEAR, S. K.; HUDDLESTON, J. G.; ROGERS, R. D. - **Polyethylene glycol and solutions of polyethylene glycol as green reaction media.** Green Chemistry, vol. 7, p. 64-82, 2005.

CORTÊS, M. A. **Efeito da microesfera de polietilenoglicol adsorvida a nanodoses do extrato de strychnos pseudoquina st. hill sobre a atividade funcional de fagócitos no sangue humano.** Ano: 2011. Disponível em: <<http://araguaia.ufmt.br/ppgmat/PDF/MayraAparecidaCortes.pdf>> Acesso em: 31/01/2015.

COUTINHO, F.M.B, DELPECH, M.C. **Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, Jan/Mar, 41-48, 1999.

Conselho Regional de Química (CRQ). **Destinação de resíduos gerados em laboratório.** Bauru, 2010.

FONSECA, D. **Hidrologia.** 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>> Acesso em: 10/12/2015.

FERREIRA, Elizabeth de M.M. **Uso de espuma de poliuretano na extração de índio de meio iodeto.** Tese de Doutorado. Curso Superior em Química. Pontifícia Universidade Católica (PUC). Rio de Janeiro, 2003.

FARIN, D.; AVNIR, D. **The Effects of the Fractal Geometry of Surfaces on the Adsorption Conformation of Polymers at Monolayer Coverage. Part I.** The Case of Polystyrene. Colloid and Surfaces, v.37, 144-170, 1989.

GRANGEIRO, R. V. T. **Caracterização da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel.** UFPB, 2009.

GMP - Grupo de Monitoramento Permanente da Resolução CONAMA nº 362/2005. **Gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados.** SINDILUB, 2007.

HIEMENZ, P.C.; RAJAGOPALAN, R. **Principles of Colloid and Surface Chemistry.** 3 rd Ed. Marcel Dekker, N. York, 1997.

INGLESAKIS, V.J.; POULOPOULOS, S. G. **Adsorption ion Exchange and catalysis: design of operation and environmental applications.** Elsevier, Amsterdam, 2006.

IONESCU, Mihail. **Chemistry and technology of polyols for polyurethanes, 1th ed.** Rapra Technology Limited: United Kingdom, 2005.

JÖNSSON, C., JÖNSSON, A.S. **The influence of degreasing agents used at car washes on the performance of ultrafiltration membranes.** Desalination, 1995.

LEPPA, A, S. GONÇALVES, C, V. **Sistema de separação de água e óleo em atividades automotivas - considerações gerais.** Lajeado, RS. 2015.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba; ESALQ/USP, 1986, 242p.

LOPES, G. V.; KEMERICH, P. D. da C.. **Resíduos de Oficina Mecânica: Proposta de Gerenciamento.** Disciplinarum Scientia: 2007.

MAGRO, R.D. **Remoção de Bisfenol A de Águas Contaminadas através de Processos de Separação por Membranas e de Sorção.** UFRGS, 2013.

MACEDO, J. A. **Introdução à química ambiental – química e meio ambiente e sociedade.** RQ-MG, 2002.

MARTINS, F. N; **A utilização de mini-estações de tratamento de esgoto em residências.** Disponível em:  
<[revistas2.unievangelica.edu.br/index.php/fronteras/article/view/396/395](http://revistas2.unievangelica.edu.br/index.php/fronteras/article/view/396/395)>  
Acesso em: 08/12/2015.

MEDEIROS, J; KANIS, L. A. **Avaliação do efeito de polietilenoglicóis no perfil de extratos de Mikania glomerata Spreng., Asteraceae, e Passiflora edulis Sims, Passifloraceae.** Ano: 2010. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v20n5/aop01110>> Acesso em: 31/01/2015.

MORELLI, E. B., **Reuso de água na lavagem de veículos,** dissertação apresentada à Escola politécnica da Universidade São Paulo, São Paulo – SP, 2005. 107p.

PAXÉUS, N. **Vehicle washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater.** 1996.

PEREIRA, M.F.R, TANOBE, V.O. A., SYDENSTRIKER, T.H.D., AMICO, S.C. **Avaliação da capacidade de sorção e retenção de petróleo em espumas flexíveis de poliuretano.** Salvador, 2005.

PETROBRÁS, 2015. **Exploração e produção de petróleo e gás.** Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/>>. Acesso em: 21/12/2015.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH - UFRGS. v. 1, n. 1. p. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>> Acesso em: 10/12/2015.

PIGNATELLO, J.J. **The measurement and interpretation of sorption and desorption rates for organic compounds in soil media.** Advances in Agronomy, v. 64, p. 1-73, 2000.

PORTAL BRASIL, 2015. **Produção de petróleo e gás no Brasil bate recorde.** Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/>>. Acesso em: 21/12/2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E PROJETOS ESPECIAIS (SEMAPE). **Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras.** 2004.

RIBEIRO, T.M.H. **Sorção de Petróleos na Biomassa Seca do Macrófito Aquático *Salvinia herzogii* dela Sota.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2000.

SANTOS, A. S. **Tipos de Poluição.** 2002. Disponível em: <<http://www.ultimaarcadenoe.com.br/>> Acesso em: 10/12/2015.

SILVA, André L.B. Bathista e. SILVA, Emerson Oliveira da. **Conhecendo materiais poliméricos.** Mato Grosso, 2003.

SOARES, Márcio Steinmetz. **Síntese e caracterização de espumas de poliuretano para imobilização de células integras e aplicação na síntese de biodiesel.** Lorena, 2012.

SUZUKI, M. **Adsorption Engineering**, Elsevier, Amsterdam, 1997.

TABOSA, Érico Oliveira, RUBIO, Jorge, **Tratamento e reuso das águas de lavagem de veículos**. Artigo apresentado no XIX Prêmio jovem cientista – Água - Fonte da Vida. Porto Alegre, 2003.

TANOBE, Valcineide Oliveira de Andrade. **Desenvolvimento de Sorventes à Base de Espumas de Poliuretanos Flexíveis de para o Setor do Petróleo**. UFPR, 2007.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da filtração por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. UEC, 2003.  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Análise Gravimétrica**. Disponível em: <[http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/quimica\\_geral/Gravimetria.pdf](http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/quimica_geral/Gravimetria.pdf)> Acesso em: 21 de dezembro de 2015.

THOMSON, T. **Polyurethanes as Specialty Chemicals: Principles and Applications**, 1ª Ed. CRC Press, 2005.

VILAR, Walter. **Química e tecnologia dos poliuretanos 3ª ed**. Vilar Cosultoria, Rio de Janeiro, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de Esgotos**. UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. V. **Princípio do tratamento biológico de águas residuárias**. IN: Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1995. p.

WAEKENS, E. B. **Tratamento de efluentes industriais mediante a aplicação de argila organofílica e carvão ativado granular**. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/.../Dissertacao\\_Barbara\\_Elisabeth\\_Waelkens.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/.../Dissertacao_Barbara_Elisabeth_Waelkens.pdf)> Acesso em: 08/12/2015. 2010.

ZANINI, G. M. **Graxas lubrificantes: tipos, classificação e desempenho**. Disponível em: <[http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo\\_19.pdf](http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_19.pdf)> Acesso em: 08/12/2015. 2010.

ZIMMERMANN, V. E. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluentes visando a reutilização da água de postos de lavagem de veículos.** Toledo, PR : [s. n.], 2008.

ZAZINI, G. **Graxas Lubrificantes: Tipos, Classificação e Desempenho.** Bauru, 2010.

**ANEXOS**

## **ANEXO A (DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE OLEOS E GRAXAS EM ÁGUAS)**

Conforme o artigo Standard methods for the examination of water and wastewater - American Public Health Association (1998), o método Soxhlet dá-se:

A amostra é inicialmente acidificada para promover a quebra de emulsão e facilitar a separação do óleo.

A amostra é em seguida filtrada em filtro constituído de malha de musseline, papel de filtro e suspensão auxiliar de terra diatomácea. A filtração da amostra é feita a vácuo, utilizando-se funil de Buchner acoplado ao Kitassato e à bomba de vácuo. Após secagem em estufa a 100 °C do material retido no filtro, passa-se à etapa de extração. O filtro com o material oleoso retido é dobrado e introduzido no cartucho de extração que, por sua vez, é introduzido no extrator. O extrator é conectado em um balão de vidro contendo o solvente, cujo peso vazio é conhecido. O balão é mantido sobre chapa de aquecimento, que provoca a evaporação do solvente e o contato com o material oleoso da amostra, provocando o seu arraste. Conecta-se um condensador na outra extremidade do extrator e a circulação de água fria provoca a condensação do solvente e o seu retorno ao balão, conjuntamente com o óleo arrastado. Após 80 ciclos de extração (o que demora aproximadamente 4 horas), retira-se o balão com o solvente contendo o óleo dissolvido promovendo-se, em seguida, a evaporação do solvente. Após esta operação, o balão permanece com o óleo impregnado e é pesado novamente em balança analítica. A diferença de massa entre o balão com o óleo impregnado e o balão vazio, relativa à quantidade de amostra filtrada no início da análise, corresponde à concentração de óleos e graxas da amostra.

## **ANEXO B (MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO PARA ÓLEOS E GRAXAS: ANÁLISE GRAVIMÉTRICA)**

Segundo Hage e Carr (2012), a análise gravimétrica ou também denominada gravimetria é um método analítico que utiliza medições de massa e informações de estequiometria de reação química para determinar a quantidade de um analito específico presente em uma amostra.

Para realizar a análise gravimétrica, se faz necessário ter conhecimento sobre a espécie química a ser analisada e suas reações, afim de evitar erros e obter exatidão de valores na medição de massa da substância química (HAGE & CARR, 2012).

De acordo com UNESP (2015), na gravimetria pode-se obter o analito de forma mais pura da amostra em que se encontra através de reações químicas. Nesse método, há uma variedade de técnicas que consistem em converter as substâncias que deseja-se eliminar, em espécies químicas mais puras, estáveis, de estequiometria definida e separáveis da amostra.

Entretanto, Hage e Carr (2012) ainda ressaltam que todas as técnicas para realizar uma análise gravimétrica envolvem medição de massa, sendo um dos métodos de determinação de quantidade de substância mais exatos disponível, apresentando erros inferiores a 0,2%, desde que a amostra analisada contenha analito suficiente para fornecer uma massa mensurável acima de 0,10 g.

Hage e Carr (2012), também afirma que existem três métodos de análise gravimétrica, sendo elas análise gravimétrica tradicional (também chamada de análise gravimétrica por precipitação), de combustão e a termogravimétrica.

A gravimetria tradicional é mais frequentemente empregada, onde determina-se a massa de um analito através da massa de um precipitado ou sólido correlacionado que contenha a espécie química em uma relação conhecida. O método envolve a adição de um agente de precipitação que forme um sólido mensurável, cuja massa é usada para quantificar o analito que está presente (HAGE & CARR, 2012).

No método gravimétrico tradicional, o analito deve estar contido em uma amostra que seja solúvel. Elas geralmente são submetidas em solução ácida concentrada e algumas passam por um pré-tratamento de digestão ácida, calcinação e fusão, afim de formar-se um precipitado (HAGE & CARR, 2012).

Entretanto, de acordo com Matos (2011), o precipitado obtido nem sempre estará em uma forma adequada para posteriormente ser pesado. Ele pode não possuir uma composição química definida e não suportar o processo de dessecação ou secagem por aquecimento. Devido a isso, o agente precipitante gravimétrico deve reagir seletivamente com o analito.

Após a formação desse precipitado, a amostra é submetida a etapa de filtração, processo em que é utilizado um filtro para separar o material sólido do líquido, sendo assim, separar o precipitado da solução (HAGE & CARR, 2012).

Conforme Hage e Carr (2012), a filtração é uma etapa essencial na análise gravimétrica, visto que a alta recuperação do precipitado é importante para obter-se resultados exatos, em razão de que sua massa está relacionada com a quantidade de analito presente na amostra.

Após o processo de filtração, o precipitado retido no filtro e o seu recipiente são submetidos a métodos de secagem, como a dessecação por aquecimento, afim de ficarem secos e sem resíduos líquidos da solução, para medir-se a massa de ambos e conseqüentemente, a massa de analito presente no precipitado (HAGE & CARR, 2012).

Dentre os métodos utilizados de análise gravimétrica por precipitação para quantificar o teor de óleos e graxas, referente à extração por solvente, há o método denominado de *Soxhlet*, que foi enunciado pela *American Public Health Association* em *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 1998).

De acordo com Brum, Arruma e Regitano-d'Arce (2009), o método *Soxhlet* é eficiente quando o composto puro é parcialmente solúvel em um solvente e suas impurezas não. Nesse método, as amostras são colocadas em cartuchos porosos e submetidas a uma câmara de extração suspensa acima do balão volumétrico que contém um solvente, geralmente *n*-hexano, abaixo de um

condensador. O balão é aquecido, evaporando o solvente em direção ao condensador, onde é convertido em líquido, que goteja no cartucho onde está a amostra.

Ainda segundo Brum, Arruma e Regitano-d'Arce (2009), as vantagens desse método é que a amostra está sempre em contato com o solvente; a temperatura do sistema é relativamente alta, sendo o processo de evaporação constante e a amostra não fica em contato direto com o solvente, evitando-se a decomposição dos lipídios presentes nela.

## ANEXO C (TRATAMENTO DE RESÍDUOS)

De acordo com o Conselho Regional de Química (CRQ), os laboratórios não podem ignorar a problemática referente aos resíduos. Ainda, em conformidade com CRQ (2010), no caso de resíduos químicos de laboratórios de ensino e pesquisa, não há uma norma clara quanto a classificação, tratamento e descarte dos mesmos. Nesse sentido, determinou-se classificar os resíduos gerados em resíduo de grau I – perigoso – e resíduo de grau II – não perigoso – (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação, periculosidade, descrição e acondicionamento dos resíduos gerados.

Classificação	Periculosidade	Descrição geral	Descrição específica	Acondicionamento
Grau I	Não é biodegradável. Pode contaminar o solo e o ciclo da água.	Líquidos	Solução sintética.	Será acondicionado em uma bombona de plástico rotulada, sendo armazenada no almoxarifado têxtil.
Grau I	É tóxico e não biodegradável. Pode contaminar o meio ambiente.	Sólidos	EPUs, EPUs formadas no bastão de vidro, copo plástico PP contaminado.	Não existe um procedimento específico na literatura. Será acondicionada, rotulada e armazenada no laboratório de química do IFSC – Câmpus Jaraguá do Sul.
Grau II	Não apresenta riscos ao meio ambiente quando gerenciado corretamente.	Sólidos	Bastão de vidro, copo plástico PP, Pipeta de Pasteur.	Será descartado para a coleta seletiva do município de Jaraguá do Sul – Santa Catarina.

Fonte: Adaptado de Conselho Regional de Química (CRQ). 2010.