

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI**

**GABRIELA FARIAS SANTANA, MARIA PAULA PEDÃO DOMINGUES,  
MARIANA SILVA BÊZ GÓRIO, MARILHA DE LIMA CAETANO,  
MARINA SILVA BÊZ GÓRIO**

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE FORMOL DO  
LABORATÓRIO DE ANATOMIA DO IFC-CAMPUS  
ARAQUARI: RESULTADOS PRELIMINARES**

**ARAQUARI/SC**

**2016**

**GABRIELA FARIAS SANTANA, MARIA PAULA PEDÃO DOMINGUES,  
MARIANA SILVA BÊZ GÓRIO, MARILHA DE LIMA CAETANO, MARINA  
SILVA BÊZ GÓRIO**

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE FORMOL DO  
LABORATÓRIO DE ANATOMIA DO IFC-CAMPUS ARAQUARI:  
RESULTADOS PRELIMINARES**

Trabalho de Defesa do Projeto Integrador apresentado ao Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curto Técnico em Química integrado ao Ensino Médio.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane V. Tagliari Corrêa

Colaboradores: Filipe Antunes da Silva e Fernanda Cristina Ferreira Lopes

**ARAQUARI/SC  
2016**

## RESUMO

O formaldeído é um composto líquido extremamente irritante para as mucosas e muito agressivo ao meio ambiente, por conta de seu alto índice de toxicidade e volatilização. Esse resíduo é utilizado como preservativo, desinfetante e antisséptico, pois possui propriedades capazes de desnaturar bactérias, deixando as peças anatômicas imune a decomposições, fator muito importante para a sua conservação. Atualmente o Instituto Federal Catarinense - *Campus Araquari* não possui técnicas de descarte adequadas ou tratamento viável para o reaproveitamento desse composto, resultando no acúmulo de solução de formol e causando um problema institucional de gerenciamento ambiental. Com o intuito de minimizar os impactos causados pelo descarte de soluções de formaldeído no meio ambiente quando não manejado da maneira correta e, devido a grande importância desta solução nas atividades de ensino e pesquisa do Instituto, o presente projeto teve como objetivo caracterizar o resíduo do laboratório de anatomia do Instituto Federal Catarinense visando propor alternativas para a recuperação, redução, reutilização ou a correta destinação desse composto, diminuindo os riscos de agressão aos seres vivos e ao meio ambiente.

Dentre as análises propostas para a caracterização do resíduo de formol, foram realizadas pH, DQO e Sólidos Totais, de onde se obteve os resultados preliminares. Como, por exemplo, pH's ácidos, mas nem tanto quando comparados ao padrão do formol (2,5-4), segundo Limberger (2011). Também apresentaram quantidades pequenas de matéria orgânica presente no resíduo e valores relativamente altos de Demanda Química de Oxigênio, semelhantes ao de outros autores.

Palavras-chave: Gerenciamento ambiental. Formol. Resíduos. Caracterização.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 TEMA</b> .....	<b>5</b>
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	5
<b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>6</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
<b>3 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>8</b>
4.1 ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO FORMOL.....	8
4.2 REAÇÕES .....	9
4.3 UTILIZAÇÃO .....	11
4.4 PROBLEMAS A SAÚDE HUMANA .....	12
4.5 PROBLEMAS AMBIENTAIS .....	13
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
5.1 AMOSTRAGEM .....	15
5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	16
5.2.1 ANÁLISE DE PH .....	16
5.2.2 ANÁLISE DE DQO .....	16
5.2.4 ANÁLISE DE SÓLIDOS TOTAIS .....	17
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
6.1 AMOSTRAGEM .....	19
6.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	20
6.2.1 ANÁLISE DE PH .....	20
6.2.2 ANÁLISE DE DQO .....	21
6.2.3 ANÁLISE DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST).....	22
6.3 PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DO FORMOL.....	23
6.3.1 REATOR ANAERÓBIO .....	23
6.3.2 GLICERINAÇÃO COM DESTILAÇÃO FINAL USANDO AMIDO DE MILHO .....	24
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>28</b>

**TEMA**

Caracterização de resíduos de formaldeído utilizado para conservação de peças anatômicas.

**1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Caracterização dos resíduos de formaldeído do laboratório de anatomia do Instituto Federal Catarinense – Araquari/SC.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O projeto teve como objetivo geral caracterizar o resíduo de formol utilizado como fixador morfológico no laboratório de anatomia do Instituto Federal Catarinense, com o propósito de sugerir alternativas para a redução, recuperação ou a correta destinação das soluções acumuladas.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Selecionar o método mais adequado para a determinação do teor de formol no resíduo.
- b) Analisar os resíduos com parâmetros do teor de Formol, análises de pH, DQO (matéria orgânica) e Sólidos Totais.
- c) Comparar a qualidade do resíduo armazenado nos galões com os dos tanques contendo peças anatômicas à partir dos resultados obtidos nesse trabalho, e em outros projetos.
- d) Propor alternativas para redução e recuperação do resíduo caracterizado.

### 3 INTRODUÇÃO

O formaldeído é um gás produzido em grande escala, a partir do metanol que, em sua forma líquida misturado à água e álcool, é chamado de formalina ou formol. É uma substância altamente volátil e tóxica, sendo considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) uma substância carcinogênica aos seres humanos e letal para microrganismos aeróbios e anaeróbios. Por apresentar grande toxicidade e alta volatilidade, ao ser inalado, ingerido ou tocado em uma quantidade relevante, pode causar fortes dores de cabeça, irritações nas mucosas, entre outros, ocasionando processos irreversíveis, inclusive a morte. O formaldeído é aplicado com grande frequência em laboratórios anatômicos como conservador e fixador morfológico, em razão de sua vasta capacidade em deter os agentes de putrefação que atuam nos tecidos biológicos.

Além do risco à saúde humana, o formol também possui um grande impacto sobre o meio ambiente, sendo considerado como um poluente orgânico persistente, que, quando destinado inadequadamente encadeia graves problemas ambientais. Atualmente, o Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari não emprega técnicas para o reaproveitamento deste resíduo, resultando no acúmulo de formol e gerando um problema institucional de gerenciamento ambiental. No laboratório de Anatomia, há aproximadamente 5 anos, possui 1 tanque de 850 L contendo matéria orgânica com resíduos de formol, já em estado de decomposição, no qual ainda não tiveram uma destinação correta, fator preocupante já que favorece a permanência desses diversos tipos de bactérias presentes nos galões, mesmo que ainda haja um baixo teor de formol neles. Neste ambiente, se encontram 15 reservatórios de formol com peças anatômicas que são utilizadas em aulas práticas, onde 10 desses recipientes contém aproximadamente 30 L cada um. Já o restante dos reservatórios, 2 deles são de aproximadamente 850 L e os outros 3 recipientes contém em torno de 100 L, resultando no total, 2.300 L de resíduos contido nesses reservatórios.

Com o intuito de minimizar os impactos gerados por esse acúmulo e minimizar os riscos ambientais e a saúde das pessoas, o presente projeto buscou caracterizar este resíduo visando trazer subsídios para propor novas alternativas de redução e recuperação do formol.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO FORMOL

O formaldeído é uma substância com grande importância econômica que é comercializado e utilizado mundialmente em diversas áreas, porém, essa substância acaba recebendo grande atenção para seus riscos-benefícios nas áreas da saúde e meio ambiente (PEREIRA, 2007; COELHO, 2009).

Quadro 1 - Características do Formaldeído.

Densidade (d)	0,815 g/L(-20°C)
Ponto de Ebulição (P.E.)	-19,1°C – -21°C

Fonte: Coelho (2009).

A estrutura do formol está representada na Figura 1. É uma substância polar, com interações do tipo dipolo-dipolo. Sua cadeia com apenas um carbono faz dupla ligação com oxigênio e duas ligações com hidrogênio.

Figura 1 – Fórmula Estrutural do Formaldeído

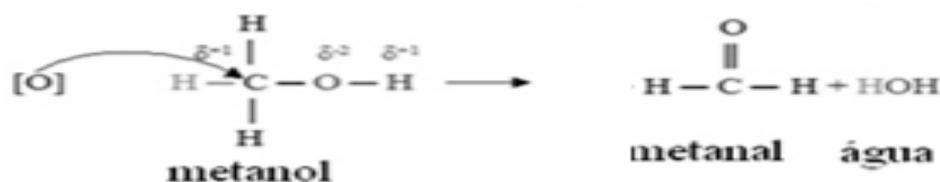


Fonte: Cláudio Júnior (2011).

O formaldeído em solução aquosa, é chamado de formol ou formalina, miscível em água, etanol e acetona, e imiscível com clorofórmio e éter. A formalina além de ser um líquido incolor, apresenta um odor extremamente nocivo à saúde humana e ao meio ambiente.

A obtenção do formaldeído é dada a partir da oxidação catalítica do álcool metílico, como mostra a reação à baixo:

Figura 2 – Reação de oxidação do álcool metílico



Fonte: Jennifer Fogaça

À temperatura ambiente se encontra no estado gasoso, com odor pungente e característico, sendo inflamável, bastante reativo e não comercializado.

A formalina é comercializada na porcentagem de 37 a 40% de formaldeído e 8 a 15% de metanol, para evitar a polimerização resultando em paraformol, pois por ser um aldeído, polimeriza-se facilmente. Já em sua forma gasosa, o formaldeído não se encontra disponível para comércio, devido à sua alta instabilidade e reatividade, estabilizando-se somente na presença de água. (LIMBERGER, 2011; MARTINEZ et al., 2005; INDUKERN, 2008; COELHO, 2009).

No Quadro 2 estão descritas algumas características da formalina:

Quadro 2 - Características da Formalina.

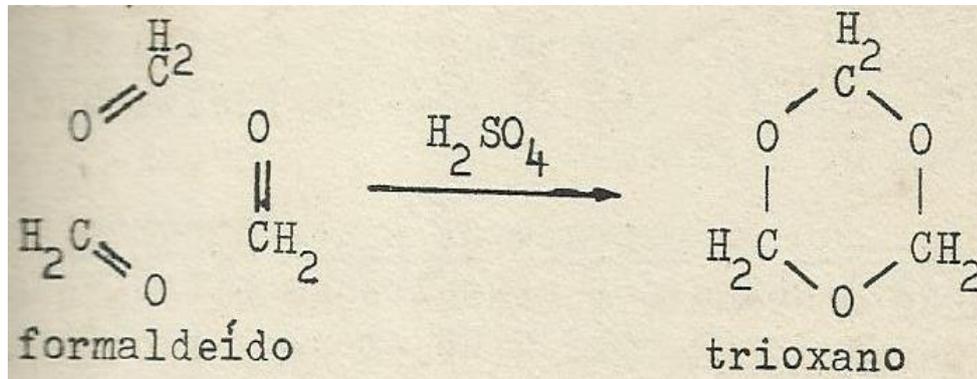
Ponto de ebulição (760 mm Hg)		96-101°C
Ponto de Congelamento		-92°C
Densidade Relativa	(a 25°C)	1,060-1,140 1,240
	(formol 47% estabilizado com uréia)	
Calor Específico	(37%)	0,8cal/g°C
	(44%)	0,68cal/g°C
pH		2,5-4,0
pH (formol 47% estabilizado com uréia)		7,0-8,0

Fonte: Coelho (2009).

## 4.2 REAÇÕES

Segundo Nehmi (1968), a formalina por apresentar a função orgânica aldeído, se polimeriza com muita facilidade devido a sua alta reatividade química. Na figura 2, tem-se um exemplo de reação de polimerização dos aldeídos em meio ao ácido:

Figura 2 – Reação de polimerização dos Aldeídos, trimerizando e formando trioxano

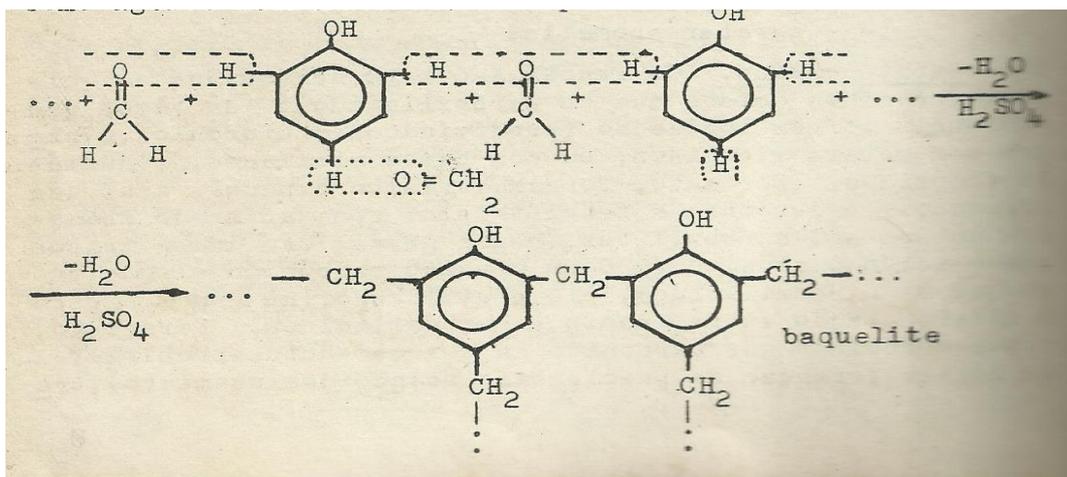


Fonte: Nehmi (1968).

O formol pode reagir com fenol e anilina, liberando calor e reage mais violentamente com permanganato de potássio, nitritos, cloratos e peróxidos. Essa substância corrói alguns tipos de metais e é incompatível com amônia, sais de cobre, bissulfetos, alcanos e iodetos (LIMBERGER, 2011).

O fenol reage com formaldeído (Figura 3), resultando em polímeros ou outras espécies de resinas sintéticas como o baquelite.

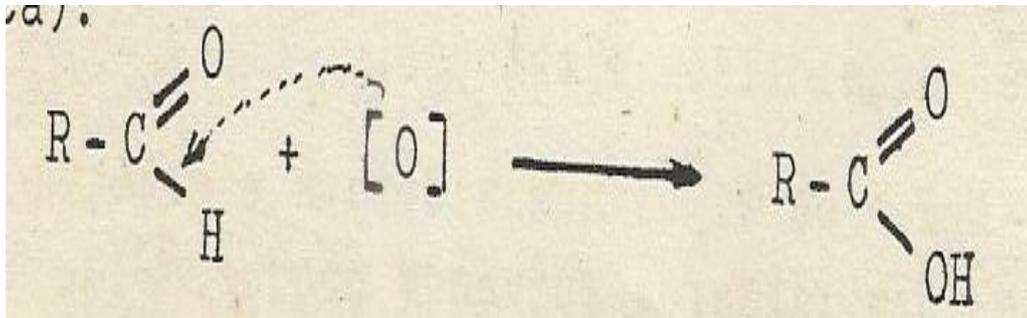
Figura 3 – Reação entre Fenóis e Aldeídos formando resinas sintéticas



Fonte: Nehmi (1968).

Os aldeídos se oxidam com facilidade produzindo ácidos carboxílicos (Figura 4). A oxidação pode ser efetuada com agentes oxidantes comuns, ou então, com oxigênio do ar, em presença de catalisadores (Nehmi, 1968).

Figura 4 – Reação de oxidação dos Aldeídos



Fonte: Nehmi (1968).

#### 4.3 UTILIZAÇÃO

Essa substância é amplamente utilizada como reagente químico, seja na produção de polímeros, tintas, fármacos, e até mesmo na produção de borrachas sintéticas. Além dessas aplicações, o formol atua como desinfetante e antisséptico devido a sua capacidade antibactericida. Possui utilização na indústria têxtil e de fundição, em hospitais, esterilização do ambiente e alisante de cabelo. Os salões de beleza têm utilizado extensivamente o formol como alisante capilar nas denominadas escovas progressivas, pois por ser uma substância bastante eficaz para a conservação de outras substâncias, ajuda a manter o cabelo macio e sedoso, porém ao longo do tempo, o uso excessivo dessa substância acaba fazendo mal a saúde. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) proibiu o seu uso com essa função, como citado anteriormente, devido aos malefícios que o formol pode causar por ser uma substância altamente tóxica (BELVISO, 2011).

A utilização de cadáveres e peças anatômicas em aulas práticas nas universidades há muito tem se mostrado eficaz no processo de aprendizagem dos alunos, visto que a associação do conhecimento teórico com a vivência prática proporciona noções mais claras sobre o funcionamento e as características das estruturas anatômicas estudadas. Para tornar este material viável de utilização didática, faz-se necessária a aplicação de técnicas de conservação, cujo objetivo é retardar o processo de decomposição das células, mantendo também as características morfológicas o mais semelhante aos originais. A escolha do método de conservação mais apropriado geralmente baseia-se em fatores como: custo e complexidade da técnica, toxicidade das substâncias empregadas, presença de odores, facilidade no manuseio das peças e semelhança entre a aparência adquirida e seu aspecto original (SILVA et

al, 2008). Um dos métodos amplamente empregados é o da formalização, que consiste no uso de formol como líquido fixador e conservador a uma concentração de 5 a 20% (SILVA et al., 2014). No processo de fixação, o formol é encarregado pela inativação das enzimas auto-líticas, mantendo conservado os tecidos, pois a fixação do formol nas peças anatômicas é de extrema importância, tornando-os mais resistentes, protegidos e insolúveis. O processo evita a proliferação de patógenos que podem ocasionar doenças nas pessoas atuantes no ambiente, e a deterioração do material.

#### 4.4 PROBLEMAS À SAÚDE HUMANA

Os sinais predominantes dos efeitos toxicológicos à exposição de curto prazo ao formaldeído em humanos se iniciam com irritação nos olhos, nariz e garganta; lacrimejamento, espirros, tosse, náuseas, dificuldade em respirar agem proporcionalmente à concentração em que foi exposto. Os sintomas são mais severos e frequentes no início da exposição, e após alguns minutos ou horas diminuem. Observações foram feitas em um grupo de trabalhadores de laboratório de 15 hospitais que haviam sido expostos ao formaldeído, sendo esses trabalhadores sensíveis da pele (dermatite de contato alérgica) sendo induzida apenas pelo contato direto da pele com soluções de formaldeído em concentrações superiores a 2%. Concluiu-se que a concentração numa solução aquosa relatado para produzir uma reação em pessoas sensibilizadas foi 0,05% de formaldeído (WHO, 2001).

A formalina é extremamente irritante para os olhos e exposições diretas causam opacidade da córnea e perda de visão. A ingestão do formaldeído causa dor abdominal severa, vômitos violentos, dor de cabeça e diarreia. Doses altas podem produzir uma queda de temperatura, dor no trato digestivo, respiração fraca, pulso irregular e fraco, perda de consciência e morte. Há registros da ingestão de algumas gotas de formalina que causou a morte de uma criança em Portugal e a ingestão de 50 a 250 mL foram fatais para adultos (COELHO, 2009; VIEGAS, 2009).

Interage com DNA, RNA e proteínas, impedindo a proliferação de microrganismos e a putrefação, pode também prejudicar células, já que impede o rompimento das paredes dos lisossomos, provocando a autólise (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004). Desta forma pode causar mutação em células humanas, além de ser cancerígeno. A própria estrutura química do formaldeído facilita a interação com as membranas celulares, nos tecidos e fluidos biológicos,

especialmente grupos amina, sendo responsável pela formação de ligações cruzadas intra e intermoleculares, entre proteínas e ácidos nucleicos mediante absorção no local de contato. Esta propriedade do formaldeído pode ser a base de início para o seu potencial cancerígeno, demonstrando ser tóxico. Ele reduz a taxa de crescimento, a eficiência de clonagem e a viabilidade celular. (WHO, 2001).

Alunos e professores devem estar cientes dos riscos potenciais da manipulação de formaldeído à saúde; pessoas que manipulam formol ou preparação da solução diluída de formol, devem usar equipamentos de proteção, incluindo luvas de borracha, aventais de proteção e proteção dos olho e face; com uma medida de saúde pública prudente, recomenda-se que controles de engenharia e práticas de trabalho rigorosas reduzam a exposição ocupacional a níveis mais baixos possíveis, sendo que o empregado não deve ser exposto a uma concentração no ar de formaldeído excedente a 2 ppm (NIOSH, 1981).

#### 4.5 PROBLEMAS AMBIENTAIS

O formaldeído foi classificado em primeiro lugar como o principal causador de impacto ambiental, entre 45 produtos químicos estabelecidos pelo Inventário de Emissões Tóxicas da EPA (1993). Atribui-se, dessa forma, uma maior atenção ao estudo das ações e às aplicações para o meio ambiente, impulsionando a mudança de processos de produção com esse resíduo e sua destinação ao meio ambiente.

Este produto por sua vez, é caracterizado pela alta toxicidade e baixa biodegradabilidade. Possui composições variadas, contendo sólidos como tecidos fixados e de difícil degradação (OLIVEIRA et al, 2004; PEREIRA, 2007).

As águas residuais dos laboratórios de anatomia podem ocasionar sérios distúrbios ao tratamento biológico e à vida aquática. Se depositado em solo pode ser lixiviado para águas subterrâneas. Para emissão no ar, a meia-vida é de menos 1 dia. Portanto, para as águas residuais contendo formaldeído serem descartadas ao meio ambiente sem que o prejudique, deverão ser tratadas previamente para atingir concentrações menos agressivas (PEREIRA & ZAITA, 2008).

O formaldeído é degradado por diversas culturas microbianas obtidas a partir de lamas e águas residuais. Pode-se alcançar bons resultados do emprego do formaldeído e de soluções consideradas inservíveis aplicando-se o método inicial redução, reutilização e

reciclagem. A redução é praticada a partir do controle de qualidade da solução dos tanques. Com a recuperação da solução consegue-se a reutilização e a reciclagem, posteriormente filtração, clarificação, análise para determinação de formaldeído e ajuste da concentração. Esses efluentes ainda podem ser tratados de diversas formas, beneficiando a economia de recursos financeiros e contribuindo com o meio ambiente (OLIVEIRA, 2001).

## 5 METODOLOGIA

Os resíduos foram coletados no laboratório de anatomia do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, que no momento atende oficialmente o curso superior de Medicina Veterinária e o ensino médio técnico integrado na realização de aulas práticas.

### 5.1 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas em duplicata dos reservatórios contendo peças anatômicas utilizadas em aulas práticas (Figura 5) e dos reservatórios que contém formol impróprio para o uso (Figura 6), localizadas num espaço reservado, porém aberto, ao lado do laboratório de anatomia.

Figura 5 – Tanques contendo peças anatômicas.



Fonte: As autoras

Figura 6 – Tanques residuais de formol.



Fonte: As autoras

## 5.2 ANÁLISES FISÍCO-QUÍMICAS

Foram analisados pH, DQO e sólidos totais de acordo com o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA 1998). As análises foram realizadas em duplicata após estabelecer e testar as rotinas experimentais. Os resultados apresentados representam a média dos valores obtidos.

### 5.3 Análise de pH

Para determinação do potencial hidrogeniônico, utilizou-se um pHmetro da marca MS Tecnopon modelo mPA210, calibrado com tampão 4,0 e 7,0.

#### 5.3.1 Análise de DQO

A Demanda Química de Oxigênio - DQO, foi definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar os componentes da amostra por um agente oxidante forte, o dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), em meio fortemente ácido na presença de um catalisador (sulfato de prata). Após a oxidação da matéria orgânica presente, a DQO foi obtida diretamente (mg  $O_2/L$ ) em espectrofotômetro a 600 nm utilizando a curva padrão com Biftalato de potássio.

Preparo das soluções:

- Solução de digestão: adicionou-se em 125 mL de água destilada 2,554 g de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), previamente seco em estufa a 103°C por 2 horas, 41,75 mL de ácido sulfúrico, 8,325 g de ( $H_2SO_4$ ). Dissolveu-se, esfriou-se e se completou com água destilada o volume em balão volumétrico de 250 mL.
- Reagente de ácido sulfúrico: adicionou-se sulfato de prata ( $Ag_2SO_4$ ) cristal ou pó em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) numa proporção de 2,03 g de ( $Ag_2SO_4$ ) para 200 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Solução padrão de Biftalato de potássio: de uma quantidade de Biftalato de potássio,  $C_8H_5KO_4$ , secada à 120°C por 2 horas, pesar 425,0 mg e dissolveu-se em aproximadamente 500ml de água destilada e então completando o volume para 1000 mL em balão volumétrico.

Ensaio:

- 1,5 mL da solução de digestão;
- 2,5 mL da amostra;
- 3,5 mL de reagente ácido sulfúrico;
- Homogeneizou-se os tubos e colocar no equipamento para fazer a digestão da amostra a 150 °C por 2 horas;

Os descartes dos resíduos das análises de DQO ficaram armazenados no laboratório de química para posterior tratamento ou correta destinação dos mesmos.

### 5.3.2 Análise de sólidos totais

Os sólidos totais também foram determinados de acordo com o *Standard Methods*. Iniciou-se com a preparação dos filtros, que foram secos em estufa a 105°C, resfriados e pesados em balança de precisão (P1). Em seguida, iniciou-se o procedimento de coleta e análise das amostras. As vidrarias foram levadas à capela para que a análise ocorresse de maneira segura. Iniciou-se a filtração a vácuo de 50 mL de cada uma das 5 amostras coletadas. Após a filtração, os filtros foram transferidos para uma estufa, onde permaneceram durante 2 horas a 105°C e então foram resfriados e pesados (P2). Para se obter o P3, foi necessário passar os filtros para cadinhos de porcelana forrados com papel alumínio. Em seguida, levados para a mufla a uma temperatura de 500°C durante uma hora. Os pesos dos cadinhos antes e depois da mufla foram anotados.

Com os dados de P1 (Peso do filtro), P2 (Peso do filtro + material filtrado e seco à 105°C) e P3 (Peso do filtro + material filtrado e mufla à 500 °C) foram calculados os valores dos Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) e Sólidos Suspensos Fixos (SSF), utilizando as equações abaixo:

$$(P2 - P1) \times 1000 / \text{vol. amostra} = \text{SST (mg/L)}$$

Onde P1 é o peso inicial do filtro, P2 é o peso do filtro + amostra. Volume da Amostra é o volume filtrado e, 1000 é a transformação de g para mg.

$$(P2 - P3) \times 1000 / \text{vol. Amostra} = \text{SSF (mg/L)}$$

Onde P3 é o peso do filtro + amostra, queimado em mufla à 500 °C.

$$\text{SST} - \text{SSF} = \text{SSV (mg/L)}$$

Os Sólidos Suspensos Voláteis foram calculados pela diferença de SST e SSF.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 AMOSTRAGEM

A coleta das amostras dos resíduos formol foi realizada com equipamentos de proteção como: luvas, máscara e jaleco. O ambiente mesmo arejado e aberto exalava um odor forte indicando a volatilização do formol no local. As amostras foram retiradas do líquido em repouso nos tanques, a aproximadamente 20 cm abaixo da superfície, coletando com pipeta graduada em diversos locais do mesmo, com o propósito de manter-se a homogeneidade e representatividade da solução a ser analisada.

Decidiu-se coletar amostras de diversos tanques, apresentando tipo de peças diferenciadas bem como tempos distintos de armazenamento. A primeira e a segunda amostra foram coletadas dos recipientes mais antigos, contendo o rejeito proveniente das peças que se tornaram impróprias para uso (Amostra 01 e 02). A terceira, foi coletada do tanque que conserva peças maiores, de animais de grande porte (Amostra 03). O quarto tanque coletado possui peças de animais de pequeno porte (Amostra 04) e, por último, coletou-se de uma caixa que conserva órgãos (Amostra 05).

Pode-se observar na Figura 7 que as duas primeiras amostras apresentam cores mais amareladas, pois foram coletadas de galões com solução em desuso, que foram armazenadas após remoção das peças que apresentaram deterioração. É importante ressaltar que estes resíduos estão armazenados a mais tempo no laboratório. As três últimas amostras coletadas aparentaram maior transparência, pois a solução de formol ainda está própria para a conservação das peças, não apresentando crescimento microbiano nem deterioração.

Figura 7 – Amostras



Segundo a técnica do laboratório, a concentração inicial de formol nos tanques era de 10% em volume de formol, com água de torneira.

## 6.2 ANÁLISES FISÍCO-QUÍMICAS

Segundo Limberger (2011), dados obtidos para o teor de óleos e de nitrogênio não foram relevantes. Assim, optou-se por analisar pH, DQO e Sólidos Totais.

### 6.2.1 Análise de pH

A necessidade da determinação do pH é dada pela influência desse, sobre o ecossistema aquático, devido seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e para a precipitação ou solubilização de elementos químicos tóxicos (CETESB, 2008). A Tabela 1 apresenta os valores de pH obtidos em cada amostra:

Tabela 1 - Valores de pH obtidos

Amostras	pH 1	pH 2
1	3,66	3,73
2	4,12	4,20
3	5,25	5,27
4	5,23	5,25
5	5,05	5,06

Os valores de pH obtidos se mostraram baixos, notando-se a acidez das amostras.

As amostras que apresentarem os menores valores de pH são as do descarte em galão, que são resíduos mais antigos de formol, cujas soluções apresentaram crescimento microbiano, exatamente as mesmas que apresentaram coloração amarelada. Segundo Limberger (2011), quando os valores de pH estão muito baixos, eles podem provocar alterações na cor das peças anatômicas.

Segundo Baker (1969), a solução não poderá ser ácida para não deixar um precipitado pardo nos tecidos, especialmente quando são armazenados por longos períodos. Este autor indica que seria necessário um tamponamento a fim de atingir a neutralidade.

### 6.2.2 Análise de DQO (Demanda Química de Oxigênio)

A demanda química de oxigênio (DQO) indica a quantidade de oxigênio que seria consumido através de reações químicas de oxidação de diversos compostos orgânicos presentes, sem a intervenção de microrganismos, indicando de maneira indireta a quantidade de matéria orgânica presente no líquido. Desta forma é necessário um agente oxidante forte, como o dicromato de potássio, pois a quantidade de oxigênio necessária para oxidar os componentes é medida através do uso desse reagente oxidante em meio fortemente ácido. Na reação de oxidação, toda a matéria orgânica é transformada para dióxido de carbono e água como mostra a reação abaixo:



$$\mathbf{Onde c = 2/3n + a/6 - b/3}$$

O resultado é obtido em mg/L de O<sub>2</sub> consumido.

Após o preparo da diluição da curva padrão para leitura de DQO, o processo de digestão das amostras deu-se início com soluções de agentes oxidantes preparadas, contendo a solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Foram acrescentadas 2,5 mL de cada amostra de formol nesses frascos de solução preparada, lembrando que as análises foram duplicatas e que o mesmo processo foi feito com água para o branco, resultando em um total de 21 frascos de agentes oxidantes utilizados. A digestão ocorreu por 2 horas à 150°C. Ao fim da oxidação da matéria orgânica presente, as amostras foram novamente transferidas para efetuar a leitura da absorvância em 600nm.

As amostras apresentaram grande quantidade de matéria orgânica, observada pela coloração que apresentaram no primeiro teste feito, portanto foram diluídas 10x na escala de 1 mL de formol – 9 mL de água destilada.

Com a diluição de 10x foi possível fazer a leitura das amostras tendo em vista que os valores de absorvância ficaram dentro da curva de calibração.

A Tabela 2 apresenta os valores de DQO obtidos:

Tabela 2 – Absorbância a 600 nm e Concentração de matéria orgânica em mg de O<sub>2</sub>/L

Amostras	Concentração (DQO)	Absorbância
1	10.137	0,256
2	8.082	0,277
3	9.417	0,262
4	9.623	0,281
5	10.171	0,286

Conhecendo o teor de matéria orgânica pode-se definir melhor o tratamento a ser dado para o resíduo.

Os valores obtidos de DQO foram semelhantes aos encontrados por outros autores para a conservação de peças de origem animal. Segundo Limberger (2011) os resíduos de tanques contendo peças de conservação apresentaram uma DQO média de 7.700 mg/L, segundo a autora.

### 6.2.3 Análise de Sólidos Suspensos Totais (SST)

Foram calculados os valores de Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) e Sólidos Suspensos Fixos (SSF). Os resultados obtidos foram tabulados e estão apresentados na Tabela 3:

Amostras	P1	P2	P3	SST	SSF	SSV
1	0,397 g	0,518 g	0,509 g	2420 mg/L	80 mg/L	2240 mg/L
2	0,394 g	0,513 g	0,507 g	2380 mg/L	20 mg/L	2260 mg/L
3	0,464 g	0,584 g	0,588 g	2400 mg/L	20 mg/L	2240 mg/L
4	0,452 g	0,571 g	0,565 g	2380 mg/L	20 mg/L	2260 mg/L
5	0,421 g	0,536 g	0,534 g	2300 mg/L	40 mg/L	2260 mg/L

Tabela 3 – Dados da análise de Sólidos Totais

Observou-se que os valores de sólidos totais foram muito baixos quando comparados aos resultados obtidos por Limberger (2011), cujas amostras apresentaram sólidos totais variando entre 2.300 mg/L e 7.414 mg/L.

Esses resultados podem ser explicados devido a forma com que as coletas das amostras foram feitas. As amostras foram coletadas a 20 cm da superfície e não muito próximas às peças. Evidencia-se ainda que as soluções dos tanques não foram agitadas, portanto os sólidos estariam em maior proporção no fundo dos recipientes.

Também pode-se observar na Tabela 3, a predominância de Sólidos Suspensos Voláteis em todas as amostras, visto que os Sólidos Suspensos Voláteis são definidos como a matéria orgânica que se volatiliza transformando-se em CO<sub>2</sub> quando em temperaturas elevadas, e Sólidos Suspensos Fixos são definidos como a matéria inorgânica acumulada após 500 °C em mufla.

### 6.3 PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DO FORMOL

A partir de estudos da literatura, foram analisados os resultados parciais obtidos, sugere-se os seguintes processos para minimização dos impactos ambientais para este resíduo, sendo o primeiro aplicado com o objetivo de degradação do resíduo, o segundo para recuperação do Formol e o terceiro para destinação visando minimização de impactos ambientais.

#### 6.4.1 Reator Anaeróbio

O formaldeído é degradado por diversas culturas microbianas obtidas a partir de lamas e águas residuais. Quando presente em água de lagos é decomposto em 30 horas, em condições aeróbias a 20°C e em 48 horas em condições anaeróbias (WHO, 2001).

O tratamento anaeróbio pode ser visto como alternativa devido ao consumo energético baixo e pequena produção de lodo associado a esse processo, o tratamento é utilizado para a degradação biológica da matéria orgânica que ocorre pela ação de agentes biológicos como as bactérias, protozoários e algas. Os processos anaeróbios estão sendo cada vez mais utilizados, embora ainda persista uma visão de que esses processos requerem um longo período de partida e elevados tempos de detenção hidráulica (PEREIRA, 2007).

Estudos realizados com diferentes tipos de reatores anaeróbios, utilizando formaldeído como a única fonte de carbono ou com vários co-substratos, não apontam para nenhum

consenso sobre a concentração que pode inibir a atividade microbiana (PEREIRA, 2007; PEREIRA & ZAITA, 2008).

Enquanto os processos aeróbios podem tratar efluente contendo entre 50-200 mg de formaldeído, com eficiências de até 60% na redução de DQO. Os processos anaeróbios podem degradar mais do que 90% de formaldeído em concentrações de até 200 mg/L, tempo de aclimatação de 10 dias (BACARIM, 2007).

O reator horizontal de leito fixo, em escala de laboratório, também pode ser adequado para a degradação anaeróbia de formaldeído, apresentando estabilidade operacional, e eficiências de remoção de DQO e formaldeído de 95% e 92% (OLIVEIRA et al., 2004).

#### *6.4.2. Glicerinação com destinação final usando amido de milho*

A conservação das peças anatômicas pelo método de glicerinação ocorre em três etapas: formolização, dissecação e glicerinação. Na primeira parte, ocorre a imersão das estruturas em um tanque com formol diluído a 20%, por um período de aproximadamente um mês. Em seguida, são dispostas em mesas cirúrgicas para a dissecação, que dura em torno de duas semanas. Por fim, são encaminhadas a um tanque com glicerina bidestilada, onde permanecem na média de 6 meses para após serem expostas em aula como material didático. Muitos laboratórios, adotam a prática da glicerinação, fazendo uso da glicerina no processo de conservação sendo menos agressiva às estruturas tratadas, permitindo fácil manuseio e é inodora além de promover a desidratação celular, deixando as peças mais leves e possibilitando à estrutura conservada uma aparência mais semelhante à original. Uma desvantagem, é que tal procedimento requer maior investimento devido ao elevado custo da glicerina, outra desvantagem seria o resíduo gerado por esse sistema de tratamento, sendo um efluente líquido classificado pela norma NBR 10.004 como um resíduo perigoso.

Para disposição final adequada para o resíduo, o processo inicia-se por meio de filtração simples e a vácuo, cujo objetivo é segregar a parte líquida do resíduo dos fragmentos de tecido presentes através de filtração, pois as fibras podem afetar a qualidade do efluente, dificultando sua reciclagem ou reuso. A filtração pode ser realizada de modo simples ou a vácuo. Após filtrado o resíduo inicia-se a técnica de solidificação por uso de absorventes. Para este processo, usa-se um agente absorvente, como o amido de milho, inerte e atóxico. Em testes laboratoriais, estimou-se a proporção necessária para solidificar o resíduo em 1:1. Esta

técnica possibilita não só a estabilização do resíduo de glicerina e formol, como também, sua aceitação em aterros industriais da região.

## **7 CONCLUSÕES**

Os valores obtidos na caracterização dos resíduos de formol do laboratório de anatomia reforçam a necessidade de um gerenciamento ambiental não somente no momento do descarte, mas também durante a utilização e manuseio das peças. Os valores de DQO elevados assemelham-se a valores obtidos por outros autores, evidenciando o problema ambiental deste resíduo. Os valores baixos de pH indicam a necessidade de tamponamento da solução utilizada para a conservação, o que diminuiria a probabilidade de crescimento de micro-organismos e evitaria o escurecimento das peças. O tamponamento da solução aliado a medidas frequentes do teor de formol visando reestabelecer a concentração ideal são medidas que resultariam na redução da produção de resíduos. A degradação anaeróbica demonstrou-se uma opção para minimização dos resíduos, bem como a destilação para a recuperação.

## REFERÊNCIAS

- ANVISA - AGÊNCIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em:  
<[http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/formol2/uso\\_do\\_formol\\_2.htm](http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/formol2/uso_do_formol_2.htm)> Acesso em:  
03/05/2016.
- APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association / American Water Works Association / Water Environment Federation, 1998.
- BACARIM, G. **Degradação do formaldeído em efluentes do laboratório de anatomia através do método UV/O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>**. Tese de mestrado em tecnologia Ambiental, UNISC, 2007.
- BAILEY, B. W.; RANKIN, J. M. New spectrophotometric method for determination of formaldehyde. **Analytical Chemistry**, Columbus, v. 43, n. 6, p. 782-784, may 1971.
- BAKER, R.D. **Técnicas de necropsia**. México: Editorial Interamericana, 1969.
- BELVISO, Thiago Iorio. Os perigos do uso inadequado do formol na estética capilar. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, v. 4, n. 1, p. 74-81, fev. 2011.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Lista de Ficha de Segurança de produtos químicos**. São Paulo, 2008.
- CLAUDIO JÚNIOR. Disponível em  
<[http://profclaudiojunior.blogspot.com.br/2011\\_07\\_01\\_archive.html](http://profclaudiojunior.blogspot.com.br/2011_07_01_archive.html)> Acesso em:  
02/06/2016.
- COELHO, M. **O formaldeído em ambiente laboral: determinação do ácido fórmico em urina de trabalhadores de uma fábrica produtora de formaldeído**. Dissertação de Mestrado em Toxicologia Analítica, Clínica e Forense. Universidade do Porto, Portugal, 2009.
- EPA: Code of Federal Regulations. **Ambient Air Quality World Surveillance**, Final Rule Federal Register, Vol. 58, 1993.
- INDUKERN. **Ficha de informações sobre produtos químicos. Formol**, 2008. Disponível em: <[www.indukern.com.br](http://www.indukern.com.br)>. Acesso em: 29/05/2016.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 10ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004.
- LIMBERGER, D.C.H. **Processos de recuperação, reuso e destinação do formol em laboratório de anatomia**. Universidade Federal de Santa Maria/RS, 2011.
- LINCOLN. **Recuperación de la formalina**. Departamento de Salud de Lincoln – Condado de Lancaster Recuperación, 2006.
- MARTINEZ, M. et al. **Estudo da ação do fenton no tratamento de resíduos contendo**

**formol.** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ribeirão Preto, São Paulo, 2005.

NEHMI, V.A. **Química Orgânica 2.** São Paulo, 1968.

NIOSH. Current Intelligence Bulletin. Formaldehyde: **Evidence of Carcinogenicity.** U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication n.81-111, 1981. Acesso: 29/06/2016.

OLIVEIRA, S. et al. Formaldehyde degradation in an anaerobic packed-bed bioreactor. **Water Research**, 2004.

OLIVEIRA, S. et al. **Gerenciamento de solução de formol em laboratório de anatomia.** Disponível em: <[www.researchgate.net/publication/242589069](http://www.researchgate.net/publication/242589069)> Acessado em: 01/06/2016.

PEREIRA, N.S.; ZAITA, M. **Degradation of formaldehyde in anaerobic sequencing batch biofilm reactor.** Journal os Hazardous Materials, 2008.

SILVA, N.G. et al., **Estudo de alternativas para o tratamento do resíduo de glicerina e formol proveniente de processos de conservação morfológica.** V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG, 2014. Acesso em: 25/05/2016

SILVA, R.M.G. **Preservation of cadavers for surgical technique training.** Veterinary Surgery, 2004. Disponível em [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com) Acesso em: 28/04/2016.

VIEGAS, S. et al. **Exposição ocupacional ao formaldeído em laboratórios de anatomia patológica: quantificação da exposição com diferentes metodologias de avaliação.** Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais. Portugal, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Formaldehyde.** Copenhagen: Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark, 2001. Disponível: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123062/AQG2ndEd\\_5\\_8Formaldehyde.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0014/123062/AQG2ndEd_5_8Formaldehyde.pdf). Acesso em: 02/06/2016.

## APÊNDICE

### CURVA DE PADRÃO PARA O ENSAIO DE DQO

Os ensaios para a determinação da curva padrão de DQO foram realizados no laboratório de química usando uma solução padrão de Biftalato de potássio ( $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ ). A diluição do reagente foi feita primeiramente, utilizando-se 40 ml de solução e completando o recipiente de armazenamento, balão de fundo chato, até 100 mL com água destilada. Em seguida, a mesma técnica foi aplicada com 60 mL e 80 mL.

A correlação entre a concentração em  $\text{mg O}_2/\text{L}$  da solução padrão (Gráfico 1, eixo Y) com a absorbância (Gráfico 1, eixo X) está apresentada no gráfico abaixo:

- Curva Padrão de DQO;

