

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DO RESÍDUO DE GLICERINA E FORMOL PROVENIENTE DE PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO MORFOLÓGICA

Nicole Gröff da Silva* Daiane Stanchack, Monique Farias da Silva, Daiane Calheiro, Ana Cristina de Almeida Garcia.

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Graduanda em Gestão Ambiental. Email: groff.nicole@gmail.com

RESUMO

A utilização de cadáveres e peças anatômicas em aulas práticas nas universidades há muito tem se mostrado eficaz no processo de aprendizagem dos alunos. Para tornar este material viável de utilização didática, faz-se necessária a aplicação de técnicas de conservação, como a formolização e a glicerinação. A associação de ambas as técnicas é comum em algumas instituições de ensino, pois apresenta um resultado muito mais satisfatório. Em contrapartida, esse sistema de tratamento gera como resíduo de processo um efluente líquido classificado pela norma NBR 10.004 como resíduo perigoso – ou Classe I (ABNT, 2004). O presente trabalho consiste em um estudo de caso, de caráter qualitativo, realizado a partir da análise do resíduo gerado pelo laboratório de anatomia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Tem por objetivo apontar alternativas de tratamento para este resíduo, priorizando técnicas de valorização e reciclagem e avaliando suas vantagens e desvantagens. As técnicas sugeridas para estudos posteriores, mais aprofundados, são a separação por filtração simples e a vácuo, separação por diferença de solubilidade, separação por destilação fracionada, neutralização com bissulfito de sódio, tratamento do efluente em ETE e solidificação por uso de absorventes. A filtração se faz necessária como etapa primária independente da técnica escolhida para o tratamento. Os métodos de destilação, neutralização e tratamento microbiológico são mais complexos e exigem maior investimento. As soluções mais simples referem-se à disposição do resíduo em aterro após sua solidificação ou a recuperação do formol e da glicerina com separação por diferença de solubilidade. De um modo ou outro, todas as opções precisam ser avaliadas tanto a curto quanto em longo prazo e sua viabilidade depende do percentual de formol do resíduo. Futuramente, a principal questão a ser refletida é até que ponto considera-se vantajoso investir em tecnologias de tratamento de resíduo ao invés de novos métodos de conservação morfológica.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de resíduo, conservação morfológica, formol, glicerina.

INTRODUÇÃO

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 às 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 formolização, que consiste no uso de formol como líquido fixador e conservador a uma concentração de 5 a 20%. No processo de fixação, o formol é responsável pela inativação das enzimas autolíticas, mantendo a aparência dos tecidos mais próxima ao aspecto *in vivo*; já na conservação, sua função é impedir o processo de decomposição por bactérias e fungos (KRUG et al, 2011; KIMURA, CARVALHO, 2010). O formaldeído pertence à família dos aldeídos, é gasoso a temperatura ambiente e possui características de toxicidade, reatividade e inflamabilidade, o que o tornam um produto perigoso, segundo a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004). Em solução aquosa é chamado de formol ou formalina, é incolor e límpido, de odor forte irritante às mucosas e um produto volátil. É miscível em água, álcool etílico, acetona, benzeno, clorofórmio e éter dietílico (WHO, 2010). Estável nas condições de armazenagem e uso rotineiro, quando aquecido é oxidado pelo ar atmosférico, transformando-se no corrosivo ácido fórmico. Seus gases são inflamáveis, podendo formar uma mistura explosiva com o ar. O ponto de fulgor da solução de formaldeído diminui na medida em que a concentração de metanol aumenta. Em contato com fenol e anilina ocorre a reação exotérmica de polimerização do formol; em contato com agentes oxidantes ele reage violentamente. Por fim, o formol é rapidamente biodegradado e não se bioacumula (ELEKEIROZ, 2006).

Muitos laboratórios, por outro lado, adotam a prática da glicerinação, que como o próprio nome sugere, faz uso da glicerina no processo de conservação. Denominada quimicamente como propanotriol, a glicerina pertence à função orgânica “álcool”, refere-se ao produto na forma comercial do glicerol, com pureza acima de 95% e é um líquido incolor, inodoro e viscoso, considerado higroscópico. É miscível em água e álcool e insolúvel em éter, clorofórmio e óleos fixos e voláteis. Possui incompatibilidade com substâncias oxidantes e bases fortes, anidrido acético, ácido acético, ácido perclórico, cloreto e cloratos de potássio, isocianatos, aminas alifáticas, peróxidos de hidrogênio, permanganato de potássio, oxiclreto de cálcio, óxidos de cromo, cloro, hidretos de metais alcalinos e nitrobenzeno. Acima de 290°C, a glicerina decompõe-se em acroleína, um gás corrosivo. Além disso, não é considerada agressiva ao meio ambiente, pois é de fácil diluição quando em contato com a água e é totalmente biodegradável (SILVA et al., 2008; QUIMIDROL, 2011).

As principais vantagens da formolização são o baixo custo da técnica e a rápida penetração do formol nos tecidos, no entanto, as peças tendem a adquirir peso e rigidez excessivos, bem como uma coloração escurecida (KRUG et al, 2011). Além disso, o formol é considerado um produto potencialmente cancerígeno, capaz de trazer sérias consequências às pessoas e ecossistemas expostos à sua ação (IARC, 2004). Já a glicerinação é menos agressiva às estruturas tratadas, permite fácil manuseio e é inodora (SILVA et al., 2008). A glicerina promove a desidratação celular, deixando as peças mais leves e possibilitando à estrutura conservada uma aparência mais semelhante à original. A principal desvantagem é que tal procedimento requer maior investimento devido ao elevado custo da glicerina (KRUG et al, 2011).

Logo, a associação de ambas as técnicas é comum em algumas instituições de ensino, pois a ação eficaz do formol no retardamento da decomposição celular, em conjunto com o efeito “*in vivo*” adquirido pelas estruturas submetidas à glicerinação, apresenta um resultado muito mais satisfatório. Em contrapartida, esse sistema de tratamento gera como resíduo de processo um efluente líquido classificado pela norma NBR 10.004 como resíduo perigoso – ou Classe I (ABNT, 2004). Devido a isto, este efluente, composto basicamente por glicerina e formaldeído com fragmentos de fibras orgânicas, requer o uso de tecnologias que o viabilizem para posterior reuso ou reciclagem, ou que ainda, assegurem sua disposição da maneira mais adequada possível. Portanto, o presente estudo surge a fim de apontar alternativas de tratamento para o resíduo em questão, priorizando técnicas de valorização e reciclagem e avaliando suas vantagens e desvantagens.

METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um estudo de caso, de caráter qualitativo, realizado a partir da análise do resíduo gerado pelo laboratório de anatomia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), na cidade de São Leopoldo, Rio Grande do Sul. O uso da glicerina surgiu devido à preocupação com a saúde dos alunos e professores envolvidos no manuseio das peças anatômicas, durante as aulas práticas no laboratório de Anatomia.

A conservação dos corpos e peças anatômicas na universidade ocorre em três etapas distintas: 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.

Atualmente, a universidade armazena de 700 a 800 litros do efluente líquido, proveniente da última etapa de conservação, constituído pela glicerina contaminada com formol e fibras desprendidas pelas estruturas durante sua permanência no tanque de glicerinação. Este resíduo tem idade aproximada de 7 anos, pois tem sido acumulado desde o início da utilização das técnicas integradas.

A fim de se apontar alternativas de valorização para tal resíduo ou, uma vez que inviável, indicar qual a disposição final adequada, dividiu-se o presente estudo em duas etapas: as análises de caracterização e a pesquisa bibliográfica. Na primeira etapa da metodologia, o resíduo foi encaminhado ao laboratório de química da universidade para a confirmação da presença de formol na amostra pela técnica 2,4-dinitrofenil-hidrazina. Também se determinou o potencial hidrogeniônico em pHmetro digital, densidade relativa por picnômetro e viscosidade em viscosímetro rotacional Brookfield, modelo LVT (medido em *spindle 2, speed 30*). Por sequência, em posse dos resultados e das Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) da glicerina e do formol, realizou-se a pesquisa bibliográfica em vias de se explorar as alternativas de tratamento viáveis para o resíduo em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indicação de alternativas de tratamento para o resíduo foi fundamentada com base nos resultados de análise do resíduo, bem como nas Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) da glicerina e do formol.

Na caracterização da amostra, confirmou-se a presença de formol na glicerina através do método 2,4-dinitrofenil-hidrazina. O efluente apresentou densidade de 1,2318 g/cm³, pH de 4,98 e viscosidade de 45 cPs. Seu aspecto pode ser visualizado pela Figura 1, que compara a amostra do resíduo (à esquerda) com a amostra da glicerina branca bidestilada não contaminada (à direita).

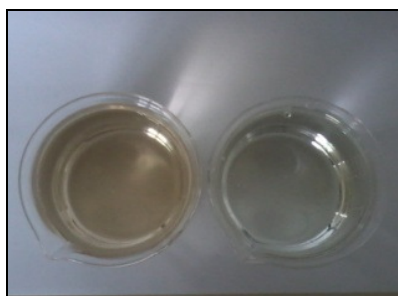


Figura 1: Aparência do resíduo e da glicerina pura. Fonte: Elaborado pelo(s) autor(es), 2014.

Com base em apoio legal para orientar o desenvolvimento da pesquisa de destinação do resíduo, pôde-se concluir que a disposição do efluente em aterros industriais é, em partes, inviável. Conforme consta na Norma Brasileira NBR 10157 (ABNT, 1987), os resíduos com menos de 15 % de sólidos totais (em massa) não podem ser dispostos diretamente em aterros por não suportarem cobertura. Analisou-se ainda a Licença Operacional de um dos aterros industriais da região do Vale do Rio dos Sinos, na qual se encontra a orientação de que “não poderão ser dispostos resíduos líquidos nas células ou com teor de umidade superior a 70%”.

Diante disso, o presente trabalho indica algumas possíveis alternativas. A primeira é a *separação por filtração simples e a vácuo*, cujo objetivo é segregar a parte líquida do resíduo dos fragmentos de tecido presentes através de filtração. Este procedimento se faz necessário independente do tipo de tratamento que será aplicado posteriormente, 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 e deve-se observar a porosidade do filtro a ser utilizado para garantir maior eficiência no processo.

Outra técnica é a *separação por diferença de solubilidade*, que visa separar a glicerina do formol, possibilitando diferentes destinações para cada uma das substâncias. A mistura de glicerina e formol forma um sistema homogêneo, portanto, pode-se afirmar que ambos são miscíveis entre si. Todavia, isto não significa que todos os líquidos miscíveis em formol sejam também miscíveis em glicerina e vice-versa. A glicerina é miscível em água e álcool e insolúvel em éter dietílico, clorofórmio e óleos fixos e voláteis (QUIMIDROL, 2011). Enquanto isso, o formol é miscível em água, álcool etílico, acetona, benzeno, clorofórmio e éter (WHO, 2010). Comparando estas informações, pode-se perceber que a glicerina não se mistura ao éter dietílico nem ao clorofórmio, no entanto, o formol é capaz de se solubilizar nestes meios. Desde modo, adicionando-se um destes dois solventes ao resíduo, é possível separá-los em duas fases distintas por decantação: uma de glicerina e outra de formol + éter/clorofórmio. Após a mistura do solvente ao resíduo e a sedimentação da fração mais densa, procede-se a separação por meio de um funil de decantação ou através de sifonamento. A vantagem desta técnica está na simplicidade e baixo custo, porém, faz-se necessário estabelecer métodos de separação para o formol com clorofórmio/éter, o que pode tornar o procedimento mais complexo e oneroso e, portanto, inviável.

A próxima opção consiste na *separação por destilação fracionada*, baseando-se na diferença entre os pontos de ebulição da glicerina e do formol. No caso do resíduo em estudo, tem-se que o formol apresenta PE entre 96 a 100° C, já a glicerina entra em ebulição a 290° C. Portanto, mantendo-se a temperatura de destilação na faixa de 100 a 110° C, é possível evaporar apenas o formol. No entanto, quando aquecido e em contato com oxigênio, este tende a se decompor a ácido fórmico, gás altamente corrosivo. Além disso, a glicerina também não deve atingir sua temperatura de ebulição, pois neste momento ela se decompõe a acroleína, uma substância considerada cancerígena (WHO, 2010; QUIMIDROL, 2011). Logo, conclui-se que esta opção de tratamento requer muitos cuidados e representa riscos à saúde de quem opera

o sistema. Do mesmo modo, há outras substâncias não previstas, adicionadas à glicerina ou ao formol em seu processo de obtenção, e que também podem comprometer a qualidade do processo e resultar em maiores riscos.

Na técnica de *neutralização com bissulfito de sódio*, se permite que ocorra a neutralização química do formol pela adição de uma quantidade suficiente de agentes alcalinizantes ou redutores. Compostos que possuem carbonila em suas estruturas, a exemplo do formaldeído (HCHO), são capazes de se ligar especialmente ao bissulfito. Em soluções aquosas, as espécies de S (IV) podem se ligar aos compostos carbonílicos de várias maneiras e uma destas combinações pode conduzir à formação de ácidos hidroxialquilsulfônicos (AHAS), conforme a Figura 2.

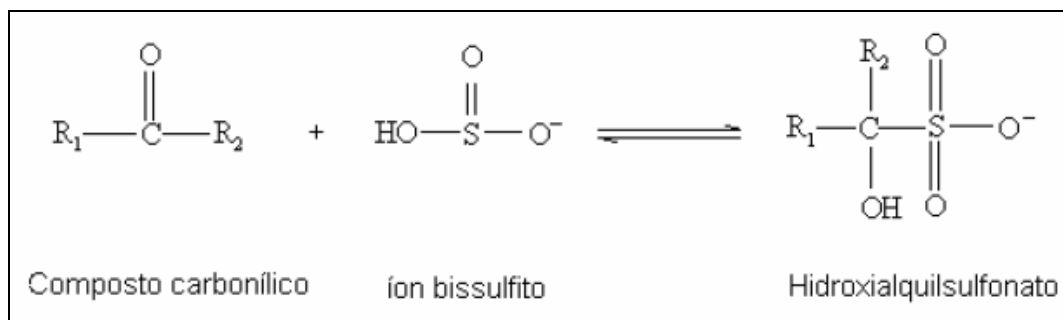
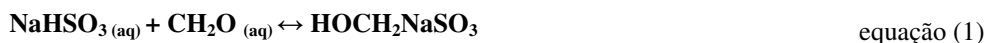


Figura 2: Reação de formação dos AHAS. Fonte: Azevêdo, 2007

O composto de adição resultante da combinação do bissulfito de sódio com formaldeído é um aduto, o Ácido Hidroximetanosulfônico (AHMS), visualizado na equação 1, que possui alta estabilidade (AZEVEDO, 2007).



Também denominado Hidroximetano Sulfonato de Sódio (HMSS), uma de suas aplicações é como condicionador de colchões de água, pois neutraliza a cloramina, evitando a formação de algas. (SINGLETON, 2014). No entanto, por se tratar de um tratamento envolvendo reações químicas, esta técnica pode ser considerada complexa e ainda apresentar riscos à saúde se interações não previstas ocorrerem. Isso porque, as equações acima se referem ao que ocorre quando adicionado bissulfito ao formol, sem considerar a presença de outras substâncias no meio. Outro ponto a destacar é a formação do AHMS que, se não separado posteriormente da glicerina, pode alterar algumas de suas propriedades, dificultando sua reutilização para determinadas aplicações, caso seja esta a intenção.

Sugere-se também o *tratamento do efluente em ETE*, pois tanto processos físico-químicos quanto aeróbios e anaeróbios podem ser aplicados no tratamento de águas residuárias com formaldeído, embora esta última opção seja pouco explorada nas literaturas a respeito (PEREIRA, 2007). Um efluente contendo formaldeído pode ser degradado, por exemplo, por culturas microbianas como a *Pseudomonas putida* que, em reatores de leito fluidizado, consomem o ácido fórmico e o metanol, formados por dismutação, convertendo-os em gás carbônico e água (ADROER et al., 1990, tradução nossa). Uma vez que a geração do resíduo de glicerinação ocorre a cada batelada, para viabilizar seu tratamento seria necessária a projeção de uma miniestação de tratamento específica para este efluente, ou ainda, que este fosse tratado junto aos demais efluentes encaminhados à ETE da universidade. Todavia, por se tratar de um processo envolvendo microrganismos vivos, torna-se difícil prever o seu desempenho e a eficiência do tratamento quando misturado a outros efluentes de diferentes características. Por tanto, esta é uma opção que demanda estudos mais aprofundados para avaliação da viabilidade.

Por fim, a última técnica é a de *solidificação por uso de absorventes*, que possibilita não só a estabilização do resíduo de glicerina e formol, como também, sua aceitação em aterros industriais da região. Para tal processo, usa-se um agente absorvente, como o amido de milho, que é inerte e atóxico (GERBRAS, 2007). Em testes laboratoriais, estimou-se a proporção necessária para solidificar o resíduo em 1:1, visualizando-se o resultado através da Figura 3.



Figura 3: Solidificação por amido de milho. Fonte: Elaborado pelo(s) autor(es), 2014.

Como vantagens deste método, destaca-se o baixo investimento e a mínima emissão de material particulado durante a homogeneização do amido com o efluente. Em relação aos pontos negativos, há um incremento no volume de resíduo, acarretando maiores custos para disposição. O procedimento também requer o uso de um dispersor industrial que possibilite a mistura e, portanto, talvez se faça necessária a parceria da universidade com alguma empresa ou instituição que possa emprestar o equipamento ou realizar o processo em sua própria planta.

CONCLUSÃO

A análise das alternativas de tratamento do resíduo de glicerina e formol, proveniente do Laboratório de Anatomia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, revelou dentre os principais aspectos, a necessidade de filtração do efluente independente do tipo de tratamento posterior, bem como os pontos positivos e negativos das técnicas consideradas. A separação por diferença de solubilidade apresentou-se como um método simples e barato, mas que apresenta como desvantagem a geração de outro resíduo que também deve ser tratado. A técnica de separação por destilação fracionada requer um sistema adequado de destilação, com controle de temperatura e pode representar riscos à saúde devido à possibilidade de formação do ácido fórmico e da acroleína. A neutralização com bissulfito é uma das alternativas mais complexas por envolver reações químicas e pela presença do AHMS formado, que pode alterar algumas das propriedades da glicerina, dificultando sua reutilização em determinadas aplicações. Já o tratamento microbiológico do efluente requer a projeção de uma mini ETE ou de estudos mais aprofundados para verificar a possibilidade de tratá-lo com demais efluentes na ETE da universidade. Por fim, a solidificação por amido demanda baixo investimento e a emissão de material particulado é mínima, no entanto, necessita-se de um dispersor industrial. Além disso, devido à adição do agente absorvente, o volume de resíduo torna-se maior, logo, maiores serão os custos com a disposição. Uma vez que o objetivo do presente trabalho é indicar alternativas de tratamento para a glicerina contaminada com formol, e não apontar a técnica mais adequada pode-se afirmar que, independente da escolha, faz-se necessário um estudo de viabilidade técnica e econômica detalhado. Sem dúvida, os métodos de destilação fracionada, neutralização química e tratamento microbiológico são mais complexos e exigem maior investimento. Considerando também que a glicerina e o formol representam a maior parcela do resíduo, mas não são seus únicos componentes, pode-se afirmar que a interação de outras substâncias possivelmente presentes pode alterar os resultados previstos neste estudo. As soluções mais simples referem-se à disposição do resíduo em aterro após sua solidificação ou a recuperação do formol e da glicerina com a separação por diferença de solubilidade. De um modo ou outro, todas as opções apresentam vantagens e desvantagens e precisam ser avaliadas tanto a curto quanto em longo prazo. A viabilidade de algumas das técnicas apresentadas depende também do percentual de formol do resíduo, parâmetro este não determinado pelo estudo em questão. Por fim, a universidade e as demais instituições devem refletir até que ponto é vantajoso investir em tecnologias de tratamento de resíduo ao invés de novos métodos de conservação morfológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adroer, N. et al. *Mechanism of formaldehyde biodegradation by Pseudomonas putida*. Ingeniería Química. Universitat Autònoma de Barcelona, Espanha, Applied Microbiology Biotechnology, 1990.
2. Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10004, Resíduos Sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

3. _____. *NBR 10157, Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
4. Azevêdo, Luciana Cavalcanti de. *Estudo de compostos carbonílicos e os respectivos ácidos hidroxialquilsulfônicos em vinhos*. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química. Programa de pós-graduação em química. Salvador, 2007.
5. Elekeiroz. *Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico: Formaldeído*. 2006. Disponível em: <http://www.sasil.com.br/br/hp/upload/FISPQ_Formaldeido_Elekeiroz.pdf>. Acesso em: 24 maio 2014.
6. Gerbras – Química Farmacêutica. *Acervo técnico: amido*. 2007. Disponível em: <http://web.archive.org/web/20070703185016/http://www.gerbras.com.br/acervo/pos_cosmeticos_tipos.asp>. Acesso em: 3 jun. 2014.
7. International Agency for Research on Cancer (IARC). *IARC Classifies formaldehyde as carcinogenic to humans*, 2004. Disponível em: <<http://www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2004/pr153.html>>. Acesso em: 24 maio 2014.
8. Kimura, Adriana Kimie; Carvalho, Wanserson Luís. *Estudo da relação custo x benefício no emprego da técnica de glicerinação em comparação com a utilização da conservação por formol*, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso de Extensão apresentado como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Higienista Ocupacional em “Higiene Ocupacional”, à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara, SP.
9. Krug, Leonice *et al.* *Conservação de peças anatômicas com glicerina loira*, 2011. I Mostra de Iniciação Científica - I MIC, Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia – Concórdia, SC. P. 1-6. Disponível em: <http://mic.ifccconcordia.edu.br/wpcontent/uploads/2011/09/MIC109_Conserva%C3%A7%C3%A3o_de_pe%C3%A7as_anat%C3%B4micas_com_glicerina_loira.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2014.
10. Pereira, N. S. *Degradação anaeróbia de formaldeído em reator operado em bateladas sequências contendo biomassa imobilizada*. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2007.
11. Quimidrol. *Glicerina Bidestilada – FISPQ Ficha de Informação de Produto Químico*, 2011. Disponível em : <http://www.quimidrol.com.br/site/admin/user/anexos/quimico_aecfcd33048b80029ac8c6e7cf5dac16.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2014.
12. Silva, E, M., et al. *Estudo Analítico da Técnica de Glicerinação Empregada para Conservação de Peças Anatômicas* – Experiência da Disciplina de Anatomia Humana do Departamento de Morfologia do UniFOA. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, ano 3, Edição Especial, 2008. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br>>. Acesso em: 1 jun. 2014.
13. Singleton, Bonnie. *Recipe for Waterbed Conditioner*. 2014. Disponível em: <http://www.ehow.com/way_5557506_recipe-waterbed-conditioner.html>. Acesso em: 8 jun. 2014.
14. World Health Organization (WHO). *WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. 2010. Copenhagen, Denmark. Disponível em: <http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf>. Acesso em: 10 set. 2014.