

Batista, RM, Barony, FJA, Santos, AE, Campos, KBEN, Moreira, JMQ, Penna, LFR & Fioravante, IA (2020). Analysis of the silver content in the effluent generated by the radiology sector in a hospital in Governador Valadares City, Minas Gerais State, Brazil. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-15, e213973723.

**Análise do teor de prata no efluente gerado pelo setor de radiologia em um hospital do
Município de Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil**

**Analysis of the silver content in the effluent generated by the radiology sector in a
hospital in Governador Valadares City, Minas Gerais State, Brazil**

**Análisis del contenido de plata en el efluente generado por el sector de radiología en un
hospital em la Ciudad de Governador Valadares, Estado de Minas Gerais, Brasil**

Recebido: 16/04/2020 | Revisado: 28/04/2020 | Aceito: 03/05/2020 | Publicado: 05/05/2020

Romina Mara Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5148-9710>

Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares, Brasil

E-mail: rominamara@bol.com.br

Flávio José de Assis Barony

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-396X>

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais *campus* Timóteo, Brasil

E-mail: flaviobarony@cefetmg.br

Alda Ernestina dos Santos

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8086-7170>

Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Bambuí, Brasil

E-mail: alda.santos@ifmg.edu.br

Karina Bicalho Ervilha do Nascimento Campos

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8768-1114>

Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares, Brasil

E-mail: karina.campos@ifmg.edu.br

José Márcio Quintão Moreira

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4530-4206>

CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira, Brasil

E-mail: jmarcio.quintao@oi.com.br

Luiz Fernando da Rocha Penna

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0456-9299>

Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares, Brasil

E-mail: luiz.penna@ifmg.edu.br

Isabela Araújo Fioravante

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5893-3466>

Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Ipatinga, Brasil

E-mail: isabela.fioravante@ifmg.edu.br

Resumo

O elemento prata (Ag) está presente no efluente dos equipamentos de radiografia e por se tratar de uma espécie química bioacumuladora requer a devida gestão de seu descarte, uma vez que se direcionado inadequadamente para o corpo receptor hídrico poderá comprometer a cadeia biológica. Este estudo teve por objetivo quantificar o teor de Ag no efluente de um equipamento de radiografia, em três pontos de descarte, bem como avaliar o processo de gestão do efluente à luz da legislação pertinente. Para tanto foram coletadas amostras em três pontos de descarte ao longo de três dias subsequentes ao da sua geração, e as mesmas analisadas por Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma (ICP-EAP). Os resultados revelaram um teor médio de Ag de 5,87 mg/L; 2.795,65 mg/L e 1.525,31 mg/L, para o revelador, fixador e composição do revelador e fixador em água, respectivamente. Os valores observados são muito superiores ao limite máximo estabelecido pela legislação. Foi verificado ainda que na unidade hospitalar avaliada a gestão dos efluentes ocorre de maneira precária, no que diz respeito ao acondicionamento, armazenamento e destinação final dos resíduos do grupo B, uma vez que o estabelecimento não cumpre com todas as premissas elencadas pela RDC/ANVISA nº 306/2004.

Palavras-chave: Prata; Efluente; Radiologia; Metais pesados.

Abstract

The silver element (Ag) is present in the effluent of radiography equipment and because it is a bioaccumulating chemical species, it requires the proper management of its disposal, since if it is improperly directed to the water receiving body, it can compromise the biological chain. This study aimed to quantify the Ag content in the effluent of a radiography equipment, at three points of disposal, as well as to evaluate the effluent management process in the light of the relevant legislation. For this purpose, samples were collected at three points of disposal

over three days after their generation, and the same ones were analyzed by Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-EAP). The results revealed an average Ag content of 5.87 mg/L; 2,795.65 mg/L and 1,525.31 mg/L, for the developer, fixer and developer of the developer and fixer in water, respectively. The observed values are much higher than the maximum limit established by the legislation. It was also verified that the effluent management in the evaluated hospital unit is precarious, about the conditioning, storage and final destination of group B waste, since the establishment does not comply with all the premises listed by RDC/ANVISA number 306/2004.

Keywords: Silver; Effluent; Radiology; Heavy metals.

Resumen

El elemento plata (Ag) está presente en el efluente del equipo de radiografía y, debido a que es una especie química bioacumuladora, requiere el manejo adecuado de su eliminación, ya que si se dirige incorrectamente al cuerpo receptor de agua, puede comprometer la cadena biológica. Este estudio tuvo como objetivo cuantificar el contenido de Ag en el efluente de un equipo de radiografía, en tres puntos de eliminación, así como evaluar el proceso de gestión de efluentes a la luz de la legislación pertinente. Para este propósito, se recolectaron muestras en tres puntos de eliminación durante tres días después de su generación, y las mismas se analizaron por espectrometría de emisión atómica de plasma (ICP-EAP). Los resultados revelaron un contenido promedio de Ag de 5.87 mg/L; 2,795.65 mg/L y 1,525.31 mg/L, para el desarrollador, fijador y desarrollador y fijador en agua, respectivamente. Los valores observados son mucho más altos que el límite máximo establecido por la legislación. También se verificó que el manejo de los efluentes en la unidad hospitalaria evaluada es precario, con respecto al acondicionamiento, almacenamiento y destino final de los desechos del grupo B, ya que el establecimiento no cumple con todos los locales enumerados por RDC/ANVISA n° 306/2004.

Palabras clave: Plata; Efluente; Radiología; Metales pesados.

1. Introdução

Um dos poluentes que afeta a qualidade da água e por sua vez o meio ambiente é o elemento prata (Ag), o qual é utilizado em centros de radiodiagnóstico para fins de revelação de filmes radiográficos (Fernandes et al., 2005).

A radiografia constitui uma importante ferramenta complementar em diagnósticos na área da saúde. Todavia, no processamento radiográfico são gerados efluentes resultantes dos processos de revelação, fixação e de lavagem de filmes radiográficos, os quais podem representar danos ambientais quando descartados inadequadamente, uma vez que contêm compostos orgânicos e inorgânicos que oferecem riscos ambientais diversos (Pistóia et al., 2004; Ues et al., 2008).

A presença de metais pesados nos efluentes do serviço de radiologia quando em teores acima do permitido para o descarte pode representar um fator de risco para a saúde de organismos aquáticos e terrestres através da contaminação do solo e águas superficiais e subterrâneas (Maciel, Liu & Cardoso, 2004).

Dentre os efeitos adversos decorrentes da toxicidade de metais pesados, os danos ao sistema nervoso central, sistema hepático, sistema hematopoiético, sistema renal e sistema esquelético são os mais evidenciados (Oliveira, 2006).

Os principais componentes da solução reveladora de radiografias são os agentes redutores metol e hidroquinona, enquanto o tiosulfato de sódio, ácido acético, sulfito de sódio e alúmen de potássio constituem os componentes principais da solução fixadora (Kurpiel, 2008).

Considerando-se os riscos ambientais associados ao descarte inadequado de efluentes de serviço radiológico, este trabalho teve por objetivo avaliar o teor de Ag no efluente gerado pelo setor de radiologia de um hospital de Governador Valadares-MG, bem como analisar o cumprimento da gestão do efluente hospitalar à luz da legislação pertinente.

2. Metodologia

A pesquisa em campo ocorre sob condições menos controladas como afirma Pereira et al. (2018). Neste estudo faz-se a coleta de amostras em campo.

Objeto de estudo

O hospital em estudo está localizado no município de Governador Valadares, no Leste do Estado de Minas Gerais, na região do Vale do Rio Doce. A população estimada do município é de 279.665 habitantes (IBGE, 2016).

Coleta e preparo das amostras

As amostras de efluente foram coletadas em três pontos diferentes: 1) revelador; 2) fixador; e 3) uma composição do revelador e fixador em água; em três dias diferentes. O quantitativo amostral foi definido em função do número de exames radiológicos ser elevado e constante no Hospital, com aproximadamente 7.000 exames ao mês, logo, sem necessidade de ampla repetição, além da limitação para deslocamento para fins de análise laboratorial na Empresa de Celulose, que fica a 70 km de Governador Valadares. As amostras foram coletadas da processadora automática, durante o processo de manutenção de rotina, no dia subsequente ao da sua geração.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas separadamente em recipientes de 500 mL cada. O preparo e manutenção das amostras coletadas seguiu as recomendações do procedimento nº 3500 da *Standard Methods* (American Public Health Association, 2005). As amostras foram acidificadas com ácido sulfúrico até $\text{pH} < 2$ e preservadas em câmara climatizada a uma temperatura de 4°C e posteriormente encaminhadas para análise no laboratório de uma indústria produtora de celulose localizada a 70 km do município de Governador Valadares.

Análises das amostras

Para a quantificação do teor de Ag as amostras foram submetidas a análises por Espectrofotometria por Emissão de Plasma (ICP) em um espectrofotômetro Shimadzu modelo ICP-E 9000. A fim de manter a preservação das amostras evitando sua ebulição utilizou-se um bloco digestor com temperatura controlada.

Para as análises por ICP um volume de 50 mL de cada uma das amostras foi tratado ácido nítrico ultrapuro (Merck®). Após o tratamento ácido, as amostras foram filtradas e o volume retomado para 250 mL em um balão volumétrico. Todas as análises foram conduzidas em duplicata a fim de se obter as médias aritméticas dos resultados, bem como uma repetitividade e maior confiabilidade dos resultados.

Análise do cumprimento das normas de gestão do efluente radiológico

A fim de se verificar o cumprimento das normas vigentes de gestão dos efluentes hospitalares no estabelecimento avaliado, foram realizadas inspeções visuais e fotográficas nos dias de coleta, confrontando as observações à luz da legislação pautada na Resolução da

Diretoria Colegiada (RDC) n° 306/04 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e a resolução n° 358/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2004; Brasil, 2005).

As informações operacionais da processadora automática foram obtidas por meio do manual de operações do equipamento.

3. Resultados e Discussão

Teor de Ag no efluente radiológico

A Resolução n° 430/11 do CONAMA, dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes e determina, dentre outros, o teor máximo de 0,1 mg/L de Ag em efluentes para lançamento em corpos receptores hídricos (Brasil, 2011).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a concentração média de Ag no revelador, fixador e uma composição do revelador e fixador em água, foi de 5,87mg/L, 2.795,6 mg/L e 1.525,3 mg/L, respectivamente, valores estes muito superiores ao limite máximo estabelecido pela legislação.

Tabela 1. Teor de Ag nos três pontos de coleta nos diferentes dias.

Amostra	Teor de Ag (mg/L)			
	1° dia	2° dia	3° dia	Média
Revelador	1,73	6,72	9,15	5,87
Fixador	2.387,5	3.717,5	2.281,9	2.795,6
Revelador + fixador	1.062,5	2.408,3	1.105,2	1.525,3

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de Ag observados para o efluente radiológico do hospital em questão foram consideravelmente superiores ao observado em estudo conduzido por Fernandes et al. (2005), em que a concentração de Ag encontrada nas amostras avaliadas, em qualquer dos componentes, até mesmo do fixador, após processo de separação, foi de 0,5 mg/L de solução, valor este cinco vezes maior que o teor máximo preconizado pela resolução n° 430/2011 do CONAMA.

Considerando-se o potencial bioacumulador, a toxicidade da Ag e os elevados teores deste metal pesado nas amostras analisadas, o descarte destes efluentes pode vir a afetar a vida aquática do ambiente receptor, levando a um comprometimento da fauna e flora local.

Os resultados obtidos revelam ainda uma oscilação no teor de Ag entre os dias de coleta, a qual pode estar associada a três fatores principais: a) quantidade de exames radiológicos realizados no intervalo de 24h, quando se dá a higienização de rotina do equipamento; b) o tipo de filme radiológico utilizado; c) variação do pH das soluções de efluentes analisadas, pois no “Procedimento Operacional Padrão – POP”, não há controle sobre a quantidade de água utilizada para realizar a limpeza da processadora automática.

Sobre o tipo de filme radiológico utilizado, sua composição consiste em folhas de acetato de celulose, contendo cristais de haleto de prata, envoltos por uma matriz gelatinosa. Estudos revelam que em função do tipo de filme ou película de radiografia utilizada, o teor de Ag nos efluentes pode variar (Goshima et al., 1994).

O pH constitui um outro parâmetro que interfere no teor de Ag. Fernandes et al. (2006), avaliando o teor de Ag nos efluentes radiográficos de hospitais das zonas leste e sul de Natal-RN observaram que o pH do fixador e do revelador se encontravam fora dos limites permissíveis para o lançamento. Para a solução do fixador foi observado pH ácido (4,93) e para o revelador pH alcalino (10,98), o que está em desacordo com a RDC n° 306/2004, que estabelece dentre outras uma faixa de pH ideal entre 7 a 9, respectivamente, para tais soluções (Brasil, 2004).

O alto teor de Ag observado em efluentes de serviço radiológico exige que antes de seu descarte no ambiente o efluente seja devidamente tratado, a fim de evitar a contaminação dos corpos d'água e solos. Entretanto, Fernandes et al. (2005), apontam que o tratamento dos efluentes gerados pelos serviços de radiologia, quando existe, resume-se ao uso de máquinas separadoras de prata, mal projetadas e operadas sem nenhum controle ou compromisso com o meio ambiente.

A partir dos teores de Ag observados para os três pontos e o volume diário de efluente gerado pelo serviço radiológico do hospital avaliado, estima-se que o teor anual de Ag proveniente do revelador, fixador e na composição do revelador e fixador em água seja respectivamente, 0,015 kg/ano; 7,14 kg/ano e 3,89 kg/ano, totalizando 11,055 kg/ano. Valor este bem próximo ao observado por Carlson (2007), que verificou no setor de serviço de radiologia de um hospital estadual do Rio de Janeiro a produção e descarte de um volume de aproximadamente 15.000 L de efluente por ano, contendo cerca de 16 kg de Ag em sua composição, além de outras substâncias químicas prejudiciais ao meio ambiente.

Segundo dados fornecidos pelo setor de estatística do hospital pesquisado, são realizados em média 7.000 exames radiológicos por mês. Considerando-se que a limpeza da processadora automática é realizada diariamente, e que a processadora em questão contém

três tanques com volume de 7 litros para cada solução, estima-se que o volume mensal de efluentes gerado em cada um dos pontos seja de aproximadamente 210 L/mês, o que leva a um volume total de efluente de cerca de 630 L/mês ou 7560 L/ano.

Diante do considerável volume de efluente radiológico lançado anualmente pelo hospital avaliado, uma solução adequada para o problema do descarte dos efluentes gerados pelo setor de radiologia do estabelecimento seria a substituição dos equipamentos de radiografia tradicionais por equipamentos de radiografia digital, os quais não utilizam soluções químicas no processamento radiográfico e, portanto, não geram efluentes, além de evitar o contato dos profissionais do setor com substâncias químicas, minimizando assim os impactos na saúde ocupacional, ambiental e na saúde pública em geral. Cabe ressaltar que o hospital avaliado dispõe de tal equipamento, mas devido a questões burocráticas a instalação do mesmo não havia sido concretizada.

De acordo com Teschke et al. (2000), a evolução da tecnologia de imagem digital é uma opção disponível para a eliminação do uso de revelador e fixador em serviços de radiodiagnósticos e conseqüentemente na redução dos prováveis riscos ambientais decorrentes do descarte incorreto de tais soluções.

Por sua vez, Gonzaga Júnior & Carvalho (2006), ressaltam que a transição tecnológica da radiologia para o ambiente digital é ecológica e economicamente viável, uma vez que a tecnologia digital possibilita o armazenamento permanente da documentação em meio digital, reduzindo assim os impactos causados pelo descarte das chapas radiográficas.

Gestão do efluente radiológico

A Resolução nº 358/05 do CONAMA dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. No âmbito da referida resolução, os efluentes de processadores de imagem são considerados do grupo B, uma vez que apresentam substâncias químicas que a depender de suas características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade podem causar riscos à saúde pública ou ao ambiente (Brasil, 2005).

A fim de avaliar se o hospital em questão cumpre as normas vigentes no que diz respeito ao gerenciamento, tratamento e descarte de efluentes hospitalares, foram realizadas inspeções visuais e fotográficas nos dias de coleta. As inspeções foram conduzidas tendo por base os preceitos da Resolução nº 358/05 do CONAMA e da RDC nº 306/04 da ANVISA.

No decorrer da visita ao setor radiológico para a coleta das amostras observou-se que o descarte e a troca dos líquidos não seguem os preceitos da RDC n° 306/04, uma vez que a solução de fixador era reutilizada inúmeras vezes antes de ser destinada à coleta pela empresa contratada pelo hospital. A destinação das demais soluções não foi informada.

Foi verificado ainda que a solução resultante do Revelador e Fixador em água continha resquícios das soluções anteriores, sendo necessária, portanto, o tratamento desses efluentes antes de serem lançados na rede sanitária, conforme sugerido por Oliveira (2006) e Fernandes (2009). Contudo, tal procedimento não era realizado pelo hospital e a água utilizada no processo de lavagem também apresentou resquícios das soluções, evidenciando assim a ineficiência no tratamento do efluente. Desta forma, o efluente descartado indevidamente pode trazer prejuízos ao meio ambiente (Oliveira, 2006; Fernandes, 2009).

A água utilizada no processo de lavagem também apresentou resquícios das soluções, evidenciando assim a ineficiência no tratamento do efluente. Desta forma, tais efluentes podem ser prejudiciais ao meio ambiente caso não descartados corretamente (Oliveira, 2006; Fernandes, 2009).

Embora seja obrigatório o tratamento dos efluentes do serviço radiológico (Brasil, 2004; Brasil, 2005), este nem sempre ocorre, ou quando ocorre não atende ao estabelecido na legislação (Araújo, 2008).

Segundo Topanotti (2010), são poucas as instituições que possuem estações de tratamento, de forma que a maioria descarta o resíduo radiológico diretamente na rede coletora de esgotos. Um dado muito preocupante, uma vez que as estações públicas de tratamento de água nem sempre são capazes de realizar o tratamento da água contendo tais resíduos, ao ponto torná-la potável, e quando conseguem é por meio de processos muito onerosos (World Wide Fund Brasil, 2006; Ues et al., 2008; Silva, 2008).

Fernandes et al. (2006), avaliou o teor de Ag e a geração de efluentes radiográficos em hospitais das zonas leste e sul de Natal-RN, onde constataram que as soluções de revelador e água de lavagem eram lançadas no meio ambiente por meio da rede de coleta dos esgotos domésticos, sem nenhum tratamento prévio adequado. Por sua vez, o fixador era comercializado para a recuperação da prata metálica e somente o revelador era tratado como Resíduo de Serviço de Saúde (RSS) e devidamente destinado à empresa responsável pela coleta desse tipo de resíduo.

Outra irregularidade observada no hospital avaliado foi a ausência de identificação do tambor utilizado para acondicionamento do efluente no estado líquido. O que está em desacordo com a norma ABNT 7500/03 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que

estabelece, dentre outras, a necessidade de identificação dos recipientes de armazenamento por meio da discriminação da substância química presente e frases de risco (Brasil, 2005).

Conforme pode ser observado na imagem da Figura 1, o recipiente utilizado no armazenamento desses resíduos não dispunha de tampa rosqueada e vedante, descumprindo assim as exigências da RDC n° 306/04 da ANVISA (Brasil, 2004).

Figura 1. Recipiente utilizado no armazenamento dos efluentes líquidos.



Fonte: Autoria própria (2017).

No que diz respeito ao armazenamento dos efluentes líquidos, mais uma irregularidade foi observada, uma vez que o hospital não dispõe de local próprio reservado para essa finalidade, sendo tal armazenamento realizado de forma incorreta na própria sala de revelação de filmes.

Neste estudo verificou-se que o efluente do fixador é reutilizado mais de uma vez e que seu acondicionamento é realizado de forma inadequada nos próprios galões e tambores plásticos em que as soluções são adquiridas, o que está em total desacordo com a RDC n° 306/04 da ANVISA que estabelece que o armazenamento temporário de tais resíduos seja realizado em recipientes constituídos de material compatível com o líquido armazenado, resistentes, rígidos e estanques, com tampa rosqueada e vedante (Brasil, 2004).

Um estudo conduzido por Sales et al. (2009), em um hospital do município de Marituba no Estado do Pará revelou que os resíduos do grupo, assim como foi observado para o hospital avaliado no presente estudo, eram acondicionados de maneira incorreta, sem levar

em consideração fatores importantes, como a compatibilidade dos resíduos com o recipiente de armazenamento.

Do ponto de vista normativo, a RDC n° 306/04 da ANVISA ressalta que para o gerenciamento desses resíduos é necessário que os prestadores de serviços de saúde elaborem o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS), sendo este, o documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo de resíduos sólidos e efluentes gerados nos estabelecimentos de serviço de saúde, devendo todas as ações corretamente e rigorosamente seguidas (Brasil, 2004).

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM (2008), para identificar os problemas na gestão de resíduos, o estabelecimento deve realizar um diagnóstico da situação, questionando, dentre outras, qual é a geração mensal de cada grupo de resíduo, se há medidas de minimização e quais os cuidados necessários para o manuseio seguro dos mesmos.

4. Considerações Finais

Os resultados obtidos indicam que o teor de Ag nos três pontos de amostragem avaliados ultrapassa expressivamente o limite de 0,1 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 430/2011, tornando inviável o descarte de tais resíduos na rede sanitária, constituindo grave problema ambiental se lançado em rede pública coletora sem o tratamento adequado.

Quanto à gestão do efluente foram constatadas diversas irregularidades no acondicionamento e armazenamento, , uma vez que os procedimentos realizados pelo setor do hospital não atendem o disposto no PGRSS determinado pela RDC n° 306/04 da ANVISA, na íntegra.

No que diz respeito ao descarte e armazenamento de resíduos radiológicos, recomenda-se que o hospital adote medidas e estratégias que visem uma imediata adequação às normas vigentes. Neste sentido, acredita-se que os resultados e questionamentos levantados nesta pesquisa possam subsidiar a instituição hospitalar nas ações necessárias de adequação à legislação vigente.

Por fim, com a iminente instalação do equipamento digital pela instituição hospitalar avaliada, espera-se que a fonte deste contaminante seja eliminada, de forma a reduzir os possíveis impactos e riscos ambientais decorrentes do descarte dos resíduos.

Agradecimentos

À CENIBRA pela infraestrutura disponibilizada e procedimento analítico por ICP.

Referências

American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: method n° 3500*. 21ª ed. Washington: Water Environment Federation.

Araújo, EP. (2008). *Avaliação crítica de ambientes em estabelecimentos assistenciais de saúde*. (Tese de Doutorado). Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro.

Brasil. (2004). Resolução da Diretoria Colegiada n° 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Brasil. (2005). Resolução n° 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Brasil. (2011). Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrão de lançamentos de efluentes complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Carlson, A. M. (2007). *Gerenciamento de resíduos químicos em ambientes hospitalares: necessidades e dificuldades - estudo de caso: Hospital Universitário localizado no Estado do Rio de Janeiro*. (Dissertação de Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais. (2008). *Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde*. Belo Horizonte: FEAM.

Fernandes, GS. et al. (2005). Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. *Radiologia Brasileira*, 38 (5), 355-358. doi: 10.1590/S0100-39842005000500009.

Fernandes, AL. et al. (2006). Análise do teor de prata e distribuição da geração dos efluentes radiográficos das zonas leste e sul de Natal-RN. In *Anais, Congresso de Pesquisa E Inovação da Rede Norte-Nordeste de Educação Tecnológica*. Natal: UFRN. Recuperado em 03 de fevereiro de 2020 de: <https://bit.ly/2RJ0jRp>.

Fernandes, MF. (2009). *Conhecimento dos formandos em odontologia sobre o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde - aspectos éticos e legais*. 2009. 80 f. (Monografia de Especialização). Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba.

Gil, AC. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas.

Gonzaga Junior, E. L., Carvalho, A. C. P. (2006). Gestão da cadeia de suprimento do material de documentação no Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. *Revista Imagem*, 28 (3), 155-163. doi: 10.1590/S0100-39842005000300021.

Goshima, T. et al. (1994). Recovery of silver from radiographic fixer. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 77 (6), 684-688. doi: 10.1016/0030-4220(94)90335-2.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2016). *Cidades: Governador Valadares*. Recuperado em 07 de janeiro de 2020 de: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun>.

Kurpiel, AMS. (2008). *Tratamento do efluente gerado na etapa de fixação de Radiografias*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Maciel, VC, Liu, AS & Cardoso, PG. (2004). Tratamento do resíduo de prata de fixador radiográfico dental. In: *Anais IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*. São José dos Campos: UNIVAP. Recuperado em 07 de janeiro de 2020 de: <https://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd/inic/IC4%20anais/IC4-47.pdf>.

Oliveira, PC. (2006). *Avaliação dos níveis de poluição ambiental dos serviços com radiologia odontológica na cidade de Itabuna – Bahia*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 2 maio 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pistóia, GD. et al. (2004). A imagem latente e a química do processamento radiográfico. *Saúde (Santa Maria)*, 30 (2), 12-20. doi: 10.5902/223658345703.

Sales, CCL et al. (2009). Gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde: aspectos do manejo interno no município de Marituba, Pará, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 14 (6), 2231-2238. doi: 10.1590/S1413-81232009000600032.

Silva, CM. (2008). *Gerenciamento de resíduos sólidos gerados em laboratório de análises clínicas na cidade Ribeirão Preto-SP, 2007: um estudo de caso*. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Teschke, K et al. (2002). Exposures and their determinants in radiographic film processing. *AIHA Journal*, 63(1), 24-28. doi: 10.1080/15428110208984686.

Topanotti, F. (2010). *Avaliação da toxicidade de revelador e fixador de radiografias provenientes de clínicas odontológicas, utilizando Daphnia magna e Allium cepa*. (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação). Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma.

Ues, K. et al. (2008). Uso de processos avançados de oxidação na degradação dos resíduos de revelador e fixador de raio-X. In Anais XVI Encontro de Química da Região Sul. Blumenau: FURB. Recuperado em 07 de janeiro de 2020 de: <https://bit.ly/2VeDBmD>.

World Wide Fund Brasil. (2006). *Livro das águas: Cadernos de Educação Ambiental*. Brasília: WWFB.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Romina Mara Batista – 20%

Flávio José de Assis Barony – 20%

Alda Ernestina dos Santos – 15%

Karina Bicalho Ervilha do Nascimento Campos – 10%

José Márcio Quintão Moreira – 15%

Luiz Fernando da Rocha Penna – 10%

Isabela Araújo Fioravante – 10%