

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

DJENNIFER SCHMOELLER MEES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PROTETOR
RADIOLÓGICO PARA O USO EM NEONATOS E LACTENTES
INTERNADOS EM UTI**

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2018

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

DJENNIFER SCHMOELLER MEES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PROTETOR
RADIOLÓGICO PARA O USO EM NEONATOS E LACTENTES
INTERNADOS EM UTI**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professor Orientador: Matheus Savi, Me.

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Mees, Djennifer

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PROTETOR RADIOLÓGICO
PARA O USO EM NEONATOS E LACTENTES INTERNADOS EM UTI /
Djennifer Mees ; orientação de Matheus Savi. - Florianópolis,
SC, 2018.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e
Serviços.

Inclui Referências.

1. Radiologia. 2. Proteção Radiológica. 3. Unidade
de Terapia Intensiva Neonatal. 4. Tolerância à radiação.
5. Estudo de Prova de Conceito. I. Savi, Matheus.
II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento
Acadêmico de Saúde e Serviços. III. Título.

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PROTETOR RADIOLÓGICO PARA
O USO EM NEONATOS E LACTENTES INTERNADOS EM UTI**

DJENNIFER SCHMOELLER MEES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de junho, 2018.


Banca Examinadora:



Prof. Matheus Savi, Me.



Prof. Laurete Medeiros Borges, Dr^a.



TNR. Lucas Freiburger de Souza

Com amor e gratidão, dedico este
trabalho aos meus pais e meu namorado.
Obrigada pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem a ajuda de pessoas encantadas que Deus colocou em minha caminhada. Agradeço aos meus pais por todo o suporte financeiro e social que me ofereceram durante estes três anos e meio. Obrigada ao Murilo por ter me proporcionado amparo emocional e me motivou nesta trajetória.

Ao meu orientador Matheus, muito obrigada pelo auxílio e apoio ofertado a mim durante estes semestres, juntamente com minha colega Larissa Henrique, que passou seu conhecimento em frente sem pestanejar.

Às minhas amigas Isabel e Tainah, eu agradeço pelos conselhos dados, tanto durante o curso, bem como durante a pesquisa que aqui se encerra.

A todos que de alguma forma deram sua contribuição para que este trabalho pudesse ir em frente, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Introdução: Neonatos e lactentes devem ser protegidos durante a execução de exames radiológicos dos possíveis efeitos que a radiação ionizante pode causar, uma vez que estes pacientes são mais sensíveis à radiação. **Objetivo:** Construir um protótipo de protetor radiológico para uso em recém-nascidos e lactentes internados em UTI de forma a utilizar chumbo reciclado de filmes utilizados na radiologia odontológica e impressão 3D. **Método:** A pesquisa é considerada de cunho tecnológico, além de se classificar como qualitativa “quasi experimental”. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: revisão bibliográfica e parte prática, envolvendo testes e confecção do protótipo. Visando garantir a qualidade do protótipo do dispositivo de proteção para gônadas, foram realizados testes: de compatibilidade do filamento de impressão 3D à solução desinfetante (hipoclorito de sódio); avaliação do tamanho e formato do protetor, e avaliação comparativa da atenuação à radiação do protótipo. **Resultados:** Após pronto e testado, o protetor mostrou-se apto para o uso em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal, uma vez que é quimicamente resistente ao hipoclorito de sódio, sua atenuação à radiação mínima equivalente a 0,5mm de chumbo. **Conclusão:** O protótipo elaborado foi considerado passível de utilização e pode contribuir para a proteção radiológica dos pacientes, além de colaborar com a diminuição de problemas ambientais causados pelo descarte incorreto da folha de chumbo.

Palavras-chave: Radiologia. Proteção Radiológica. Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Tolerância à radiação. Estudo de Prova de Conceito.

ABSTRACT

Introduction: Neonates and infants should be protected during the execution of radiological examinations of the possible effects that ionizing radiation can cause, since these patients are more sensitive to radiation. **Objective:** To construct a prototype of a radiological protector for use in neonates and infants admitted to the ICU in order to use recycled lead from films used in dental radiology, and a 3D printing. **Method:** The research is considered technological, in addition to being classified as qualitative "quasi experimental". This study was developed in two stages: bibliographical review and practical part, involving tests and confection of the prototype. In order to guarantee the quality of the prototype of the gonad protection device, tests were performed: of the compatibility of the 3D printing filament with the disinfectant solution (sodium hypochlorite); evaluation of the size and shape of the protector, and comparative evaluation of the radiation attenuation of the prototype. **Results:** After being and tested, the protector was fit for use in Neonatal Intensive Care Units, since it is chemically resistant to sodium hypochlorite, and its attenuation to the minimum radiation equivalent to 0.5mm of lead. **Conclusion:** The elaborated prototype was considered useable and can contribute to the radiological protection of the patients, besides collaborating with the reduction of environmental problems caused by the incorrect disposal of the lead sheet.

Key-words: Radiology. Radiation Protection. Intensive Care Units, Neonatal. Radiation Tolerance. Proof of Concept Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes do filme intraoral.....	20
Figura 2 – Óxido de chumbo produzido a partir do armazenamento das lâminas	21
Figura 3 – Tamanho e formato do protetor escolhidos.....	33
Figura 4 – Área útil do DPG sem e com o material atenuante	34
Figura 5 – Protetor fechado com a tampa.....	34
Figura 6 – Porções do filamento submersas em NaClO.	35
Figura 7 – Triângulo de ABS antes da exposição ao NaClO	36
Figura 8 – Triângulo de ABS depois de ser exposto ao produto desinfetante	36
Figura 9 – Círculo de ABS antes da exposição ao desinfetante.....	37
Figura 10 – Círculo de ABS após exposição ao hipoclorito de.....	37
Figura 11 – ROIs. A – Protetor; B – Conjunto de lâminas de Pb	38
Figura 12 – Gráfico de densidade dos pixels	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos através dos ROIs.....39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno
- ALARA – Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- CST– Curso Superior de Tecnologia
- DASS – Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços
- DPG – Dispositivo de proteção para gônadas
- IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina
- NaClO – Hipoclorito de Sódio
- PLA – Ácido Polilático
- Pb- Chumbo
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- ULBRA – Universidade Luterana do Brasil
- UTI – Unidade de Terapia Intensiva
- VPR – Vestimenta de Proteção Radiológica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVO GERAL.....	15
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	OS PROBLEMAS DA RADIAÇÃO X PARA NEONATOS E LACTENTES INTERNADOS EM UTI	16
2.2	A SENSIBILIDADE À RADIAÇÃO IONIZANTE	16
2.3	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	17
2.3.1	As vestimentas de proteção radiológica	18
2.4	O CHUMBO COMO ATENUADOR.....	19
2.4.1	As películas plumbíferas.....	19
2.4.1.1	<i>O descarte da folha de chumbo</i>	<i>20</i>
2.5	IMPRESSÃO 3D.....	21
2.5.1	Filamentos utilizados na impressão 3D.....	22
2.5.1.1	<i>Ácido Polilático.....</i>	<i>22</i>
2.5.1.2	<i>Acrilonitrila Butadieno Estireno</i>	<i>23</i>
2.5.2	A desinfecção dos filamentos	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	MÉTODOS APLICADOS	25
3.1.1	Estudo Teórico.....	25
3.1.2	Etapa Prática: A elaboração do protótipo	26
4	RESULTADOS	28
5	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS	52
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	56

1 INTRODUÇÃO

Devido ao grande número de neonatos e lactentes internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) neonatal, aquelas passaram a ser mais expostas às radiações ionizantes com o intuito do diagnóstico médico, o que pode gerar riscos futuros uma vez que neonatos e lactentes possuem maior radiosensibilidade.

A radiosensibilidade – “sensibilidade especial dos tecidos às radiações, variável segundo a constituição normal ou humoral daqueles, e a dose, intensidade ou qualidade das referidas radiações” (AULETE, 2017) – em pacientes neonatos e lactentes é consideravelmente maior que em pacientes adultos, já que a expectativa de vida destes é mais longa, e suas células se proliferam mais rápido e em maior quantidade (NAVARRO et al, 2012). As células que forem ionizadas, durante um exame de imagem que faça uso de radiação ionizante, estão sujeitas a sofrer mutações que podem ser levadas para suas células filhas e assim sucessivamente, gerando a possibilidade de lesão patológica ou gênica no futuro.

Para que se possa diminuir o risco de dano celular às crianças, é necessário proteger as regiões mais radiosensíveis durante um exame que envolva a radiação ionizante. Porém existem dificuldades para realizar esta proteção, já que nestas unidades geralmente não são encontrados equipamentos que oferecem este cuidado para seus pacientes. “A Vestimenta de Proteção Radiológica (VPR) é usada para bloquear a passagem dos fótons de raios X. Ela é utilizada principalmente na realização de exames radiográficos, com a finalidade de minimizar a dose de exposição à radiação” (PEREIRA; SOARES, 2010, p.1).

Um material atenuante é levado ao lixo diariamente nos serviços de radiologia odontológica: uma película de chumbo contida na embalagem do filme de raios X periapical. O descarte indevido deste material agride o meio ambiente, o que pode trazer danos à saúde pública. Os metais pesados, como chumbo, mercúrio e manganês, estão sendo cada vez mais associados com deficiências renais, além de câncer e doenças do sistema neurológico (COBBINA et al., 2015). Com estas folhas plumbíferas podem ser confeccionados novos protetores apropriados para uso em neonatos.

Uma forma de tornar possível a diminuição da dose absorvida pelos neonatos e lactentes internados em UTI é a elaboração de novos protetores radiológicos, com tamanho e peso adequados para o uso durante os exames.

Tendo consideradas essas questões, esse trabalho visa elaborar um protótipo de protetor radiológico apropriado para o uso em neonatos e lactentes internados em Unidade de Terapia Intensiva.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

De que maneira pode-se elaborar um protótipo de protetor radiológico gonadal, apropriado para uso em pacientes internados em UTI neonatal?

1.2 JUSTIFICATIVA

Nas UTIs neonatais, vários exames utilizando raios X são realizados a fim de monitorar, e até mesmo diagnosticar patologias em seus pacientes internados. Em vivência da pesquisadora nestas unidades, viu-se que não há uma devida proteção dos neonatos e lactentes, por falta de disponibilidade de protetores próprios para tal.

Pacientes de baixa idade possuem uma radiosensibilidade maior às exposições ionizantes, uma vez que as células estão com alto poder de multiplicação. Nos exames que estes são submetidos constantemente, não só o paciente é atingido pelos raios X, bem como os pacientes adjacentes.

Por estas razões, elaborou-se a proposta de criar um protótipo de protetor individual próprio para neonatos e lactentes, a serem utilizados nas gônadas, uma vez que estes órgãos possuem elevada sensibilidade à radiação. Estes equipamentos serão elaborados a partir de chumbo reutilizável, juntamente com impressão 3D, possuindo 0,50mm de chumbo para melhor proteção, como dita Furlow (2011).

O atenuador que será utilizado no desenvolvimento é proveniente de uma folha de chumbo, contida nos filmes odontológicos, que por vezes são descartados incorretamente. Um equipamento de proteção às radiações ionizantes elaborado a partir deste, além de proteger os pacientes internados de maneira mais adequada, irá diminuir o problema causado pelo descarte inadequado do chumbo no meio ambiente.

1.3 OBJETIVO GERAL

Ao considerar a falta de equipamentos de proteção à radiação de tamanhos infantis nos hospitais da região da grande Florianópolis, a pesquisa tem como objetivo principal elaborar um protótipo de protetor radiológico gonadal, apropriado para o uso em neonatos e lactentes internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI).

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos desse trabalho foram:

- a) Desenhar o Dispositivo de Proteção para Gônadas com um formato anatômico, com cavas laterais para proporcionar conforto;
- b) Escolher o melhor filamento para ser utilizado no envoltório do protetor, e testá-los enquanto à capacidade de desinfecção;
- c) Imprimir o envoltório do protetor;
- d) Testar o protótipo de protetor pronto afim de garantir atenuação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 OS PROBLEMAS DA RADIAÇÃO X PARA NEONATOS E LACTENTES INTERNADOS EM UTI

Quando as ondas provenientes da radiação X entram em contato com as células do corpo humano, podem ser ocasionados danos no organismo. “A interação da radiação ionizante com o organismo humano pode gerar efeitos biológicos, os quais variam com o grau de radiosensibilidade da célula e da dose de radiação absorvida” (SOARES; PEREIRA; FLÔR, 2011, p. 2). “As crianças pertencem a um grupo de maior risco, pois possuem uma maior radiosensibilidade devido principalmente a sua maior taxa de produção celular e maior expectativa de vida média” (SANTOS et al, 2010, p. 2).

Com a mudança dos modos de vida das mães, o número de crianças internadas em unidades de terapias intensivas aumentou consideravelmente, uma vez que os mesmos nascem prematuramente (YU, 2010). Nessas unidades, os internados passam frequentemente por exames de imagens que envolvem uso de radiações ionizantes, como os raios X.

A radiação ionizante causa danos às células humanas, podendo gerar efeitos biológicos: os determinísticos, que levam a morte celular, existindo uma relação entre a dose de exposição e o dano causado; ou os estocásticos, que são aqueles não aparentes, que podem aparecer meses ou até anos após a exposição à radiação, não tendo uma relação específica com a dose exposta. (VELUDO; BOTELHO e ABRANTES, 2011). Se não protegidos, não só os pacientes bem como os cuidadores e a família presentes no recinto durante esses exames, são submetidos aos riscos significativos que a exposição aos fótons X pode trazer (YU, 2010).

2.2 A SENSIBILIDADE À RADIAÇÃO IONIZANTE

A radiação ionizante se caracteriza pela presença de partículas carregadas, ou ondas eletromagnéticas (do espectro de ondas, somente os raios X e gama são ionizantes). Estas ondas e partículas passam a ionizar átomos que estão em sua

trajetória, podendo trazer alguns efeitos aos órgãos ionizados. Estes efeitos irão depender do tipo de radiação e do tecido irradiado. (OKUNO, 2013).

As células do corpo humano possuem uma sensibilidade à radiação ionizante, sendo diferente em cada órgão. A radiosensibilidade pode ser dada pela diferente taxa de divisão celular, desta forma, diferentes sistemas possuem distintos graus de sensibilidade a esta energia, “ou seja, as células com alta taxa de proliferação são as mais sensíveis à radiação ionizante e são encontradas em tecidos de alta atividade mitótica ou tecidos denominados de resposta rápida” (VELUDO; BOTELHO; ABRANTES, 2011, p. 25). Órgãos como a pele e as gônadas são algumas das consideradas mais radiosensíveis.

Neonatos e lactentes possuem maior sensibilidade à radiação, uma vez que seus tecidos estão em constante proliferação, e sua expectativa de vida é maior (NAVARRO et al, 2012). Dalmazo et al, (2010) afirma que uma vez expostos à mesma quantidade de radiação, uma criança de um ano e um adulto de 50, a criança possui até 15 vezes mais chances de desenvolvimento de um câncer futuro.

2.3 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

A proteção radiológica deve abranger todo o tipo de paciente, mas, principalmente as crianças abaixo dos quatro anos de idade, como garante a médica Mônica Oliveira Bernardo (2017), em entrevista para o site Sapra Landauer. A Portaria 453/98 da ANVISA propõe diretrizes para a proteção à radiação de toda a população, de forma a minimizar os riscos causados pela ionização celular. Apesar da escassez de estudo sobre o uso de protetores radiológicos adequados para o uso em pacientes neonatos e lactentes, Soares, Pereira e Flôr (2011), elegem eles como a maneira mais eficiente de se proteger contra a radiação ionizante, uma vez que atenua grande parte desta.

Um dos princípios de proteção radiológica é o princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que indica para que se utilizem doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, sendo um princípio fundamental na radiologia (FARMAN, 2005). Utilizando este princípio e a distância entre berços estipulada pela Sociedade Brasileira de Pediatria, (SBP, 2010), que é de um metro, pode-se imaginar uma redução da radiação incidente nos pacientes circunvizinhos ao exposto.

2.3.1 As vestimentas de proteção radiológica

A nomenclatura dos equipamentos de proteção à radiação passa por alterações, portanto, o que era reconhecido como equipamento de proteção individual (EPI) no meio radiológico, agora, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004), é nomeado por vestimenta de proteção radiológica (VPR) ou, no caso de protetores de gônadas, Dispositivo de Proteção para Gônadas (tratada neste trabalho como DPG).

As vestimentas de proteção radiológica são consideradas uma forma simples de proporcionar a adequada proteção aos indivíduos expostos. É importante ressaltar que

A utilização de VPR é uma maneira simples, eficaz e de baixo custo para proteção do indivíduo ocupacionalmente exposto à radiação, assim como para as exposições médicas dos pacientes. Elas são fabricadas com material de alto número atômico (geralmente chumbo), e revestidas por material lavável para proteção do material absorvedor (GELSLEICHTER, 2006, p.09).

Sabendo disto, a portaria 453/98 da ANVISA determina que para cada equipamento emissor de raios X deve estar presente uma VPR que garanta a proteção do tronco dos pacientes.

Para melhor proteção, os equipamentos devem possuir 0,25mm ou 0,50mm de espessura de chumbo (SOUZA; SOARES, 2008). Sua parte externa deve ser de material com fácil descontaminação, para que se possa utilizar em pacientes diferentes, sem disseminação de bactérias. Cordeiro et al. (2015) afirmam que os equipamentos utilizados de forma coletiva e repetida são reservatórios de agentes patogênicos, podendo sobreviver nestas superfícies por meses, além de se tornarem uma fonte de transmissão de doenças caso estes equipamentos não sofram desinfecção contínua.

Durante a realização desta revisão não foram encontrados estudos que tratem da utilização de vestimentas adequadas para o uso em neonatos e lactentes, somente foram encontradas VPRs pediátricas em *sites* de vendas.

2.4 O CHUMBO COMO ATENUADOR

Para que a intensidade de radiação que atinja o paciente seja diminuída, é necessário haver uma blindagem entre a fonte e o indivíduo a ser radiografado. Segundo Bushong (2010), o chumbo é o material mais utilizado neste processo.

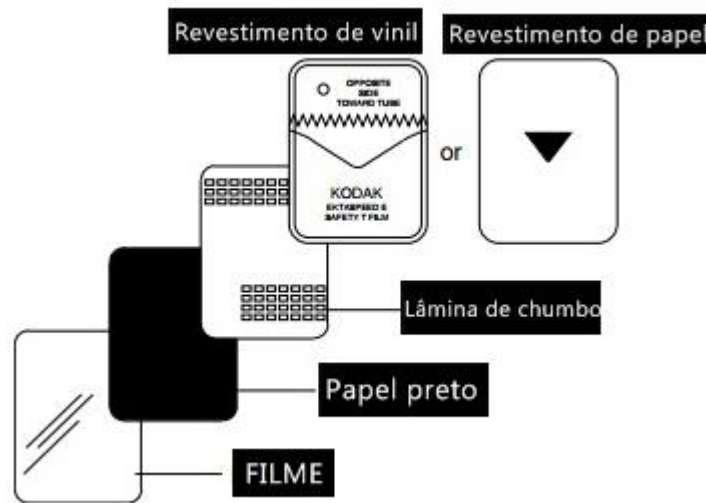
Nas vestimentas de proteção radiológica, são utilizados geralmente 0,5mm de chumbo. Desta forma as VPR teoricamente reduziriam a exposição a 25% da inicial. Em testes realizados é possível concluir que a aplicação destes equipamentos de proteção reduz na prática a exposição a 10%, já que os raios entram no avental de forma oblíqua, percorrendo uma maior distância (BUSHONG, 2010).

O chumbo está presente no mercado de diferentes formas, como exemplo tem-se “a borracha maleável impregnada de chumbo, com equivalência de chumbo de 0,25mm ou de 0,50mm de espessura” (SOUZA e SOARES, 2008, p. 346). Este tipo de material é comumente utilizado por possuir boa maleabilidade. Além disso existem as folhas plumbíferas, que muitas vezes são jogadas erroneamente ao lixo comum. Estas folhas estão contidas no interior das embalagens dos filmes odontológicos utilizados para a técnica periapical.

2.4.1 As películas plumbíferas

A radiografia odontológica teve sua descoberta em 1895 por Otto Walkhoff de Braunschewig e, desde então, esta técnica vem se aprimorando, bem como sua película radiográfica. A empresa Eastman Kodak produziu um filme que até os dias atuais é utilizado para a execução de radiografias intraorais, conhecida também como técnica periapical (SAMPAIO e AGRA, 2012). Este filme possui uma folha de chumbo que é utilizada com a intenção de diminuir a radiação secundária, bem como a energia absorvida pelo paciente durante o exame (Figura1).

Figura 1: Componentes do filme intraoral.



FONTE: Adaptado de: Sampaio; Agra (2012)

A espessura da folha de chumbo contida neste tipo de película radiográfica é de 0,1mm aproximadamente (ÁLVARES E TAVANO, 2002). Apesar de fina, “a película de chumbo é um elemento necessário para a realização do procedimento radiográfico” (SAMPAIO; AGRA, 2012, p. 19). De acordo com o autor, se não houvesse esta folha, a radiação emitida para a realização do exame odontológico se dispersaria causando borramento na imagem e maior absorção da energia pelo paciente.

2.4.1.1 O descarte da folha de chumbo

As lâminas de chumbo não podem ser descartadas em lixo comum, mas sim juntamente com os resíduos químicos sólidos (PADAVINI et al, 2014), que segundo a RDC Nº 306 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estes resíduos “quando não tratados, devem ser dispostos em aterro de resíduos perigosos - Classe I.” (ANVISA, 2004, p. 08).

Dentro dos ambientes de saúde, estas películas devem ser pesadas, identificadas e armazenadas para que alguma empresa responsável pelo descarte deste tipo de material possa dar o destino final correto ao mesmo (PADAVINI et al, 2014). Estas etapas muitas vezes são esquecidas e não adotadas pelos profissionais destes locais, já que no manual para serviços de odontologia não há especificação para o descarte deste material.

Quando armazenado por um longo período de tempo, as folhas de chumbo presentes na película de radiografia odontológica podem produzir o óxido de chumbo (Figura 2) representado pelo pó branco no fundo do recipiente na imagem, que pode gerar sérios danos à saúde (SAMPAIO E AGRA, 2012). Moreira e Moreira (2004) relatam que o chumbo no organismo pode gerar efeitos adversos, sendo os primeiros vistos no sistema nervoso central, e ocasionalmente na medula óssea.

Figura 2: Óxido de chumbo produzido a partir do armazenamento das lâminas.



FONTE: Sampaio; Agra (2012)

2.5 IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D foi desenvolvida primeiramente no Instituto de Tecnologia de Massachussets (YAN; P. GU, 1996). Segundo Chicca Júnior e Castillo (2014), sua forma de uso se assemelha com a impressão comum, onde o projeto da impressão é visualizado no computador, e então é necessário selecionar o início no software para começar o desenvolvimento da impressão. Um desenho do objeto a ser impresso em três dimensões necessita ser criado no software, para que assim possa ser dividido em forma digital em várias camadas finas, de até 0,1mm. Para a confecção, utilizam-se filamentos como plástico, borracha, dentre outros.

Durante o processo, a montagem do objeto é feita em camadas, onde o “cartucho” deposita uma camada do material, e subsequentemente outra, obedecendo ao desenho confeccionado anteriormente. O tempo até o fim do processo de

impressão irá depender da quantidade de camadas a serem depositadas e da complexidade do desenho. (CHICCA; CASTILLO, 2014)

Outra vantagem desta técnica é a possibilidade de que se elaborem objetos inteiros, sem necessidade de elencar várias peças separadas, ou seja, minimiza o risco de perda de partes. (CHICCA; CASTILLO, 2014)

2.5.1 Filamentos utilizados na impressão 3D

Os filamentos são materiais especiais constituídos – geralmente – por termoplásticos e funcionam para a impressora tridimensional como um cartucho de tinta para uma impressora convencional. São comercializados em rolos que são colocados na máquina para que sejam derretidos e expelidos pelo extrusor podendo então criar o objeto desejado em três dimensões (SANTOS NETO, 2016).

Os materiais considerados mais comuns em impressões 3D são o Ácido Polilático (PLA), o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), e outros, segundo Rohringer (2017).

2.5.1.1 Ácido Polilático

O Ácido Polilático é um filamento biodegradável, tendo origem em vegetais de modo renovável, tornando este o filamento mais ecológico. É geralmente o mais utilizado para impressões caseiras por ser fácil de lidar durante a impressão, não necessitar de uma mesa aquecida para sua impressão, além de possuir uma temperatura menor de impressão que outros materiais. Este filamento não se deforma facilmente, e nem exala mau odor no momento da impressão, “além disso, o PLA permite que produtos tenham cores translúcidas mais detalhadas e com maior fidelidade.” (SANTOS NETO, 2016, p.1).

Em altas temperaturas, o PLA tende a sofrer danos como a deformação, sendo assim não indicado para ambientes com esta característica. Por possuir baixa flexibilidade, deve-se evitar também o uso deste filamento para impressões a itens que serão dobrados futuramente. (SANTOS NETO, 2016; ROHRINGER, 2017)

2.5.1.2 Acrilonitrila Butadieno Estireno

O acrilonitrila butadieno estireno é oriundo do petróleo, portanto, menos ecológico que o PLA. Por ser altamente resistente, é indicado para a impressão de equipamentos que podem vir a sofrer grande impacto.

Este filamento possui menor facilidade de impressão quando relacionado com o PLA, uma vez que necessita de maior temperatura tanto na cama de impressão, quanto no extrusor. Além disso, após impresso pode acontecer encolhimento, e durante a impressão há a emissão de gases com mal odor.

Suas principais vantagens são a alta durabilidade, maior força e resistência à temperatura. (SANTOS NETO, 2016; ROHRINGER, 2017)

2.5.2 A desinfecção dos filamentos

Uma das maiores dificuldades encontradas na confecção 3D de equipamentos utilizados na medicina, é a forma de esterilização. Na área médica os instrumentos são esterilizados por meio de autoclavagem em altas temperaturas – entre 120°C e 132°C, além deste modo, a pressão é utilizada também. Porém, impressos em 3D em sua maioria não conseguem tolerar estes meios (CHENG et al, 2017).

Possíveis métodos de desinfecção dos filamentos foram elencados por Cheng et al (2017), como o uso de baixas temperaturas na autoclave (até 60°C), uso de óxido de etileno, peróxido de hidrogênio, além de ser possível o uso da radiação gama para devido fim.

A empresa ISM Industrial Specialties Mfg. & IS MED Specialties (2018), em sua página da web, relacionou alguns métodos de desinfecção e sua compatibilidade com os filamentos utilizados na impressão 3D. Como formas de desinfecção a empresa listou: autoclave, calor seco, óxido de etileno, radiação gama e feixe de elétrons. Relacionando o ABS (filamento a ser utilizado na produção da VPR) e os modos de desinfecção, têm-se a autoclave e o calor seco sendo pobres no processo de compatibilidade, e os demais com boa resposta neste mesmo processo.

No ambiente hospitalar, o hipoclorito de sódio é um desinfetante ainda bastante utilizado nas limpezas de superfícies hospitalares, ele apresenta “ação superior à maioria dos outros produtos, com ampla ação microbicida, inclusive esporos” (PEREIRA et al, 2015 p. 682-686). Porém, não são encontrados na literatura materiais que tratam da compatibilidade do hipoclorito aos polímeros utilizados na impressão 3D.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa é de cunho tecnológico, cujos projetos não procuram a verdade absoluta das coisas, mas sim a aplicação prática para solucionar problemas diários no processo de trabalho (ULBRA, 2017). Além de tecnológica, o estudo pode ser considerado como quantitativa “quasi experimental” o que torna possível a relação causa-efeito, analisando testes realizados dentro de uma única amostra (GIL, 2008).

O propósito principal desse trabalho foi de criar um novo equipamento, uma inovação no ramo radiológico. Trata-se de um protótipo de protetor radiológico elaborado nas dependências do Instituto Federal de Santa Catarina, para uso em neonatos e lactentes.

3.1 MÉTODOS APLICADOS

Esse trabalho foi executado em duas fases: uma pesquisa exploratória bibliográfica e uma fase prática, de confecção e testes.

3.1.1 Estudo Teórico

Para a elaboração do referencial teórico, captaram-se artigos acadêmicos por meio dos termos indexados: proteção radiológica, Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (ambas utilizadas como chave de busca - proteção radiológica AND Unidade de Terapia Intensiva neonatal), tolerância à radiação, impressão tridimensional e radiologia. Além de materiais nacionais, foi pesquisado referenciais estrangeiros a partir dos termos: Radiology, radiation protection, Intensive Care Units, Neonatal, e radiation tolerance. As bases de dados utilizadas foram variadas: Scielo, Scopus, Google Acadêmico, Pubmed. Nesta etapa procurou-se avaliar a necessidade da criação de um protetor radiológico para neonatos e lactentes, bem como a tolerância à radiação ionizante e os danos que a mesma causa nestes pacientes.

3.1.2 Etapa Prática: A elaboração do protótipo

Durante a pesquisa bibliográfica, foram analisadas as possibilidades de uso dos materiais atenuantes disponíveis no dia a dia, como a lona de chumbo e as películas plumbíferas existentes nos filmes odontológicos.

Levando em consideração a contribuição ao meio ambiente, nesta pesquisa optou-se pelo uso das folhas plumbíferas para a atenuação à radiação, a fim de confeccionar um protetor ecológico. Estas folhas foram captadas durante as aulas de radiologia odontológica, aplicadas no Curso Superior de Tecnologia (CST) em Radiologia do IFSC, e doadas pelo curso de odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O envoltório do protetor é de caráter inovador, sendo realizado por meio de impressão 3D. Desta forma, se fez necessário o desenho do mesmo no software Fusion 360 (AutoDesk, San Diego). O filamento a ser utilizado foi escolhido após serem analisadas as vantagens, e realizar impressões com materiais diferentes, avaliando assim suas características. A escolha do formato do DPG se deu a fim de que ele pudesse ser utilizado em ambos os sexos, com alto poder de proteção às gônadas – regiões mais sensíveis à radiação ionizante. O tamanho do objeto foi escolhido após analisar simuladores, existentes no laboratório de semiotécnica do IFSC.

3.1.2.1 Os testes realizados

Para garantir a boa qualidade do protetor confeccionado foram realizados os seguintes testes; quanto à compatibilidade de substância desinfetante ao filamento utilizado para a confecção do envoltório do protetor; avaliação do tamanho e do formato do DPG; quanto à capacidade de atenuação das películas de chumbo e do protetor final.

O teste que avalia a capacidade de o filamento resistir à substância de desinfecção consistiu em deixar dois objetos impressos com o filamento ABS, submersos por diferentes períodos em hipoclorito de sódio 10/12% – um foi deixado por 5 e outro por 10 dias. A avaliação do resultado foi realizada de maneira qualitativa:

com a observação de alterações visuais e palpáveis do objeto (cor, rigidez, textura, etc.)

O formato final foi escolhido após analisar as impressões em testes de adaptação do protetor, colocando o mesmo em um boneco simulador de recém-nascido. Os principais pontos levados em consideração para a definição de forma e tamanho foram a melhor adaptação visual e física, seguido da ausência de pontas e linhas que pudesse ferir o neonato/lactente, além da possibilidade de uso unissex.

Para avaliação de atenuação foi realizada uma radiografia do protetor, juntamente com 5 conjuntos de chumbo com diferentes espessuras, posicionados lado a lado. Os parâmetros utilizados para a aquisição da imagem foram: tensão de 80 kV, e corrente de 5 mAs, padrão utilizado pelos operadores de raios X do hospital em que foi realizado o teste. Com esta radiografia, a avaliação de densidade de pixels foi realizada com o software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda) de forma a comparar os valores do protetor com as folhas de chumbo. Este software permite a extração de dados existentes em uma imagem digital, dentre estas informações podem ser encontradas a média, valores máximos e mínimos da densidade dos pixels, além da técnica utilizada durante a aquisição.

4 RESULTADOS

DESENHO E CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE PROTETOR RADIOLÓGICO PARA O USO EM NEONATOS E LACTENTES INTERNADOS EM UTI

Djennifer Schmoeller Mees¹; Matheus Savi².

(¹) Graduanda do CST em radiologia do IFSC <djennifersmees@gmail.com>; (²) docente do CST em radiologia do IFSC <matheus.savi@ifsc.edu.br>

RESUMO

Introdução: Neonatos e lactentes devem ser protegidos durante a execução de exames radiológicos dos possíveis efeitos que a radiação ionizante pode causar, uma vez que estes pacientes são mais sensíveis à radiação. **Objetivo:** Construir um protótipo de protetor radiológico para uso em recém-nascidos e lactentes internados em UTI de forma a utilizar chumbo reciclado de filmes utilizados na radiologia odontológica e impressão 3D. **Método:** A pesquisa é considerada de cunho tecnológico, além de se classificar como qualitativa “quasi experimental”. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: revisão bibliográfica e parte prática, envolvendo testes e confecção do protótipo. Visando garantir a qualidade do protótipo do dispositivo de proteção para gônadas, foram realizados testes: de compatibilidade do filamento de impressão 3D à solução desinfetante (hipoclorito de sódio); avaliação do tamanho e formato do protetor, e avaliação comparativa da atenuação à radiação do protótipo. **Resultados:** Após pronto e testado, o protetor mostrou-se apto para o uso em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal, uma vez que é quimicamente resistente ao hipoclorito de sódio, sua atenuação à radiação mínima equivalente a 0,5mm de chumbo. **Conclusão:** O protótipo elaborado foi considerado passível de utilização e pode contribuir para a proteção radiológica dos pacientes, além de colaborar com a diminuição de problemas ambientais causados pelo descarte incorreto da folha de chumbo.

Palavras-chave: Radiologia. Proteção Radiológica. Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Tolerância à radiação. Estudo de Prova de Conceito.

ABSTRACT

Introduction: Neonates and infants should be protected during the execution of radiological examinations of the possible effects that ionizing radiation can cause, since these patients are more sensitive to radiation. **Objective:** To construct a prototype of a radiological protector for use in neonates and infants admitted to the ICU in order to use recycled lead from films used in dental radiology, and a 3D printing. **Method:** The research is considered technological, in addition to being classified as

qualitative "quasi experimental". This study was developed in two stages: bibliographical review and practical part, involving tests and confection of the prototype. In order to guarantee the quality of the prototype of the gonad protection device, tests were performed: of the compatibility of the 3D printing filament with the disinfectant solution (sodium hypochlorite); evaluation of the size and shape of the protector, and comparative evaluation of the radiation attenuation of the prototype. **Results:** After being and tested, the protector was fit for use in Neonatal Intensive Care Units, since it is chemically resistant to sodium hypochlorite, and its attenuation to the minimum radiation equivalent to 0.5mm of lead. **Conclusion:** The elaborated prototype was considered useable and can contribute to the radiological protection of the patients, besides collaborating with the reduction of environmental problems caused by the incorrect disposal of the lead sheet.

Key-words: Radiology. Radiation Protection. Intensive Care Units, Neonatal. Radiation Tolerance. Proof of Concept Study.

INTRODUÇÃO

Existe um crescimento do número de neonatos e lactentes internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) neonatal devido a mudança do modo de vida das mães, o que faz aumentar a quantidade de nascidos prematuramente (YU, 2010). Por este motivo, esses pacientes são submetidos constantemente a exames envolvendo radiação ionizante, com intuito de diagnóstico médico. Estas exposições podem gerar riscos à saúde no futuro, uma vez que os neonatos e lactentes possuem maior radiosensibilidade – que é a “sensibilidade especial dos tecidos às radiações, variável segundo a constituição normal ou humoral daqueles, e a dose, intensidade ou qualidade das referidas radiações” (AULETE, 2017). Isto porque seus tecidos estão em constante proliferação e sua expectativa de vida é maior (NAVARRO et al, 2012). Se expostos à mesma quantidade de radiação, uma criança de um ano e um adulto de 50, a criança passa a ter 15 vezes mais chances de desenvolver um câncer futuro (DALMAZO et al, 2010).

A radiação ionizante se caracteriza pela presença de partículas carregadas, ou ondas eletromagnéticas (do espectro destas ondas, somente os raios X e gama são ionizantes). Esta radiação tem o poder de ionizar os átomos que estão em seu trajeto, podendo assim deixar danos futuros (OKUNO, 2013). Assim então se faz necessário tomar medidas para diminuir a radiação incidente – medidas de proteção

radiológica. Esta proteção deve abranger todo o tipo de paciente, mas, principalmente as crianças abaixo dos quatro anos de idade – como garante a médica Mônica Oliveira Bernardo (2017), em entrevista para o site Sapra Landauer.

Um dos preceitos indicados para a proteção radiológica é o princípio ALARA (do inglês – As Low As Reasonably Achievable), que indica para que se utilizem doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, sendo um princípio fundamental na radiologia (FARMAN, 2005). Além deste preceito, existem os protetores radiológicos, que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), pode ser chamada também de Vestimenta de Proteção Radiológica (VPR) ou, em casos de protetores gonodais, de Dispositivo de Proteção para Gônadas (tratada aqui, como DPG). Estes protetores são a maneira mais eficiente de proteger um indivíduo contra a radiação ionizante (SOARES, PEREIRA E FLÔR, 2011).

Para assegurar a atenuação da radiação incidente no paciente, são utilizados no interior dos protetores normalmente 0,5mm de chumbo (Pb) (BUSHONG, 2010). “A borracha maleável impregnada de chumbo com equivalência de 0,25mm ou de 0,50mm de espessura em chumbo” também pode ser utilizada neste processo (SOUZA; SOARES, 2008, p. 346). Outro modo de atingir o valor de 0,5mm Pb, é utilizar as folhas plumbíferas contidas no interior da embalagem de filmes odontológicos periapicais que possuem 0,1mm Pb, (ÁLVARES; TAVANO, 2002) desde que seja garantida a equivalência de 0,5mm de chumbo quando sobrepostas.

Para que uma VPR se torne adequada para uso, é necessário que a mesma tenha a possibilidade de ser submetida a desinfecção. Os equipamentos utilizados de forma coletiva e repetida são reservatórios de agentes patogênicos, que podem sobreviver nestas superfícies por meses (CORDEIRO et al, 2015). Assim, se faz necessário que as superfícies do protetor sejam de fácil desinfecção. No ambiente hospitalar é comum o uso de hipoclorito de sódio (NaClO) para desinfecção, pois esta substância apresenta “ação superior à maioria dos outros produtos, com ampla ação microbicida, inclusive esporos” (PEREIRA; 2015, p. 682-686).

A partir da consideração destas questões, esse trabalho tem o objetivo de elaborar um protótipo de protetor radiológico apropriado para o uso em neonatos e lactentes internados em UTI de forma a utilizar o chumbo descartado da embalagem de filme periapical, com um invólucro feito em impressão 3D.

METODOLOGIA

Essa pesquisa é de cunho tecnológico, cujos projetos não procuram a verdade absoluta das coisas, mas sim a aplicação prática para solucionar problemas diários no processo de trabalho (ULBRA, 2017). Este estudo pode também ser considerada como quantitativa “quasi-experimental” o que torna possível relacionar causa-efeito, analisando testes realizados dentro de uma única amostra (GIL, 2008).

A fim de levantar bibliografia sobre o tema foram pesquisados artigos, monografias, teses e dissertações, ao fazer uso das plataformas Scielo, PubMed, Scopus e Google Acadêmico, com os termos indexados empregados: proteção radiológica, UTI neonatal, tolerância à radiação, impressão tridimensional e radiologia. Além de materiais nacionais, foi pesquisado referenciais estrangeiros a partir dos termos: Radiology, radiation protection, Intensive Care Units, Neonatal, e radiation tolerance.

Para material atenuante, foram recolhidas películas de chumbo contidas nas embalagens de filmes periapicais. Estas folhas foram doadas pelo curso de odontologia da UFSC, além de serem coletadas após as aulas de radiologia odontológica aplicadas no Curso Superior de Tecnologia em Radiologia (CST) do IFSC. O envoltório do protetor foi desenhado no software Fusion360 (Autodesk, San Diego), e posteriormente impresso em 3D.

Com finalidade de confeccionar o DPG alguns passos foram seguidos, para assim garantir a aplicabilidade do protetor. O primeiro foi verificar a quantidade de chumbo necessária para se chegar à equivalência de Pb indicada pela literatura. Após isso, o plástico utilizado na impressão 3D passou por testes de: compatibilidade em relação à substância desinfetante; avaliação do tamanho e forma do protetor; e, por fim, de atenuação da radiação ionizante.

O teste que avalia a capacidade do filamento em resistir à substância de desinfecção consistiu em deixar dois objetos impressos com o filamento ABS, submersos por diferentes períodos em hipoclorito de sódio 10/12% – um foi deixado por 5 e outro por 10 dias. A avaliação do resultado foi realizada de maneira qualitativa: com a observação de alterações visuais e palpáveis do objeto (cor, rigidez, textura, etc.)

O formato final do DPG foi escolhido após analisar as impressões em testes de adaptação do protetor, colocando o mesmo em um boneco simulador de recém-nascido. Os principais pontos levados em consideração para a definição de forma e tamanho foram a melhor adaptação visual e física, seguido da ausência de ponto e linhas que pudesse ferir o neonato/lactente, além da possibilidade de uso unissex.

Para avaliação de atenuação foi realizada uma radiografia do protetor, juntamente com 5 conjuntos de chumbo com diferentes espessuras – indo de 0,1mm até 0,5mm, posicionados lado a lado. Os parâmetros utilizados para a aquisição da imagem foram: tensão de 80 kV, e corrente de 5 mAs, padrão utilizado pelos operadores de raios X do hospital em que foi realizado o teste. Com esta radiografia, a avaliação de densidade de pixels foi realizada com o software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda) de forma a comparar os valores do protetor com as folhas de chumbo.

RESULTADOS

Foram estudados diferentes formatos para o protótipo do protetor, desde circulares, ovais, até se chegar à forma utilizada, a triangular, que, além de permitir o uso unissex, foi confeccionada de forma anatômica, com cavas arredondadas nas laterais. No total foram realizadas nove impressões até encontrar o modelo final de impressão do protótipo, que utiliza ABS com 0,3mm de espessura entre camadas, preenchimento interno de 100% e padrão retilíneo. O formato definitivo do protótipo possui aproximadamente 104mm de lados e 5mm de espessura total. A Figura 3 demonstra o uso do DPG, que no formato adquirido, permite proteção às gônadas femininas e masculinas.

Figura 3: Tamanho e formato do protótipo escolhidos.



FONTE: Dados da pesquisa (2018)

Considerando que cada película de chumbo periapical possui 0,1mm foi estimado que a quantidade necessária para criar um DPG fosse de 5 folhas sobrepostas, a fim de somadas chegar ao valor equivalente de 0,5mm de chumbo – que indica a literatura. No interior do protótipo do protetor foi criada uma cavidade com 3mm de profundidade para acomodar o material atenuante, como demonstra a Figura 4. Este espaço, denominado como área útil, possui aproximadamente 3685mm².

Figura 4: Área útil do DPG sem e com o material atenuante.



FONTE: Dados da pesquisa, (2018)

Para que o chumbo fique fixo, foi desenhada e impressa uma tampa com 2,0mm de espessura a ser sobreposta ao material atenuante já acomodado na cavidade, demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Protetor fechado com a tampa.



FONTE: Dados da Pesquisa, (2018)

Com o propósito de garantir o fechamento hermético do protetor, ao redor da tampa foi colocada uma solução de ABS (preparada com 5 gramas do material do filamento e 10 ml de acetona) que, por ser líquida, preencheu os espaços vazios e se solidificou após evaporação da acetona. Além de vedado, é necessário que o envoltório do protetor tenha a superfície lisa, afim de não reter microrganismos. Desta maneira, após finalizado o protetor, foi necessário deixa-lo no vapor da acetona por 2

horas, o que permitiu uma aparência “envernizada/lisa”, também visualizada na Figura 3.

A compatibilidade do ABS para com a solução desinfetante foi testada submergindo corpos de prova em hipoclorito de sódio a 10/12%, como demonstrado na Figura 6 – o círculo ficou submerso por 5 dias, enquanto o triângulo, por 10 dias.

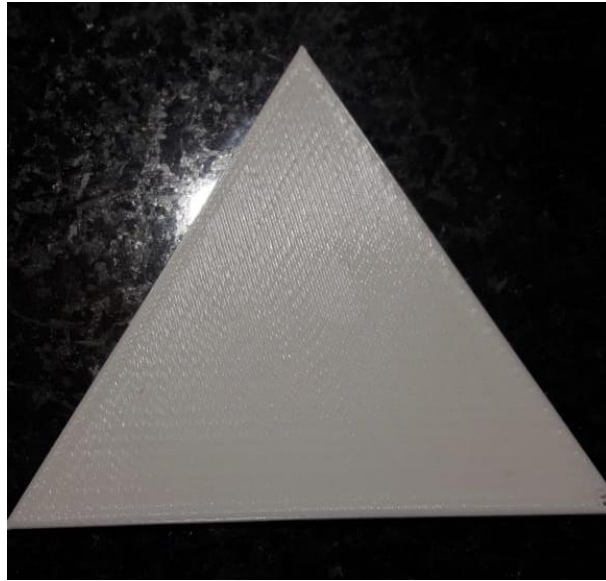
Figura 6: Porções do filamento submersas em NaClO.



FONTE: Dados da pesquisa (2018)

Abaixo podem ser observados o antes e depois da exposição dos corpos de prova ao hipoclorito de sódio.

Figura 7: Triângulo de ABS antes da exposição ao NaClO.



FONTE: Dados da pesquisa (2018)

Figura 8: Triângulo de ABS depois de ser exposto ao produto desinfetante.



FONTE: Dados da pesquisa (2018).

Figura 9: Círculo de ABS antes da exposição ao desinfetante.



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Figura 10: Círculo de ABS após exposição ao hipoclorito de sódio.



FONTE: Dados da pesquisa (2018)

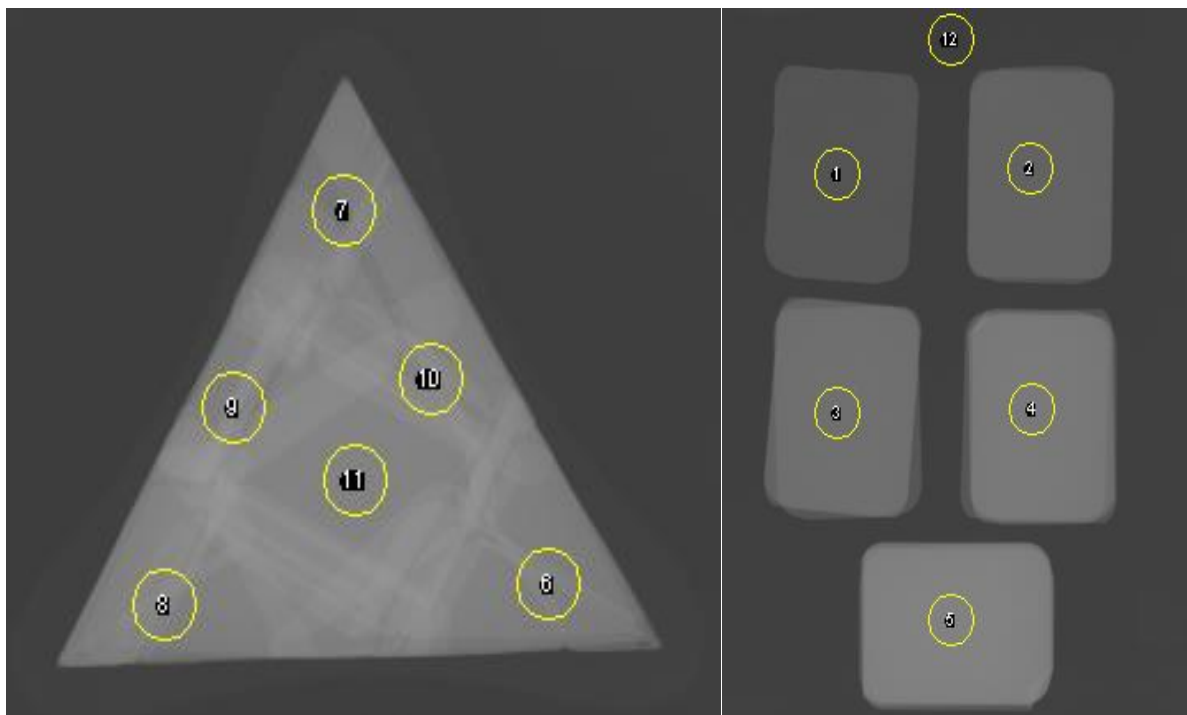
Como foi possível visualizar nas imagens acima, mesmo com a exposição prolongada ao produto desinfetante NaClO , a olho nu não foram encontradas deteriorações. Além de analisar as imagens, verificou-se como os corpos de prova reagiram após a exposição: pela cor, rigidez e textura do objeto antes e depois da

exposição. Desta forma conclui-se que o hipoclorito de sódio não afeta a integridade dos objetos impressos com ABS.

A última avaliação realizada foi uma radiografia do protetor, juntamente com 5 conjuntos de lâminas de chumbo provenientes de embalagens de radiografias periapicais, que variaram de 0,1mm Pb a 0,5mm Pb. Após aquisição, com técnica radiográfica aplicada de 80 kV e 5 mAs, o controle de latitude e contraste foram removidos para que a resposta de tons de cinza em relação a radiação não fosse modificada, de forma a gerar uma imagem de dados brutos (*raw data*).

Nesta imagem, por meio do software Image J foram aplicados 11 ROIs (do inglês *region of interest*) que analisa a média e desvio padrão do valor de densidade de pixels da área analisada para comparação de atenuação conforme Figura 9.

Figura 11: ROIs. A – Protetor; B – Conjunto de lâminas de Pb.



FONTE: Dados da Pesquisa (2018)

Na figura acima os números de 1 a 5 são correspondentes aos conjuntos de lâminas de Pb de forma que o número 1 corresponde a 0,1 mm de chumbo, o número 2 a 0,2mm, número 3 a 0,3mm, número 4 a 0,4mm e o número 5 a 0,5mm. Os ROIs de 6 a 11 correspondem a áreas do protetor, e o número 12 ao background, área que não sofreu atenuação nenhuma. A partir desta imagem foi possível obter os resultados expressos na tabela 1.

A escala de cinza do equipamento varia de 0000 que corresponde ao pixel que não recebeu radiação alguma e é totalmente branco na imagem, até o valor de 4096 que significa o pixel que recebeu o máximo de radiação que o aparelho consegue distinguir. Isto pode ser percebido ao se comparar a Figura 11 com a Tabela 1, uma vez que o maior valor de atenuação corresponde aos ROIs 5, 10, 8 e 11, que são os valores mais baixos numericamente.

Tabela 1: Valores obtidos pelos ROIs.

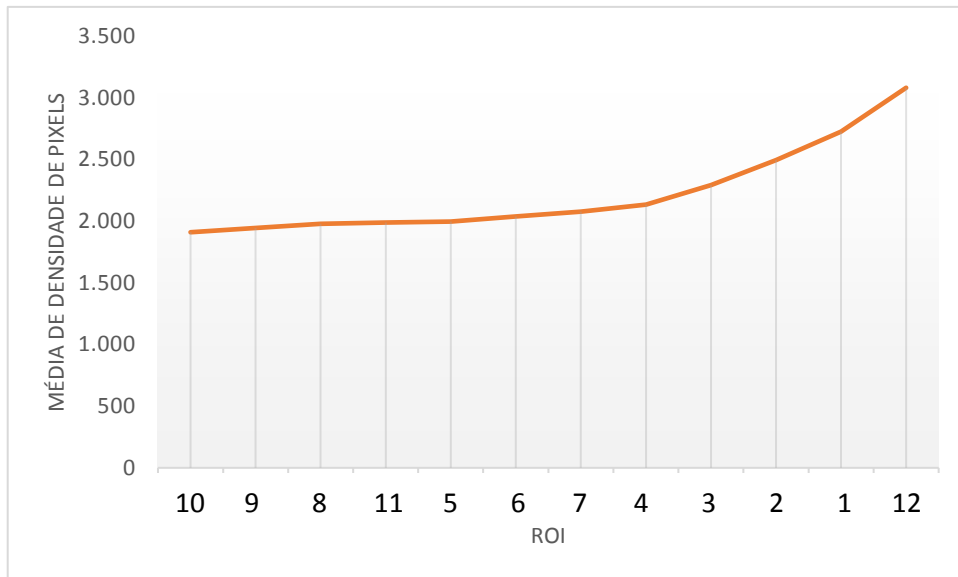
ROI	ÁREA	MÉDIA	DP*
1	74	2.726	4
2	74	2.494	5
3	74	2.292	6
4	74	2.136	7
5	74	1.998	8
6	74	2.037	47
7	74	2.078	79
8	74	1.978	75
9	74	1.945	91
10	74	1.910	60
11	74	1.988	7
12	74	3.082	3

*: Desvio Padrão

FONTE: Dados da pesquisa (2018)

Com os valores da tabela acima, foi possível gerar um gráfico (Figura 12), onde demonstra de forma crescente a densidade dos pixels, e de forma decrescente a atenuação de radiação.

Figura 12: Gráfico de densidade dos pixels.



FONTE: Dados da pesquisa, (2018)

O gráfico acima demonstra a média de densidade de pixels dos ROIs desenhados na imagem, assim, os menores valores correspondem aos locais onde houve maior atenuação, e as maiores médias pertencem à menor atenuação dos fótons X.

O gráfico, a tabela e a imagem 11 permitem deduzir que o ROI que mais atenuou foi o número 10 – proveniente da sobreposição de várias folhas de chumbo, acrescida do material que compõe o envoltório. A menor atenuação pode ser encontrada no ROI sobre o background, e no referente à uma única lâmina de chumbo.

O valor do ROI 5, que corresponde ao bloco de maior espessura de chumbo, é utilizado como referência de comparação com o protetor no ROI 11. Sua diferença é de 0,005% o que os deixa matematicamente iguais. Esta diferença de valores pode ser explicada pela soma de atenuação do plástico que compõe o invólucro com as 5 lâminas de chumbo do seu interior. Ao analisar os desvios padrões é possível entender que nos ROIs de 7 a 10 existe uma maior variação de valores de cinza em virtude da sobreposição irregular de lâminas de chumbo.

DISCUSSÃO

Um estudo realizado por Lacerda *et al* (2008), estimou doses de radiação recebidas e o risco de câncer futuro nos órgãos atingidos pelos fótons X durante a realização de exames radiográficos de tórax e abdome, em internados em UTI neonatal. Este trabalho foi executado ao analisar prontuários de pacientes internados no período de maio a setembro de 2004.

Após analisar os prontuários, foi possível chegar à quantidade de radiação recebida nas gônadas femininas e masculinas. As femininas receberam em média, uma dose de 0,022 mSv, já as masculinas 0,049 mSv. O índice de aumento relativo de chances de câncer ao longo do tempo, foi em ambos os sexos de aproximadamente 0,5% maior, no decorrer de 10 anos após a exposição. É importante salientar que este risco corresponde a somente uma exposição, sendo que em média os neonatos são submetidos a 3,9 exames enquanto estão internados na UTI neonatal, o que faz aumentar assim o risco de câncer futuro. Um dos pacientes analisados no artigo realizou 50 exames em 137 dias de internação, o que pode aumentar o risco de desenvolvimento de neoplasias ao longo dos anos. Para que o risco de desenvolvimento de um câncer futuro seja diminuído, os autores sugeriram o uso de protetores radiológicos, de forma a reduzir a dose nas gônadas.

Para que um protetor radiológico contribua de fato para a diminuição da dose incidente ele necessita de uma espessura específica em chumbo. Bushong (2010) recomenda que no interior destes esteja presente de 0,25mm a 0,50mm de equivalência em chumbo. O autor afirma que com 0,50mm de Pb a atenuação da radiação incidente no paciente é diminuída em até 90% do total.

O protótipo de protetor radiológico desenvolvido durante a presente pesquisa passou por testes, que após serem analisados, demonstraram que o mesmo possui equivalência em 0,50mm de Pb. Assim, se este fosse aplicado durante os exames realizados no estudo de Lacerda *et al* (2008), utilizado para comparação, as doses nas gônadas femininas poderiam cair para até 0,002 mSv, e nas masculinas para 0,004 mSv. Esta queda na dose poderia diminuir, por consequência, o risco de

desenvolvimento de câncer futuro nos pacientes expostos à exames envolvendo radiação ionizante. Desta forma, o protótipo elaborado demonstra grande importância para a proteção radiológica dos neonatos e lactentes internados em UTI neonatal.

Além de maior sensibilidade à radiação, os neonatos e lactentes possuem o sistema imunológico mais vulnerável, o que os deixa mais sensíveis também à possíveis infecções hospitalares, advindas de microrganismos diversos. No Brasil, as infecções hospitalares ocorridas em UTI neonatal variam de 18,9 a 57,7% dos casos totais (SILVA, 2016). Para que este número possa diminuir é necessário, além de outras medidas, que os objetos de uso coletivo passem por desinfecções. Para a execução deste processo, ainda hoje o hipoclorito de sódio 10/12% é um dos produtos mais utilizados, por possuir alta ação microbicida sobre agentes que podem causar infecções hospitalares (PEREIRA et al, 2015).

O material utilizado para a elaboração do envoltório do protótipo de protetor radiológico deste trabalho, se mostrou compatível com o hipoclorito de sódio 10/12% durante testes aplicados. Isso faz com que o protetor pode ser desinfetado após o uso, de maneira simples, o que diminui a quantidade de microrganismos agregados ao mesmo.

Além de todas as qualidades acima citadas, o protótipo desenvolvido possui uso unissex, garantido a partir de seu formato que por ser anatômico, proporciona conforto e diminui o risco de ferimentos por ser ausente de pontas.

Para uma possível comparação do custo total do protótipo desenvolvido, em contrapartida aos valores dos protetores radiológicos encontrados no mercado, foi realizado um orçamento simples utilizando ferramentas de compras em sites de busca. Neste levantamento foram pesquisados valores de protetores de tireoide (que são os menores encontrados no mercado brasileiro e comumente vistos em uso como DPG), de forma a comparar com o valor total do protótipo de protetor.

Os protetores encontrados na busca possuem alto custo de aquisição, variando de R\$85,00 a R\$217,55. Já o modelo desenvolvido utilizou 25,85 gramas de ABS, 15ml de solução de acetona, e cerca de uma hora de impressão por protótipo. Assim, o custo total do protetor para a venda é de R\$29,45 – levando em consideração valores gastos em energia elétrica e demais despesas geradas. Desta forma, o

protótipo desenvolvido tem valor comercial de 3 a 8 vezes menor que os protetores encontrados no mercado.

Assim, ao avaliar a relação custo x benefício que o protótipo de protetor elaborado traz, vê-se que além de ser mais barato, o mesmo foi desenvolvido especialmente para o uso em neonatos e lactentes, o que o torna de melhor adaptação em relação aos existentes no mercado.

CONCLUSÃO

Após analisar as literaturas encontradas durante a pesquisa, foi possível compreender a real importância que os protetores radiológicos possuem para os internados em UTI neonatal, já que estes possuem alta sensibilidade à radiação ionizante, e são submetidos constantemente a exames envolvendo este tipo de radiação. Além disso, a pesquisa permitiu a percepção do risco que o acúmulo de folhas de chumbo pode causar, tanto ao meio ambiente, como para a saúde pública – folhas estas que podem ter como destino a proteção de neonatos e lactentes.

Percebeu-se durante a pesquisa, que é possível reutilizar um material que é descartado diariamente em serviços de radiologia odontológica, e impressão 3D, com a confecção de protetores radiológicos para o uso em UTI neonatal. Esta junção de materiais, além de proteger os pacientes, contribui com o meio ambiente ao fazer a coleta das folhas plumbíferas.

Com os resultados dos testes realizados, foi possível afirmar que o revestimento do protetor – impresso em 3D com filamento ABS, possui compatibilidade com uma solução desinfetante comumente utilizada em meio hospitalar, o hipoclorito de sódio que segundo a literatura é o suficiente para evitar contaminações cruzadas. Uma limitação encontrada na pesquisa foi a falta de testes que comprovem a eficácia do hipoclorito para a desinfecção do protótipo, sugere-se então futuros estudos quanto à capacidade de desinfecção do NaClO.

Com capacidade atenuante equivalente à 0,5 mm de chumbo, o protetor mostra-se dentro das recomendações literárias, tornando-se assim, apto para proteção radiológica das gônadas.

O formato escolhido para a impressão é anatômico, possuindo cavas laterais e ausente de pontas e linhas que podem gerar desconforto.

Visando as vantagens comerciais, o protótipo elaborado é consideravelmente mais barato que os demais protetores radiológicos encontrados no mercado brasileiro, o que o torna acessível.

Para concluir, é possível responder à pergunta de pesquisa do presente trabalho, que foi: de que maneira pode-se elaborar protetores radiológicos, apropriados para uso em pacientes internados em UTI neonatal? Os protetores radiológicos podem ser elaborados a partir da reutilização de folhas de chumbo presentes em embalagens de filmes odontológicos, e impressão 3D.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, L.C.; TAVANO, O. **Curso de Radiologia em Odontologia**. Editora Santos, São Paulo, p. 19-20. 2002

ANVISA. Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998. **Portaria Svs/ms N° 453, de 1 de Junho de 1998**. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61331-3: Dispositivos de proteção contra radiação X para fins de diagnóstico médico**. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 20 p.

AULETE, Caldas. **Aulete Digital** – Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa: Dicionário Caldas Aulete, vs online, acesso em 28 ago. 2017. BRASIL.

BERNARDO, Mônica. **Proteção radiológica com foco em pacientes infantis é tema de pesquisa e campanha de orientação**. 2017. Disponível em: <<https://www.sapralandauer.com.br/protECAo-radiologica-com-foco-em-pacientes-infantis-e-tema-de-pesquisa-e-campanha-de-orientacao/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BUSHONG, Stewart. **Ciência radiológica para tecnólogos**. Elsevier Health Sciences, 2010.

CHICCA JUNIOR, Natal Anacleto; CASTILLO, Leonardo Gómez. Impressão 3D na cultura do design contemporâneo. In: **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. 2014. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/impresso-3d-na-cultura-do-design-contemporaneo-12827>> . Acesso em 10 out. 2017.

CORDEIRO, Ana Lúcia Arcanjo Oliveira et al . Contaminação de equipamentos em unidade de terapia intensiva. **Acta paul. enferm.**, São Paulo , v. 28, n. 2, p. 160-165, Abr. 2015 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002015000200160&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 ago. 2017

DALMAZO, Juciléia et al . Otimização da dose em exames de rotina em tomografia computadorizada: estudo de viabilidade em um Hospital Universitário. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 43, n. 4, p. 241-248, Ago. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 25 set. 2017.

FARMAN, Allan G.. ALARA still applies. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology**, [s.l.], v. 100, n. 4, p.395-397, out. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.05.055>. Disponível em:

<[https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104\(05\)00432-4/abstract](https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104(05)00432-4/abstract)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

GELSLEICHTER AM. **Condições das vestimentas de proteção radiológica em dois hospitais públicos de Florianópolis [TCC]**. Florianópolis (SC): CEFET; 2006

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

LACERDA, Marco Aurélio de Sousa et al . Riscos dos exames radiográficos em recém-nascidos internados em um hospital público de Belo Horizonte, MG. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 41, n. 5, p. 325-329, Oct. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842008000500011&lng=en&nrm=iso>. acesso em 05 Jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842008000500011>.

MOREIRA, Fátima R.; MOREIRA, Josino C. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3930>. Acesso em 30 ago. 2017.

NAVARRO, Valéria Coêlho Costa et al . Avaliação de exposições médicas em procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 45, n. 4, p. 210-214, Ago. 2012 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842012000400006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 25 ago. 2017.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estud. av.**, São Paulo , v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100014&lng=en&nrm=iso>. access on 17 Sept. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>

PEREIRA, Aline Garcia; SOARES, Flávio Augusto Penna. **Desenvolvimento de Teste de Integridade para Vestimenta de Proteção Radiológica** 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/publicacoes/article/view/190>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

PEREIRA, Samantha Storer Pesani et al. Disinfection with sodium hypochlorite in hospital environmental surfaces in the reduction of contamination and infection prevention: a systematic review. **Revista da Escola de Enfermagem da Usp**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.0681-0688, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0080-623420150000400020>. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3610/361041522019.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

ROHRINGER, Sean. **25 Best 3D Printer Filament Types & Comparison Charts**. 2017. Disponível em: <<https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SAMPAIO, Leonardo Lordelo; AGRA FILHO, Severino Soares. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE PELÍCULAS DE CHUMBO DE SERVIÇOS ODONTOLÓGICOS EM SALVADOR, BAHIA**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Ambiente e Trabalho, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. Disponível em: <<http://www.sat.ufba.br/site/db/dissertacoes/432013113241.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

SANTOS NETO, Arizon dos. **Filamentos para impressão 3D: o que você precisa saber**. 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/05/24/filamentos-para-impressao-3d-2/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

SILVA, Alisson Igo dos Santos. **Avaliação das bactérias isoladas em amostras biológicas em neonatos internados na unidade de terapia intensiva no Hospital Universitário Lauro Wanderley de João Pessoa**. 2016. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2016. Disponível em: <<http://rei.biblioteca.ufpb.br:8080/jspui/handle/123456789/999>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SOARES, Flávio Augusto Penna; PEREIRA, Aline Garcia; FLOR, Rita de Cássia. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 44, n. 2, p. 97-103, Abr. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842011000200009&lng=en&nrm=iso>. acesso em 23 Junho 2017.

SOUZA, Edvaldo de; SOARES, José Paravidino de Macedo. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. **J. vasc. bras.**, Porto Alegre , v. 7, n. 4, p. 341-350, Dez. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492008000400009&lng=en&nrm=iso>. acesso em 13 ago. 2017.

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL (ULBRA). Cursos Superiores de Tecnologia em Gestão Metodologia para projetos tecnológicos. 2017. Disponível em: <<http://www.ulbra.br/upload/803bdcdcaebc8e55f1a32f848c48de3e7.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

VELUDO, Patrícia Carvalho; BOTELHO, Maria Filomena; ABRANTES, Margarida. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos**: Inquéritos a Clínicos Gerais. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Saúde Pública, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, São Paulo, 2011. Disponível em: <[https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos da Radiação-X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos%20da%20Radiao%20X%20e%20Niveis%20de%20Exposicao%20em%20Exames%20Imagiologicos.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2017.

YAN, Xue; GU, P. E. N. G. A review of rapid prototyping technologies and systems. **Computer-Aided Design**, v. 28, n. 4, p. 307-318, 1996. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010448595000356>>. Acesso em 25 set. 2017.

YU, Cheng-chung. Radiation Safety in the Neonatal Intensive Care Unit: Too Little or Too Much Concern?. **Pediatrics & Neonatology**, [s.l.], v. 51, n. 6, p.311-319, dez.

2010. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1875-9572\(10\)60061-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1875-9572(10)60061-7). Disponível em: <[http://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572\(10\)60061-7/pdf](http://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572(10)60061-7/pdf)>. Acesso em: 10 ago.. 2017.

5 CONCLUSÃO

Após analisar as literaturas encontradas durante a pesquisa, foi possível compreender a real importância que os protetores radiológicos possuem para os internados em UTI neonatal, já que estes possuem alta sensibilidade à radiação ionizante, e são submetidos constantemente a exames envolvendo este tipo de radiação. Além disso, a pesquisa permitiu a percepção do risco que o acúmulo de folhas de chumbo pode causar, tanto ao meio ambiente, como para a saúde pública – folhas estas que podem ter como destino a proteção de neonatos e lactentes.

Percebeu-se durante a pesquisa, que é possível reutilizar um material que é descartado diariamente em serviços de radiologia odontológica, e impressão 3D, com a confecção de protetores radiológicos para o uso em UTI neonatal. Esta junção de materiais, além de proteger os pacientes, contribui com o meio ambiente ao fazer a coleta das folhas plumbíferas.

Com os resultados dos testes realizados, foi possível afirmar que o revestimento do protetor – impresso em 3D com filamento ABS, possui compatibilidade com uma solução desinfetante comumente utilizada em meio hospitalar, o hipoclorito de sódio que segundo a literatura é o suficiente para evitar contaminações cruzadas. Uma limitação encontrada na pesquisa foi a falta de testes que comprovem a eficácia do hipoclorito para a desinfecção do protótipo, sugere-se então futuros estudos quanto à capacidade de desinfecção do NaClO.

Com capacidade atenuante equivalente à 0,5 mm de chumbo, o protetor mostra-se dentro das recomendações literárias, tornando-se assim, apto para proteção radiológica das gônadas.

O formato escolhido para a impressão é anatômico, possuindo cavas laterais e ausente de pontas e linhas que podem gerar desconforto.

Visando as vantagens comerciais, o protótipo elaborado é consideravelmente mais barato que os demais protetores radiológicos encontrados no mercado brasileiro, o que o torna acessível.

Para concluir, é possível responder à pergunta de pesquisa do presente trabalho, que foi: de que maneira pode-se elaborar protetores radiológicos, apropriados para uso em pacientes internados em UTI neonatal? Os protetores radiológicos podem ser elaborados a partir da reutilização de folhas de chumbo presentes em embalagens de filmes odontológicos, e impressão 3D.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61331-3**: Dispositivos de proteção contra radiação X para fins de diagnóstico médico. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 20 p.
- ANVISA. **RDC nº 306**,. Dispõe sobre o Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília, DF. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6> Acesso em: 28 mar. 2018
- _____. Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998. **Portaria Svs/ms N° 453, de 1 de Junho de 1998**. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017
- ÁLVARES, L.C.; TAVANO, O. **Curso de Radiologia em Odontologia**. Editora Santos, São Paulo, p. 19-20. 2002
- AULETE, Caldas. **Aulete Digital** – Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa: Dicionário Caldas Aulete, vs online, acesso em 28 ago. 2017. BRASIL.
- BERNARDO, Mônica. **Proteção radiológica com foco em pacientes infantis é tema de pesquisa e campanha de orientação**. 2017. Disponível em: <<https://www.sapralandauer.com.br/protacao-radiologica-com-foco-em-pacientes-infantis-e-tema-de-pesquisa-e-campanha-de-orientacao/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357:2277-84. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra072149>> . Acesso em: 02 abr. 2018.
- BUSHONG, Stewart. **Ciência radiológica para tecnólogos**. Elsevier Health Sciences, 2010.
- CHENG, George Z. et al. 3D Printing and Personalized Airway Stents. **Pulmonary Therapy**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.59-66, 16 jan. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s41030-016-0026-y>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s41030-016-0026-y#citeas>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- CHICCA JUNIOR, Natal Anacleto; CASTILLO, Leonardo Gómez. Impressão 3D na cultura do design contemporâneo. In: **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. 2014. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/impresso-3d-na-cultura-do-design-contemporneo-12827>> . Acesso em 10 out. 2017.
- COBBINA, Samuel J. et al. Comparative assessment of heavy metals in drinking water sources in two small-scale mining communities in northern Ghana. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 9, p. 10620-10634, 2015.

CORDEIRO, Ana Lúcia Arcanjo Oliveira et al . Contaminação de equipamentos em unidade de terapia intensiva. **Acta paul. enferm.**, São Paulo , v. 28, n. 2, p. 160-165, Abr. 2015 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002015000200160&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 ago. 2017.

DALMAZO, Juciléia et al . Otimização da dose em exames de rotina em tomografia computadorizada: estudo de viabilidade em um Hospital Universitário. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 43, n. 4, p. 241-248, Ago. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 25 set. 2017.

FARMAN, Allan G.. ALARA still applies. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology**, [s.l.], v. 100, n. 4, p.395-397, out. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.05.055>. Disponível em: <[https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104\(05\)00432-4/abstract](https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104(05)00432-4/abstract)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

FURLOW, Bryant. Radiation protection in pediatric imaging. **Radiologic Technology**, v. 82, n. 5, p. 421-439, 2011. Disponível em <<http://www.mdpi.com/1660-4601/12/9/10620/htm>>. Acesso em 25 ago. 2017.

GELSLEICHTER AM. **Condições das vestimentas de proteção radiológica em dois hospitais públicos de Florianópolis [TCC]**. Florianópolis (SC): CEFET; 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

ISM Especialidades Industriais Mfg. & Is Med Specialties. **PLASTICS STERILIZATION COMPATIBILITY**. COLORADO. 2018. Disponível em: <<https://www.industrialspec.com/resources/plastics-sterilization-compatibility/>>. Acesso em: 28 maio 2018.

LACERDA, Marco Aurélio de Sousa et al . Riscos dos exames radiográficos em recém-nascidos internados em um hospital público de Belo Horizonte, MG. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 41, n. 5, p. 325-329, Oct. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842008000500011&lng=en&nrm=iso>. acesso em 05 Jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842008000500011>.

MOREIRA, Fátima R.; MOREIRA, Josino C. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3930>. Acesso em 30 ago. 2017.

NAVARRO, Valéria Coêlho Costa et al . Avaliação de exposições médicas em procedimentos pediátricos de radiologia intervencionista. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 45, n. 4, p. 210-214, Ago. 2012 . Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842012000400006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 25 ago. 2017.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estud. av.**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100014&lng=en&nrm=iso>. access on 17 Sept. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>

PADAVINI, Alessandra Arruda et al. Descarte dos componentes de filmes radiográficos e aventais de chumbo utilizados nas clínicas odontológica ou radiológica. **Archives of Health Investigation**, p. 110-113, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/133562>> Acesso em 14 set. 2017.

PEREIRA, Aline Garcia; SOARES, Flávio Augusto Penna. **Desenvolvimento de Teste de Integridade para Vestimenta de Proteção Radiológica** 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/publicacoes/article/view/190>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

PEREIRA, Samantha Storer Pesani et al. Disinfection with sodium hypochlorite in hospital environmental surfaces in the reduction of contamination and infection prevention: a systematic review. **Revista da Escola de Enfermagem da Usp**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.0681-0688, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0080-623420150000400020>. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3610/361041522019.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

ROHRINGER, Sean. **25 Best 3D Printer Filament Types & Comparison Charts**. 2017. Disponível em: <<https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTOS NETO, Arizon dos. **Filamentos para impressão 3D: o que você precisa saber**. 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/05/24/filamentos-para-impressao-3d-2/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

SANTOS, William S. et al. Avaliação Dosimétrica numa Unidade de Terapia Intensiva Neonatal de uma Maternidade Pública do Estado de Sergipe. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA, 15, 2010**. Aracajú, 2010. Disponível em <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/039/42039860.pdf>. Acesso em 19 ago. 2017.

SAMPAIO, Leonardo Lordelo; AGRA FILHO, Severino Soares. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE PELÍCULAS DE CHUMBO DE SERVIÇOS ODONTOLÓGICOS EM SALVADOR, BAHIA**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Ambiente e Trabalho, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. Disponível em: <<http://www.sat.ufba.br/site/db/dissertacoes/432013113241.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

SILVA, Alisson Igo dos Santos. **Avaliação das bactérias isoladas em amostras biológicas em neonatos internados na unidade de terapia intensiva no Hospital Universitário Lauro Wanderley de João Pessoa**. 2016. 37 f. TCC (Graduação) -

Curso de Farmácia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2016. Disponível em: <<http://rei.biblioteca.ufpb.br:8080/jspui/handle/123456789/999>>. Acesso em: 01 jul. 2018

SOARES, Flávio Augusto Penna; PEREIRA, Aline Garcia; FLOR, Rita de Cássia. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 44, n. 2, p. 97-103, Abr. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842011000200009&lng=en&nrm=iso>. acesso em 23 Junho 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Infra-estrutura Para Atendimento Integral Ao Recém-nascido**. Brasil, 21 out. 2010. Disponível em: <http://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/pdfs/sbp-dc-neo-infraestrutura-integral-21nov2010aprovado.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

SOUZA, Edvaldo de; SOARES, José Paravidino de Macedo. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. **J. vasc. bras.**, Porto Alegre , v. 7, n. 4, p. 341-350, Dez. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492008000400009&lng=en&nrm=iso>. acesso em 13 ago. 2017.

VELUDO, Patrícia Carvalho; BOTELHO, Maria Filomena; ABRANTES, Margarida. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos**: Inquéritos a Clínicos Gerais. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Saúde Pública, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, São Paulo, 2011. Disponível em: <[https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos da Radiação-X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos%20da%20Radiao%20X%20e%20Niveis%20de%20Exposicao%20em%20Exames%20Imagiologicos.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2017.

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL. (ULBRA) Cursos Superiores de Tecnologia em Gestão Metodologia para projetos tecnológicos. 2017. Disponível em: <<http://www.ulbra.br/upload/803bdcdabc8e55f1a32f848c48de3e7.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

YAN, Xue; GU, P. E. N. G. A review of rapid prototyping technologies and systems. **Computer-Aided Design**, v. 28, n. 4, p. 307-318, 1996. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010448595000356>>. Acesso em 25 set. 2017.

YU, Cheng-chung. Radiation Safety in the Neonatal Intensive Care Unit: Too Little or Too Much Concern?. **Pediatrics & Neonatology**, [s.l.], v. 51, n. 6, p.311-319, dez. 2010. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1875-9572\(10\)60061-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1875-9572(10)60061-7). Disponível em: <[http://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572\(10\)60061-7/pdf](http://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572(10)60061-7/pdf)>. Acesso em: 10 ago.. 2017.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANVISA. **Serviços Odontológicos: Prevenção e Controle de Riscos**. Brasília: Brasil, 2006. 152 p. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_odonto.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

NATUS MEDICAL INCORPORATED., **Save the Gonads™ X-ray Shields**. 2017. Disponível em: <http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=197>. Acesso em: 26 set. 2017.