



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de
Resina Marcadas com ⁹⁰Y**

FRANCINE SAYURI OKAWABATA

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia
das Radiações em Ciências da Saúde na Área de
Concentração
Medicina Nuclear e Radiofarmácia**

**Orientador:
Prof. Dr. Orlando Rodrigues Junior**

São Paulo 2023

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de
Resina Marcadas com ⁹⁰Y**

FRANCINE SAYURI OKAWABATA

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia
das Radiações em Ciências da Saúde na Área de
Concentração
Medicina Nuclear e Radiofarmácia**

**Orientador:
Prof. Dr. Orlando Rodrigues Junior**

São Paulo 2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

OKAWABATA, F. S. **Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com ⁹⁰Y**. 2023. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Okawabata, Francine S.
Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com ⁹⁰Y. / Francine S. Okawabata; orientador Orlando Rodrigues. Jr. -- São Paulo, 2023.
51 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Medicina Nuclear e Radiofarmácia) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2023.

1. Radioembolização. 2. Proteção radiológica. 3. Microesferas de ⁹⁰Y de resina. I. Rodrigues Junior, Orlando, orient.

Autor: Francine Sayuri Okawabata

Título: Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com ⁹⁰Y.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde – Processos de Radiação na Saúde da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: 25/07/2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Orlando Rodrigues Júnior (Orientador)

Instituição: IPEN/USP

Profa. Dra. Lilian Yuri Itaya Yamaga (Titular)

Instituição: HIAE

Prof. Dr. Emerson Soares Bernardes (Titular)

Instituição: IPEN/USP

Profa. Dra. Solange Amorim Nogueira (Suplente)

Instituição: HIAE

Profa. Dra. Maria da Penha Albuquerque Potiens (Suplente)

Instituição: IPEN/USP

*“Por vezes sentimos
que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe
faltasse uma gota”*

(Madre Teresa de Calcutá)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar meus passos ao longo dessa jornada. Sua presença constante e apoio incondicional me fortaleceram nos momentos de dificuldade e me deram coragem para seguir em frente. Além disso, sou profundamente grata por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis da vida, me guiando através das adversidades, me concedendo forças para enfrentá-las e me reerguendo.

Aos meus pais e familiares, sou profundamente grata por todo o amor, apoio e incentivo que sempre me deram. Vocês são meu porto seguro, minha inspiração e minha motivação para nunca desistir. Expresso a vocês minha profunda gratidão por terem me ensinado os verdadeiros valores da vida. Por terem me ensinado a amar as pessoas, a valorizar as relações humanas acima de qualquer riqueza material. O exemplo que me deram, mostrando a importância de colocar o amor, a compaixão e a bondade em primeiro lugar, moldou quem sou hoje. Sou grata por terem me ensinado a buscar meu lugar e minhas conquistas sem prejudicar ninguém, compreendendo que o verdadeiro sucesso está em construir uma trajetória sólida, baseada na ética, na integridade e no respeito mútuo. Seus ensinamentos foram fundamentais, para o meu crescimento moral e me guiaram pelo caminho da integridade e da empatia. Sou eternamente grata por serem os melhores modelos de vida que eu poderia ter.

Ao meu companheiro de vida Marcelo, quero expressar minha gratidão por estar ao meu lado durante todo esse percurso. Seu amor, compreensão e encorajamento foram fundamentais para que eu não desistisse. Sua presença constante e incentivo, me deram forças para superar os desafios e seguir em frente.

Ao meu orientador, não tenho palavras suficientes para expressar minha gratidão. Sua orientação, expertise, dedicação e compreensão foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional. Além disso, quero agradecer por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava das minhas próprias capacidades. Sua confiança e apoio foram fundamentais para que eu superasse os obstáculos e me mantivesse motivada. Serei eternamente grata por sua orientação e por nunca ter desistido de mim.

Agradeço a todos que fizeram parte dessa caminhada, direta ou indiretamente. Um agradecimento especial ao meu time de trabalho, Nathaliê, Patrícia, Adriana, Paloma, Raissa, Thiago, João e

Caio, sem vocês, essa conquista não seria possível. Obrigada por toda ajuda para que eu pudesse concluir o mestrado. Que cada um de vocês seja recompensado com realizações e sucesso.

Por fim, agradeço ao Hospital Albert Einstein pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho e tantos outros desenvolvidos durante esses anos de trabalho. Agradeço especialmente a Marycel, Karen, Anna, Taise, Sildomar, Vivian, Bruna, Dra. Lilian Yamaga e Dra. Solange Nogueira, por toda ajuda, expertise, companheirismo e inspiração. Agradeço também a Ana e ao Robson da Sirtex Medical por todo suporte.

Dedico este trabalho a todos os profissionais da Medicina Nuclear, bem como aos Físicos Médicos comprometidos com a proteção radiológica dos colaboradores dos Serviços onde atuam. Que este trabalho possa contribuir de alguma forma para o avanço da prática da Medicina Nuclear, fortalecendo ainda mais os protocolos de segurança radiológica e promovendo a excelência em nossa área de atuação.

RESUMO

OKAWABATA, FRANCINE S. *Manual de Boas Práticas para Procedimentos de Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com ⁹⁰Y*. 2023, 51 p. Tese (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza materiais radioativos para diagnóstico e tratamento de diversas doenças. A radioembolização com microesferas de ⁹⁰Y é um método terapêutico para tumores hepáticos. Existem duas opções de microesferas disponíveis no mercado: Sir-Spheres, microesferas de resina e a TheraSphere, microesferas de vidro. No Brasil, a Sirtex possui uma participação significativa, representando 99% do mercado brasileiro, sendo 25 o número de Instalações que realizam a radioembolização com as microesferas de resina, o que motivou este trabalho ser elaborado com base nas microesferas de resina da Sirtex.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver Procedimento Operacional Padrão (POP) para os procedimentos de radioembolização com ⁹⁰Y, com foco na proteção radiológica, destinado principalmente aos profissionais envolvidos na manipulação, aquisição das imagens e assistência aos pacientes.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas revisões detalhadas dos procedimentos existentes, o que possibilitou a identificação de oportunidades de aprimoramento na proteção radiológica dos colaboradores. As revisões realizadas resultaram na implementação de melhorias significativas no processo. Foram adotadas medidas como o uso de uma placa de acrílico durante a manipulação das microesferas de ⁹⁰Y, resultando em uma redução de 99,91% na taxa de dose (mSv/h). Além disso, houve a modificação do método de transporte das microesferas, passando a colocá-las dentro de uma caixa blindada com chumbo, o que reduziu a taxa de dose (mSv/h) em 94,55%. Também foi testada a eficácia do protetor de seringa já utilizado, e a utilização do mesmo resulta em uma redução de 99,10%, na taxa de dose (mSv/h).

O Procedimento Operacional Padrão desenvolvido neste trabalho, pode ser amplamente utilizado por serviços que desejam iniciar ou aprimorar essa terapia, promovendo segurança para os profissionais envolvidos e melhores resultados para os pacientes.

Palavras-chave: Radioembolização; Proteção Radiológica; microesferas de Resina marcadas com ⁹⁰Y.

ABSTRACT

OKAWABATA, FRANCINE S. ***Good Practices Manual for Radioembolization Procedures with ⁹⁰Y Labelled Resin Microspheres*** . 2023, 51 p. Thesis (Professional Master's Degree in Radiation Technology in Health Sciences) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

Nuclear Medicine is a medical specialty that uses radioactive materials for diagnosis and treatment of several diseases. Radioembolization with ⁹⁰Y microspheres is a therapeutic method for liver tumors. There are two microsphere options available on the market: Sir-Spheres, resin microspheres and TheraSphere, glass microspheres. In Brazil, Sirtex has a significant share, representing 99% of the Brazilian market, with 25 facilities performing radioembolization with resin microspheres, which motivated this work to be based on Sirtex resin microspheres.

The general objective of this work is to develop Standard Operating Procedures (SOP) for radioembolization procedures with ⁹⁰Y, focusing on radiological protection, aimed mainly at professionals involved in manipulation, image acquisition and patient care.

During the development of this work, detailed reviews of the existing procedures were carried out, which made it possible to identify opportunities for improvement in the radiological protection of employees. The carried out revisions resulted in the implementation of significant improvements in the process. Measures were taken, such as the use of an acrylic plate during manipulation of the ⁹⁰Y microspheres, resulting in a 99.91% reduction in the dose rate (mSv/h). In addition, there was a change in the method of transporting the microspheres, placing them inside a lead-armored box, which reduced the dose rate (mSv/h) by 94.55%. The effectiveness of the syringe protector already used was also tested, and its use resulted in a 99.10% reduction in the dose rate (mSv/h).

The Standard Operating Procedure developed in this work can be widely used by services that wish to initiate or improve this therapy, promoting safety for the professionals involved and better results for patients.

Key words: Radioembolization; Radiological Protection; ⁹⁰Y- labelled resin microspheres.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. Introdução	13
2. Objetivos	17
2.1. Objetivos específicos	17
3. Materiais e métodos	18
3.1. Etapas da terapia de radioembolização com microesferas de ⁹⁰ Y	18
3.2. Pesquisa de Shunt Pulmonar	20
4. Resultados	23
4.1. Estudos de práticas para a otimização da dose recebida pelos IOEs	23
4.2. Estudo da atividade que efetivamente foi administrada no paciente	28
5. Conclusão	29
Referências	31
Apêndice 1	33
Procedimento Operacional Padrão para a Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com e ⁹⁰ Y	33
Fase 1 - Pesquisa de <i>Shunt</i> Pulmonar	33
Etapa 1.1 - Preparo do Radiofármaco MAA-99mTc	33
Etapa 1.2 - Procedimento da Pesquisa do Shunt Pulmonar	34
Etapa 1.3 - Aquisição da imagem do Shunt	37
Etapa 1.4 - Cálculo do <i>Shunt</i> Pulmonar	38
Fase 2 - Radioembolização com microesferas de ⁹⁰ Y:	38
Etapa 2.1 - Recebimento e manipulação das microesferas de ⁹⁰ Y	38
Etapa 2.2 - Radioembolização com microesferas de ⁹⁰ Y	46
Etapa 2.3 – Monitoração e gerenciamento de rejeitos radioativos	49
Etapa 2.4 - Aquisição da imagem pós radioembolização	51
Etapa 2.5 - Orientações para o paciente sobre os cuidados referentes à proteção radiológica:	51
3. Orientações em caso de contaminação com material radioativo	52
3.1. Contaminação de superfície	52
3.2. Contaminação pessoal	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A imagem (a) mostra o acesso da artéria femoral do paciente através de um cateter e a imagem (b) mostra as partículas sendo carregadas até o tumor.....	14
Figura 2: Distribuição geográfica dos Serviços de Medicina Nuclear que realizam a terapia de radioembolização com microesferas resina marcadas com ^{90}Y no Brasil, separados por estado	15
Figura 3: Profissionais envolvidos no processo da radioembolização com ^{90}Y	18
Figura 4: Visão geral das etapas envolvidas em um procedimento de radioembolização com microesferas de ^{90}Y	19
Figura 5: Proteção de acrílico confeccionada em formato L, com 15 mm de acrílico.....	244
Figura 6: Protetor de seringa, utilizado durante a manipulação das microesferas de ^{90}Y	25
Figura 7: Método proposto para o transporte das microesferas de ^{90}Y dentro da maleta blindada com chumbo (a). Carrinho para transporte da maleta e os acessórios utilizados na radioembolização (b).....	26
Figura 8: Método inicial de transporte das microesferas de ^{90}Y , sendo levadas em cima da mesa auxiliar, dentro da caixa de aplicação e os acessórios transportados no andar de baixo da mesa auxiliar.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das microesferas de ^{90}Y de cada fabricante.....	14
Tabela 2: Medidas comparativas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização da proteção de acrílico e com a utilização da proteção.....	24
Tabela 3: Medidas comparativas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização do protetor de seringa e com a utilização do protetor.....	25
Tabela 4: Medidas da taxa de dose ($\mu\text{Sv/h}$) das microesferas de ^{90}Y antes e após a administração no paciente.....	28

1. Introdução

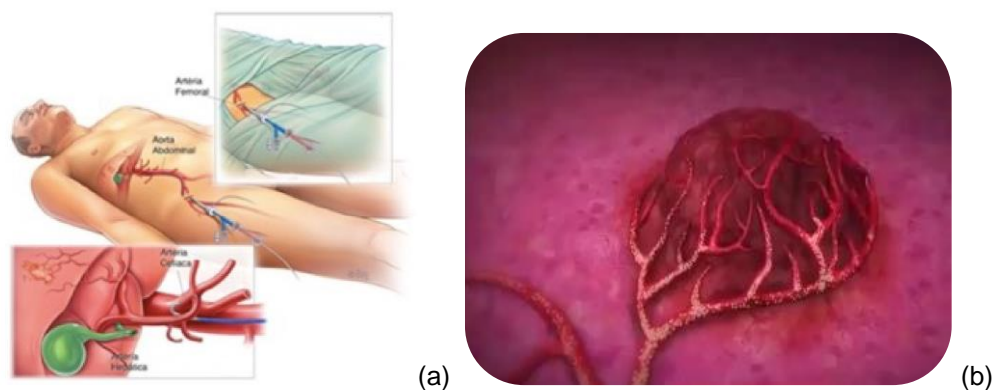
A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que emprega materiais radioativos com finalidade tanto diagnóstica quanto terapêutica. A doença hepática maligna, que inclui a neoplasia hepática e das vias biliares intra-hepáticas, é um problema de saúde significativo em todo o mundo. É considerada a sétima neoplasia mais comum e representa a segunda maior causa de morte por câncer. O tratamento da doença hepática maligna depende do estágio da doença e pode incluir ressecção cirúrgica, transplante de fígado, radioterapia, quimioterapia e terapias locais, como a radioembolização com Holmio-166 (^{166}Ho), Rênio -188 (^{188}Re) ou Itrio-90 (^{90}Y) (1), sendo esta última à que daremos ênfase neste trabalho.

A radioembolização ou Radioterapia Interna Seletiva (SIRT) com ^{90}Y pode ser feita concomitante às terapias sistêmicas e é utilizada como um bom método terapêutico para cânceres hepáticos, pois podem diminuir o tamanho dos tumores inoperáveis do fígado e com ela é possível atingir os tumores com doses mais potentes e por um maior período, se comparado com a terapia de feixe externo. Além disso, pode ser utilizada para viabilizar o transplante hepático (2, 3). Essa terapia é realizada para o controle local de tumores hepáticos primários e metastáticos irressecáveis. O conceito base para a administração intra-arterial das microesferas de ^{90}Y é a de que 80-100% dos tumores hepáticos de aproximadamente 0,3 mm são irrigados por sangue da circulação hepática arterial enquanto o parênquima hepático é irrigado circulação hepática portal (4).

As microesferas de ^{90}Y são implantadas nos tumores hepáticos através do acesso pela virilha até uma das artérias hepáticas (comum, direita ou esquerda) com um cateter e devido ao fluxo sanguíneo hepático, as partículas são carregadas diretamente para o tumor (4,5), como apresentado na Figura 1.

As microesferas são marcadas com ^{90}Y que é um emissor beta com meia-vida física de 2,67 dias, alcance máximo nos tecidos moles de 11 mm, com energia média de 0,935 MeV e máxima de 2,28 MeV (6,7).

Figura 1: A imagem (a) mostra o acesso da artéria femoral do paciente através de um cateter e a imagem (b) mostra as partículas sendo carregadas até o tumor.



Fonte: <https://www.sirtex.com/eu/products/sir-spheres-y-90-resin-microspheres/about-sir-spheres/>.

Atualmente existem duas opções de microesferas de ^{90}Y disponíveis no mercado. A SIR-Spheres, fabricada pela Sirtex Medical (3), que são microesferas de resina e a TheraSphere, fabricada pela Boston Scientific (5) que são microesferas de vidro. Essas microesferas possuem características distintas, que podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características das microesferas de ^{90}Y de cada fabricante.

Característica	Microesferas de vidro	Microesferas de resina
Nome comercial	TheraSphere	SIR-Spheres
Diâmetro da microesfera (μm)	20-30	20-60
Atividade por esfera (Bq)	2400-2700	40-70

Fonte: Adaptado de *TheraSphere*, Boston Scientific (5) e *SIR-Spheres*, Sirtex Medical (3).

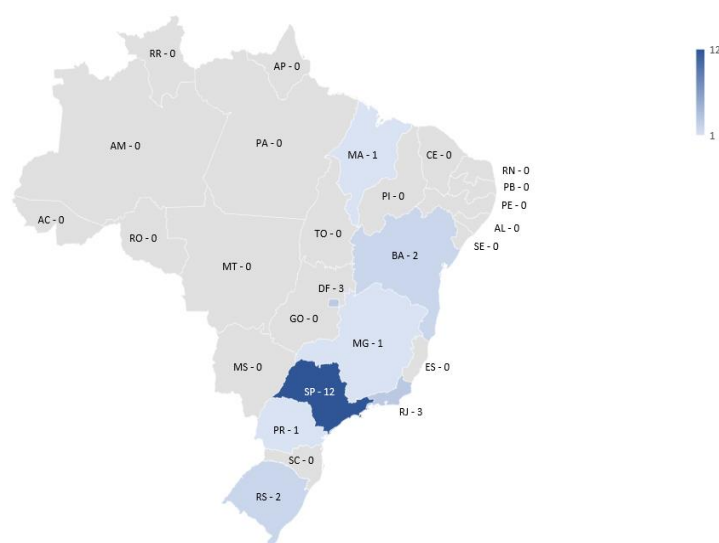
Além dessas opções, a ABK Biomedical (8) desenvolveu a Eye90 Microspheres que atualmente está em fase de estudo clínico, sendo considerada um produto experimental.

A Sirtex representa cerca de 99% do mercado brasileiro. Por essa razão, este trabalho foi elaborado com base na radioembolização utilizando as microesferas de resina marcadas com ^{90}Y fabricadas pela Sirtex Medical, devido à predominância e disponibilidade dessas microesferas no País.

Esta terapia pode apresentar alguns efeitos colaterais como dor abdominal, febre, náusea, ocorrendo entre 4 à 6 semanas após o tratamento. A biodistribuição indesejada de microesferas para o pâncreas, pulmão e trato gastrointestinal, podem acarretar efeitos colaterais mais graves como pancreatite, pneumonite por radiação e ulceração gástrica, respectivamente. É importante ressaltar que eventos adversos são raros e possíveis de prever, sendo essa a finalidade do procedimento de pesquisa de shunt pulmonar, etapa no qual é administrado ^{99m}Tc marcado com macroagregado (MAA- ^{99m}Tc) de albumina para simular a distribuição das microesferas antes da radioembolização com ^{90}Y . Isso permite avaliar shunt gastrointestinal e estimar quantitativamente o shunt hepatopulmonar, que pode causar danos indesejados aos pulmões ou outros órgãos. As partículas de MAA- ^{99m}Tc , que possuem tamanho entre 10 μm e 100 μm , são utilizadas como um substituto para estudar a deposição da atividade dentro e fora do fígado (9).

De acordo com as informações contidas no site da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), atualmente no Brasil existem aproximadamente 462 Instalações com autorização para operação em Medicina Nuclear, dos quais 25 realizam a terapia de radioembolização com as microesferas de resina e segundo a SIRTEX, desde 2014 até a data do presente trabalho, foram realizadas aproximadamente 400 terapias de radioembolização com microesferas de resina marcadas com ^{90}Y . A distribuição desses serviços pelos estados brasileiros está ilustrada na Figura 2.

Figura 2: Distribuição geográfica dos Serviços de Medicina Nuclear que realizam a terapia de radioembolização com microesferas de Resina Marcadas com ^{90}Y no Brasil, separados por estado.



No Brasil, ainda são poucas as instalações que realizam a radioembolização com microesferas de resina marcadas com ^{90}Y e um dos desafios tanto dessa terapia como de outras realizadas na Medicina Nuclear, é a dosimetria interna no paciente. Esta preocupação com a dosimetria é um tema que está sendo discutido nacionalmente e que vem avançando com as novas metodologias, porém ainda não há no País um protocolo definido para a realização da dosimetria desses pacientes. Atualmente estão disponíveis no mercado mundial alguns softwares para o cálculo da dosimetria, como o Planet Onco da DOSI Soft (10), Velocity (11) e MIM SurePlan (12), mas nem todos possuem registro na ANVISA.

A dosimetria dos pacientes que realizam a radioembolização com microesferas de ^{90}Y é importante também para a redução de possíveis efeitos colaterais devido à alta dose de radiação recebida. Além disso, após a terapia com microesfera de ^{90}Y , alguns pacientes podem necessitar de tratamento radioterápico ou tratamento com outros radioisótopos, sendo importante a informação da dosimetria dos tratamentos anteriores.

2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um manual de boas práticas para os procedimentos de radioembolização com ^{90}Y , com foco na proteção radiológica, destinado principalmente aos profissionais envolvidos na manipulação, aquisição das imagens e assistência aos pacientes.

2.1. Objetivos específicos:

- Estudo de práticas para a otimização da dose recebida pelos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs);
- Estabelecer a padronização e melhorias dos procedimentos de manipulação das microesferas de ^{90}Y .
- Elaborar um Procedimento Operacional Padrão visando a proteção radiológica dos IOEs.

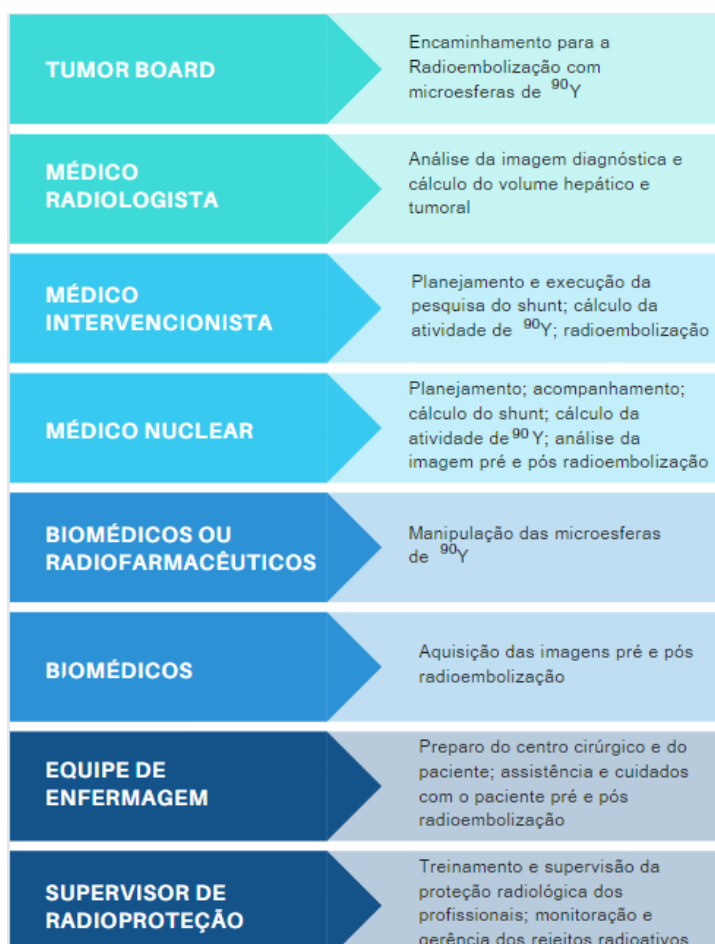
3. Materiais e Métodos

A radioembolização é indicada em um contexto paliativo para casos de malignidades hepáticas primárias e secundárias, sendo recomendada após outras opções terapêuticas minimamente invasivas ou quimioterápicas terem sido consideradas ineficazes. A avaliação para a realização da radioembolização inclui a análise do estado clínico do paciente, avaliação hepática, bem como a avaliação das indicações e contraindicações envolvidas (13).

3.1. Etapas da Terapia de radioembolização com microesferas de ^{90}Y

Para realizar a terapia de radioembolização com microesferas de ^{90}Y é necessária a colaboração de uma equipe multidisciplinar, uma vez que se trata de um procedimento complexo e que envolve diversos aspectos clínicos e técnicos. A Figura 3 apresenta os profissionais que, geralmente, fazem parte do processo e exemplos de tarefas executadas por cada um.

Figura 3: Profissionais envolvidos no processo da radioembolização com ^{90}Y .

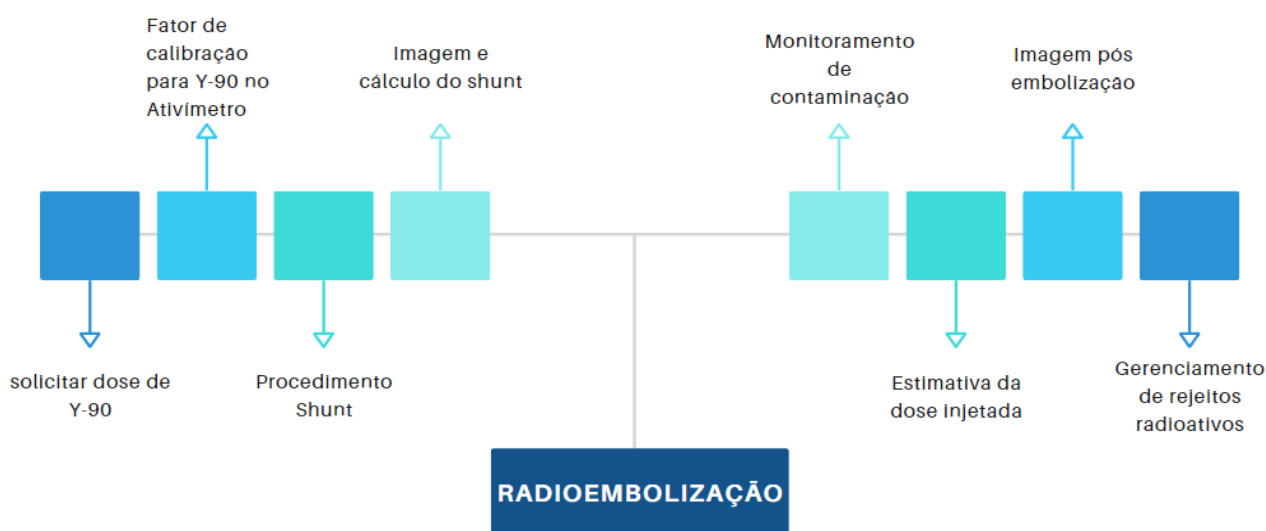


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Essas tarefas podem variar dependendo do protocolo e das práticas de cada Instituição.

Para realizar a radioembolização com ^{90}Y é imprescindível compreender e executar algumas etapas. A compreensão dessas etapas é crucial para garantir que as microesferas de ^{90}Y sejam manipuladas de acordo com as boas práticas, permitindo que o tratamento seja realizado com segurança e efetividade. É essencial que os profissionais da saúde envolvidos no procedimento estejam plenamente capacitados e treinados para a execução das etapas necessárias, de modo a garantir o melhor resultado para o paciente. A Figura 4 apresenta um escopo das etapas do processo.

Figura 4: Visão geral das etapas envolvidas em um procedimento de radioembolização com microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Para realizar a terapia com microesferas de ^{90}Y , é fundamental alinhar as solicitações das doses e a data da terapia. A próxima etapa é verificar o fator de calibração do ativímetro, também conhecido como calibrador de doses, para o radioisótopo ^{90}Y . Para encontrar esse fator de calibração, é necessário utilizar os três primeiros frascos das microesferas de ^{90}Y para realizar a medida da atividade e encontrar o valor do fator de calibração. É importante também considerar que a atividade contida no frasco de transporte possui uma variação de +/- 10% e requer atenção em relação ao fuso horário.

Antes de realizar a radioembolização com microesferas de ^{90}Y em um paciente, é necessário realizar uma etapa cuidadosa de planejamento, que envolve cálculos e análise visual das imagens

da cintilografia com $MAA^{99m}Tc$, realizadas pelo paciente no SPECT/CT. Um dos primeiros passos é a quantificação do shunt pulmonar, pois um dos principais riscos da radioembolização é a pneumonite induzida por radiação, por isso é contraindicado dose média pulmonar superior a 30 Gy em um único tratamento ou superior a 50 Gy em caso de múltiplos tratamentos. Nesta etapa também é possível verificar se existe retrofluxo do fluxo sanguíneo arterial hepático em direção ao estômago, pâncreas, vesícula biliar ou intestino e se há migração das microesferas para estes órgãos (6,14,15).

3.2. Pesquisa de Shunt Pulmonar

Para realizar o cálculo do shunt pulmonar é administrado no paciente macroagregado de albumina marcado com ^{99m}Tc ($MAA^{99m}Tc$) através de um cateter pela artéria hepática para que seja avaliada a fração que passa do fígado para os pulmões. Após a administração é realizada a aquisição de imagens na gama câmara, no qual é aconselhável realizar esta aquisição até uma hora após a administração do $MAA^{99m}Tc$ para diminuir a possibilidade de redistribuição das microesferas e de haver pertecnetato- ^{99m}Tc livre. Em seguida as imagens são processadas, analisadas e desenhadas as Regiões de Interesse (ROI) nas imagens, como os pulmões e o fígado. A equação 1 apresenta o cálculo para saber a porcentagem do shunt pulmonar SP (6,16,17).

$$\% \textit{Shunt Pulmonar} = \frac{\textit{Contagem total pulmonar}}{\textit{Contagem total Pulmonar} + \textit{Contagem total do Fígado}} \times 100 \quad (1)$$

Existem diferentes métodos para realizar o cálculo da atividade de ^{90}Y a ser administrada na terapia (4,6, 18). Para realizar estes cálculos, existem alguns programas que podem ser utilizados, como por exemplo o SIR-Spheres® Microspheres Activity Calculator (SMAC) (19), no qual utiliza o método baseado na superfície da área corporal (*Body Surface Area* - BSA) e o aplicativo Dosimetry and Activity Visualizer for Yttrium-90 Radioembolization (DAVYR) (20) que disponibiliza os resultados calculados com 3 diferentes métodos: BSA, Bipartição e MIRD (Medical Internal Radiation Dose).

De acordo com a SIR-Spheres®, os métodos mais aceitos para o cálculo são o BSA e Partição.

Área de superfície corporal (BSA):

$$A(\text{GBq}) = (\text{BSA} - 0,2) + \frac{\text{volume tumoral}}{\text{volume hepático total}} \quad (2)$$

Onde:

A= Atividade em GBq

BSA = área de superfície corporal em m² que pode ser estimada por:

$$\text{BSA}(\text{m}^2) = 0.20247 \times \text{Altura}(\text{m})^{0.725} \times \text{Peso}(\text{Kg})^{0.425} \quad (3)$$

Partição:

$$A(\text{GBq}) = \frac{D(\text{Gy}) \times \left[\frac{T}{N} \times \text{massa}_{\text{tumor}}(\text{kg}) \right]}{49,670 \times (1 - \text{fração do shunt pulmonar})} \quad (4)$$

Onde:

$$\frac{T}{N} = \frac{\text{Atividade}_{\text{tumor}}(\text{GBq})/\text{Massa}_{\text{tumor}}(\text{kg})}{\text{Atividade}_{\text{figado}}(\text{GBq})/\text{Massa}_{\text{figado}}(\text{kg})} \quad (5)$$

Sendo,

T/N a relação da atividade no tumor e fígado normal por unidade de massa.

A relação T/N é obtida através do processamento da imagem do paciente realizada no SPECT/CT, pós pesquisa de Shunt Pulmonar.

Após o procedimento de radioembolização é necessário realizar a aquisição de imagens do abdômen superior. Recomenda-se que essa imagem seja realizada em até 24 horas após o término do procedimento (19).

Esta aquisição de imagem pode ser realizada no PET/CT ou SPECT/CT, porém existem algumas diferenças entre elas. O exame realizado no SPECT/CT possui estimativas de doses menos precisas e qualidade de imagem inferior em relação ao PET/CT, porém tem um custo menor. Já no PET/CT o custo é maior, mas possui maior resolução espacial (20, 21).

A etapa de dosimetria interna, pode ser realizada utilizando softwares como o Planet Onco (10), Velocity (11) e MIM Sureplan (12). Os resultados da dosimetria interna são importantes para posterior análise em caso de recidiva e/ou necessidade de um novo tratamento que envolva o uso de radiação ionizante e também para certificação de que os limites de dose recebidos pelos órgãos não foram ultrapassados.

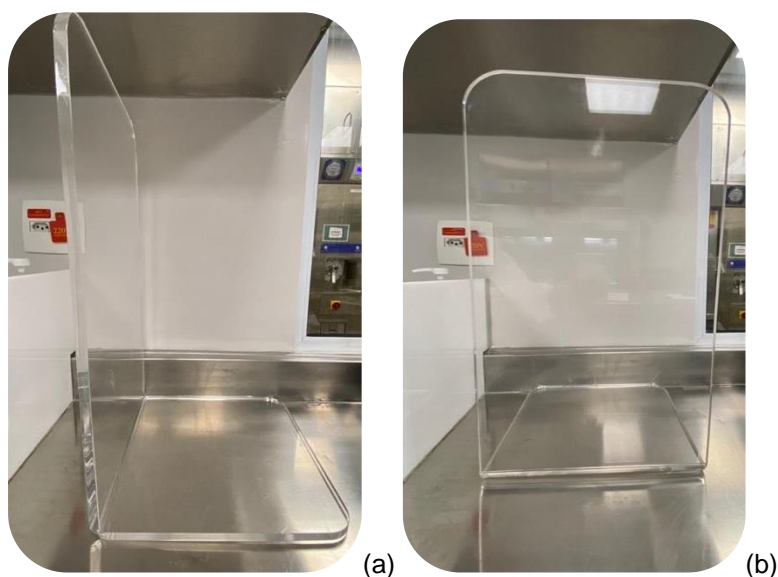
4. Resultados

Para implementar a terapia de radioembolização com microesferas de resina marcadas com ^{90}Y em um Serviço de Medicina Nuclear, tanto os colaboradores da Medicina Nuclear quanto os Médicos Intervencionistas e a equipe assistencial, necessitam de um treinamento específico em radioproteção, com o objetivo de desempenhar suas tarefas de forma segura e eficiente. Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas revisões detalhadas dos procedimentos existentes, o que possibilitou a identificação de oportunidades de aprimoramento na proteção radiológica dos colaboradores. Essas revisões levaram a implementação de melhorias significativas que visam aprimorar a segurança e minimizar os riscos relacionados à exposição à radiação ionizante.

4.1. Estudo de práticas para a otimização da dose recebida pelos IOEs

Um dos primeiros aprimoramentos implantados foi a confecção de uma placa de proteção de acrílico com 15 mm espessura para que os colaboradores utilizem durante a manipulação das microesferas. Essa proteção está apresentada na Figura 5 e visa garantir a segurança dos profissionais envolvidos, prevenindo possíveis contaminações acidentais causadas por respingos durante o processo de manipulação. Além disso, essa proteção tem o objetivo de reduzir a exposição dos colaboradores, principalmente em regiões mais radiosensíveis do corpo, como os olhos e o tórax. A eficiência da proteção foi avaliada por meio de 10 medições utilizando um detector de radiação Geiger-Muller da fabricante Thermos, modelo Radeye ER e estão apresentadas na Tabela 2. As medições foram realizadas tanto com a proteção de acrílico quanto sem a proteção de acrílico, utilizando uma seringa contendo microesferas de ^{90}Y . Cada medida teve a duração de 10 segundos e foi realizada a uma distância de 18 cm.

Figura 5: Proteção de acrílico confeccionada em formato L, com 15 mm de acrílico.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Tabela 2: Medidas comparativas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização da proteção de acrílico e com a utilização da proteção.

Medida	Média de 10 medidas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização da proteção de acrílico	Média de 10 medidas da taxa de dose (mSv/h) utilizando a proteção de acrílico
1	45,60	0,040
2	45,80	0,039
3	46,20	0,040
4	45,70	0,040
5	45,60	0,039
6	45,50	0,039
7	45,40	0,040
8	45,60	0,041
9	46,10	0,040
10	45,70	0,040
Média	45,72	0,040
% da redução da taxa de dose		99,91%

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Também foram realizadas medidas para avaliar a eficácia do protetor de seringa, que está representada na Figura 6 e os dados coletados estão apresentados na Tabela 3, empregando o mesmo procedimento descrito anteriormente. Foram realizadas 10 medidas, com duração de 10 segundos cada, a uma distância de 18 cm, tanto da seringa com protetor quanto sem o protetor.

Figura 6: Protetor de seringa, utilizado durante a manipulação das microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Tabela 3: Medidas comparativas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização do protetor de seringa e com a utilização do protetor.

Medida	Média de 10 medidas da taxa de dose (mSv/h) sem a utilização do protetor de seringa	Média de 10 medidas da taxa de dose (mSv/h) utilizando o protetor de seringa
1	45,60	0,410
2	45,80	0,416
3	46,20	0,415
4	45,70	0,415
5	45,60	0,413
6	45,50	0,412
7	45,40	0,411
8	45,60	0,412
9	45,10	0,410
10	45,70	0,411
Média	45,62	0,413
% da redução da taxa de dose		99,10%

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

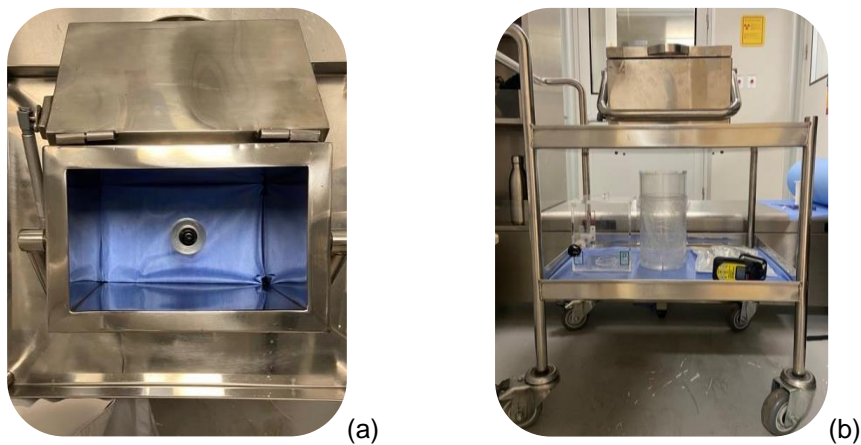
Com base nas medidas realizadas, foi observado que a utilização da proteção de acrílico e do protetor de seringa é de extrema importância para reduzir significativamente a dose recebida pelos colaboradores durante a manipulação das microesferas. Os resultados demonstram uma eficiência de 99,91% na redução da taxa de dose utilizando a proteção de acrílico (Tabela 2) e eficiência de 99,10% ao utilizar o protetor de seringa (Tabela 3), comprovando a eficácia da proteção sendo uma medida de segurança indispensável durante o processo de manipulação.

Outra medida adicional que foi implementada é a mudança do transporte das microesferas do setor da Medicina Nuclear até a radiologia intervencionista, visando proporcionar mais segurança

e minimizar o risco de acidentes e queda, uma vez que os setores ficam distantes e é necessário utilizar o elevador. Conseqüentemente, essa medida reduziu a taxa de dose (uSv/h) quando comparado ao transporte realizado anteriormente.

Essa melhoria, apresentada na Figura 7, consiste em transportar o V vial holder com as microesferas de ^{90}Y dentro de uma maleta blindada com chumbo provida de tampa, da mesma forma em que atualmente é realizado o transporte do $\text{MAA}^{99\text{m}}\text{Tc}$, na etapa da pesquisa de shunt pulmonar. As caixas de aplicação são transportadas separadamente, e somente no momento da administração é que o V vial holder com as microesferas de ^{90}Y é colocado dentro da caixa.

Figura 7: Método proposto para o transporte das microesferas de ^{90}Y dentro da maleta blindada com chumbo (a). Carrinho para transporte da maleta e os acessórios utilizados na radioembolização (b).



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Antes as microesferas de ^{90}Y eram transportadas sobre uma mesa auxiliar de aço inox, equipada com rodinhas, como apresentada na Figura 8, apresentando maior risco de queda durante o trajeto, devido a distância entre os setores.

Figura 8: Método inicial de transporte das microesferas de ^{90}Y , sendo levadas em cima da mesa auxiliar, dentro da caixa de aplicação e os acessórios transportados no andar de baixo da mesa auxiliar.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Com essa mudança no transporte, as microesferas permanecem dentro da maleta blindada e são colocadas dentro da caixa de aplicação, somente no momento da administração no paciente, diminuindo o tempo de exposição da equipe que está realizando a terapia.

Para verificar o percentual de redução da taxa de dose (uSv/h), foram realizadas 10 medidas da taxa de dose (uSv/h) das microesferas de ^{90}Y dentro da caixa de aplicação e em cima da mesa e 10 medidas com as microesferas de ^{90}Y dentro da maleta de chumbo.

Os resultados obtidos revelaram uma considerável redução da taxa de dose (uSv/h) de 94,55% porém, é importante destacar que os valores da taxa de dose se encontram em uma faixa consideravelmente baixa.

A mudança no método de transporte das microesferas foi sugerida e implementada devido a disponibilidade prévia do carrinho de chumbo no serviço. A existência desse carrinho, facilitou a implementação dessas mudanças necessárias, principalmente para minimizar o risco de queda durante o trajeto.

Portanto, apesar da notável percentagem de redução da taxa de dose (uSv/h), é fundamental reconhecer que a diminuição na taxa de dose apresentada está relacionada a valores inerentemente baixos. A introdução das modificações no transporte foi uma medida proativa de

busca contínua por melhores práticas de segurança, otimizando ainda mais a proteção dos profissionais envolvidos e contribuindo para a excelência operacional do serviço.

Esses resultados reforçam a necessidade de adotar práticas seguras e seguir protocolos adequados para garantir a proteção dos profissionais envolvidos na atividade.

Com isso, visando garantir a adequada implementação dessas melhorias e a execução correta em cada etapa do processo, foi elaborado um Procedimento Operacional Padrão (Apêndice 1). Esse documento descreve as diretrizes e medidas a serem seguidas para assegurar a efetiva proteção radiológica e serve como um guia, fornecendo orientações para garantir que todas as etapas do processo sejam realizadas de forma segura, contribuindo para a proteção radiológica dos colaboradores.

4.2. Estudo da atividade que efetivamente foi administrada no paciente.

Durante o desenvolvimento deste estudo, também foram efetuadas medidas da taxa de dose (uSv/h) do V vial contendo atividades das microesferas de ^{90}Y , pré e pós administração no paciente de cada dose preparada, com o objetivo de determinar o percentual da atividade injetada e quantificar a dose real administrada no paciente. Para isso, foram realizadas medidas, A Tabela 4 apresenta os dados coletados e o percentual da atividade real administrada em cada caso.

Tabela 4: Medidas da taxa de dose (uSv/h) das microesferas de ^{90}Y , com diferentes atividades, antes e após a administração no paciente.

Medida	Medida da taxa de dose (uSv/h) pré administração	Medida da taxa de dose (uSv/h) pós administração	% da atividade administrada
1	105,59	1,080	98,98%
2	717,82	15,500	97,84%
3	178,27	6,510	96,35%
4	232,95	5,150	97,79%
5	52,32	3,120	94,04%
6	540,05	1,300	99,76%
7	145,30	5,220	96,41%
8	341,13	24,830	92,72%
9	224,77	5,060	97,75%
10	54,29	5,040	90,72%
Média	259,25	7,281	96,23%

As medidas da taxa de dose das atividades das microesferas de ^{90}Y durante este estudo permitiram quantificar a dose real injetada no paciente. Ao comparar as medidas pré e pós administração, foi possível determinar o percentual da atividade efetivamente administrada. Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 4, indicaram uma média de 96,23% da atividade total administrada. Essas informações são essenciais para calcular a dosimetria interna do paciente e também garantir a precisão e segurança do procedimento de radioembolização com microesferas de ^{90}Y , contribuindo para uma melhor compreensão e controle da dose terapêutica administrada aos pacientes. Essa quantificação também pode ser realizada adquirindo uma imagem na Gama Camara da atividade das microesferas de ^{90}Y pré e pós administração.

5. Conclusão

A elaboração do Manual de Boas Práticas na forma de um Procedimento Operacional Padrão, demonstrou ser de extrema importância para estabelecer a padronização e orientação das etapas do processo, garantindo uma proteção radiológica efetiva.

Além disso, o desenvolvimento deste trabalho possibilitou uma revisão detalhada dos procedimentos existentes, permitindo a identificação de áreas que necessitavam de melhorias. Essas melhorias foram implementadas de forma a aprimorar a eficiência e segurança do processo, culminando na criação do manual, mas também contribuiu para a otimização dos procedimentos e a implantação de melhorias significativas em todas as etapas da radioembolização. Sendo assim, o trabalho não resultou apenas na elaboração do manual, mas também promoveu uma evolução na prática da radioembolização com microesferas de ^{90}Y .

Este documento tem o potencial de ser amplamente utilizado por serviços que desejam iniciar a realização da terapia de radioembolização com microesferas de ^{90}Y bem como no treinamento de novas equipes e serviços já estabelecidos, contribuindo para a segurança dos profissionais envolvidos auxiliando no alcance de melhores resultados para os pacientes. No entanto, vale ressaltar que ao incorporar este manual em um Serviço de Medicina Nuclear é importante considerar as particularidades e processos de cada Serviço. Cada Serviço possui características únicas que abrangem infraestrutura, processos e protocolos clínicos. Portanto, ao adotar e adaptar este manual é essencial analisar como ele se alinha com as práticas existentes, considerando as necessidades específicas da equipe e dos pacientes, garantindo que os processos de segurança

sejam implementados de forma coerente, sem comprometer a rotina de trabalho ou a qualidade do atendimento e conseqüentemente elevar os padrões de cuidados e alcançar resultados ainda mais positivos.

Referências

1. SANTOS, F. Mortalidade por Câncer de Fígado e Vias Biliares no Brasil: Tendências e Projeções até 2030. 2019. <https://doi.org/10.32635/2176-9745.RBC.2019v65n4.435>.
2. MORGADO, P. V. Radioembolização na terapêutica do carcinoma hepato-celular. Qual o estado da arte? ACTA Radiológica Portuguesa, v. XXVIII, n.109, 2019. Disponível em: https://www.sprmn.pt/revista/arp109/pdf/ARP%20109%20artigo_opinioao.pdf
3. SIRTEX. **Ítrio SS. Microesferas de resina [folheto informativo]**. [S. l.]: Sirtex Medical, 2023. Acesso em: 5 maio 2023.
4. TONG, A. K. T.; KAO, Y. H.; TOO, C. W.; CHIN, K. F. W.; NG, D. C. E.; CHOW, P. K. H. Yttrium-90 hepatic radioembolization: clinical review and current techniques in interventional radiology and personalized dosimetry. **The British Journal of Radiology**, v. 89, n. 1062, p. 20150943, [s. d.]. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150943>.
5. BOSTON SCIENTIFIC. **TheraSphere™ ⁹⁰Y Glass Microspheres**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.bostonscientific.com/en-US/products/cancer-therapies/therasphere-y90-glass-microspheres.html>. Acesso em: 15 jan. 2023.
6. DEZARN, W. A. et al. Recommendations of the American Association of Physicists in Medicine on dosimetry, imaging, and quality assurance procedures for ⁹⁰Y microsphere brachytherapy in the treatment of hepatic malignancies. **Medical Physics**, v. 38, n. 8, p. 4824–4845, 2011. <https://doi.org/10.1118/1.3608909>.
7. UNIVERSITY OF MISSOURI. Radionuclide Data Sheet - Yttrium-90. EHS – Environmental Health and Safety.
8. ABK Biomedical [Internet]. Disponível em: <https://abkbiomedical.com/>. Acesso em 05 de Jul 2023.
9. CHIESA, C. EANM dosimetry committee series on standard operational procedures: a unified methodology for ^{99m}Tc-MAA pre- and ⁹⁰Y peri-therapy dosimetry in liver radioembolization with ⁹⁰Y microspheres. 2021. DOI [10.1186/s40658-021-00394-3](https://doi.org/10.1186/s40658-021-00394-3). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34767102/>.
10. PLANET ONCO / DOSI SOFT. Disponível em: <https://www.dosisoft.com/>. Acesso em: 15 jun. 2023.
11. VELOCITY / VARIAN. [s. d.]. Disponível em: <https://www.varian.com/pt-br/products/software/information-systems/velocity>. Acesso em: 11 jun. 2023.
12. MIM SUREPLAN™ LIVERY90 / LIVER AND TUMOR SEGMENTATION TOOLS. [s. d.]. Disponível em: <http://mimsoftware-5300642.hs-sites.com/nuclear-medicine/sureplan-livery90>. Acesso em: 11 jun. 2023.
13. CARVALHO, V. D. O. et al. Transarterial radioembolization for liver tumors as neoadjuvant therapy: three case reports. **Einstein (São Paulo)**, v. 18, p. eRC4990, 19 fev. 2020. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020RC4990.

14. GULEC, S. Posttherapy Radiation Safety Considerations in Radiomicrosphere Treatment with ^{90}Y -Microspheres. 2007. DOI <https://doi.org/10.2967/jnumed.107.045443>. Disponível em: <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/48/12/2080.full.pdf>.
15. BRAAT, A. J. *et al.* ^{90}Y Hepatic Radioembolization: An Update on Current Practice and Recent Developments. **J Nucl Med**, Department of Radiology and Nuclear Medicine, v. 56, n. 7, p. 1079-1087, abr./2015. 2015. <https://doi.org/DOI:10.2967/jnumed.115.157446>.
16. GEORGIU, M. Lung shunt fraction calculation using $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA SPECT/CT imaging for ^{90}Y microsphere selective internal radiation therapy of liver tumors. 2021. DOI <https://doi.org/10.1186/s13550-021-00837-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13550-021-00837-z>.
17. ORAL COMMUNICATION] ANALYSIS OF DIFFERENCES BETWEEN $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MACROAGGREGATED ALBUMIN-SPECT AND ^{90}Y -MICROSPHERE-PET DOSIMETRY. 24 jun. 2018. Disponível em: <https://www.dosisoft.com/2018/06/24/oral-communication-analysis-differences-99mTc-macroaggregated-albumin-spect-90y-microsphere-pet-dosimetry/>. Acesso em: 11 jun. 2023.
18. ELSCHOT, M.; VERMOLEN, B. J.; LAM, M. G. E. H.; DE KEIZER, B.; VAN DEN BOSCH, M. A. A. J.; DE JONG, H. W. A. M. Quantitative Comparison of PET and Bremsstrahlung SPECT for Imaging the In Vivo Yttrium-90 Microsphere Distribution after Liver Radioembolization. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, p. e55742, 6 fev. 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055742>.
19. SIRTEX MEDICAL, S. **SIR-Spheres® Microspheres Activity Calculator (SMAC)**, [s. d.]. Disponível em: <https://smac.sirtex.com/>.
20. University of British Columbia. **DAVYR 3: Y90 Dosimetry App**.
21. YAMAGA, L. **Guideline para radioembolização hepática com microesferas marcadas com ^{90}Y** . [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://sbmn.org.br/wp-content/uploads/2018/08/Guideline-Microesferas.pdf>.
22. GULEC, S. Posttherapy Radiation Safety Considerations in Radiomicrosphere Treatment with ^{90}Y -Microspheres. 2007. DOI <https://doi.org/10.2967/jnumed.107.045443>. Disponível em: <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/48/12/2080.full.pdf>.

Apêndice 1

Procedimento Operacional Padrão para a Radioembolização com Microesferas de Resina Marcadas com ^{90}Y

Elaborado por: Francine Sayuri Okawabata

V. 01

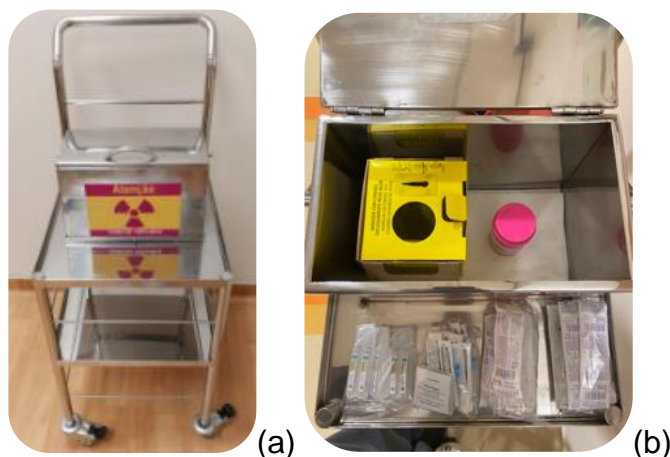
Fase 1 - Pesquisa de Shunt Pulmonar

- Etapa 1.1 - Preparo do Radiofármaco MAA- ^{99m}Tc

- Realizar a marcação do macroagregado de albumina com Tc-99m, de forma que contenha 500 mil partículas em aproximadamente 8mCi, em 3ml;
- Realizar o controle de qualidade, seguindo as orientações do fabricante;
- Identificar o frasco do MAA ^{99m}Tc e anotar a hora da atividade medida e da marcação;
- Transportar o radiofármaco MAA ^{99m}Tc até a radiologia intervencionista, dentro da blindagem de chumbo, de preferência em um carrinho de transporte para manter uma maior distância do material radioativo durante o trajeto, juntamente com os seguintes itens:

- 3 Seringas de 3ml e 5ml;
- Soro fisiológico;
- Caixa para descarte de perfuros cortantes (descarpak)
- Swab de álcool;
- Agulha

Figura 1: Carrinho de transporte contendo o MAA ^{99m}Tc e itens que serão utilizados no procedimento.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Etapa 1.2 - Procedimento da Pesquisa do Shunt Pulmonar

Para a etapa da pesquisa do Shunt Pulmonar, o centro cirúrgico é preparado com forrações para evitar contaminações da sala e dos acessórios. A forração na cor azul, apresentada na Figura 2 é impermeável de um lado e absorvente do outro. Os monitores também são forrados, porém com materiais plásticos.

Figura 2: Sala da radiologia intervencionista preparada com forrações no piso, mesa cirúrgica e mesas de apoio.



(a)



(b)

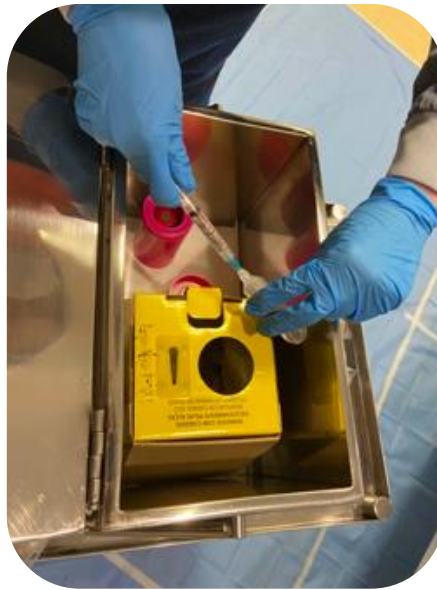
Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Para esta etapa, utilizar os seguintes itens para a radioproteção:
 - Avental plumbífero
 - Luvas
 - Protetor de tireoide
 - Propé
 - Óculos plumbífero
 - Touca
 - Roupa Privativa de manga longa

- Na sala, posicionar o carrinho em um local que tenha forração no piso, para evitar contaminações do local;

- Verificar com a equipe médica a atividade a ser administrada e o volume;
- Antes de retirar a dose, homogeneizar o frasco;
- Manipular a atividade a ser administrada cuidadosamente e dentro da maleta, como apresentado na Figura 3, para que não haja contaminação da sala da radiologia intervencionista, completar o volume para o volume solicitado, se necessário;

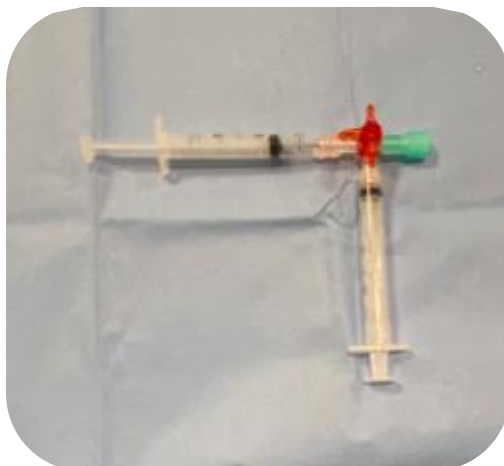
Figura 3: *Manipulação da atividade a ser administrada no paciente.*



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Conectar a seringa utilizada para a manipulação a seringa que o médico utilizará para a administração do radiofármaco no paciente, através de uma torneira 3 vias Luer Lock, como apresentado na Figura 4, e transferir o $\text{MAA}^{99\text{mTc}}$ de uma seringa para outra, mantendo assim a assepsia e esterilidade do radiofármaco;

Figura 4: *Transferência do $MAA^{99m}Tc$ da seringa utilizada para manipulação para a seringa que será utilizada para a administração do radiofármaco no paciente.*



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Descartar todo o material que entrou em contato com o $MAA^{99m}Tc$ dentro da caixa descarpak, Figura 5, que está no carrinho blindado com chumbo, pois ele deve ser monitorado, identificado e armazenado para o decaimento radioativo;

Figura 5: *Modelo de caixa tipo Descarpak para descarte de perfuro-cortante.*



Fonte: www.utilidadesclinicas.com.br

Após a finalização do procedimento:

- Monitorar com um monitor de contaminação todas as pessoas que se encontram na sala, antes de saírem;

- Monitorar com um monitor de contaminação todos os materiais e itens utilizados durante o procedimento;
- Separar os itens não contaminados, dos itens contaminados, se houver;
- Segregar, monitorar e identificar o rejeito radioativo;
- Transportar o rejeito radioativo no carrinho blindado com chumbo, até o local de armazenamento para o decaimento radioativo;

Figura 6: Identificação dos rejeitos radioativos. Perfuro cortante (a) e saco infectante contendo luvas e papéis (b).



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Etapa 1.3 - Aquisição da imagem do Shunt

Em seguida realizar a aquisição da imagem do paciente no equipamento Gama Câmara , dentro de 1 hora ou menos, após a administração do MAA^{99mTc} .

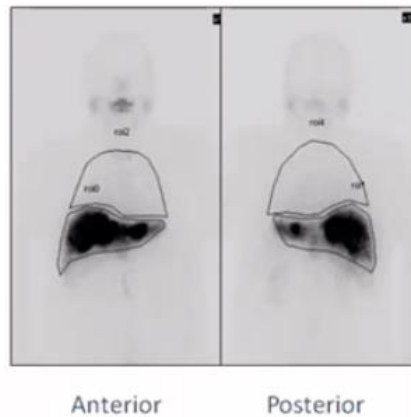
O seguinte protocolo pode ser utilizado:

- **Protocolo cintilografia (SPECT/CT Discovery NM 670 – GE):** Colimador de baixa energia, realizar uma varredura com projeção anterior e posterior de cabeça e tronco (15cm/min, janela centralizada em 140 keV, matriz 256x256, zoom 1) e um SPECT/CT do abdômen (matriz 128x128, 120 projeções, 10 segundos por frame, janela de energia centralizada em 140 keV, zoom 1);
- **Protocolo CT (SPECT/CT Discovery NM 670 – GE):** Tensão 120 kV, Smart mA ativado, espessura de reconstrução 3,75mm, SFOV Large;

- Etapa 1.4 - Cálculo do Shunt Pulmonar

Para realizar o cálculo do Shunt é necessário desenhar um ROI nas regiões do Fígado e Pulmões na projeção anterior e posterior, como o exemplo da Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de como é traçado o ROI nas regiões do Fígado e Pulmão para realizar o cálculo do Shunt.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Em seguida, é necessário anotar as contagens obtidas no Fígado e no Pulmão para realizar o cálculo através da fórmula:

$$\% \text{ Shunt Pulmonar} = \frac{\text{Contagem total pulmonar}}{\text{Contagem total Pulmonar} + \text{Contagem total do Fígado}} \times 100 \quad (1)$$

Caso o valor do shunt pulmonar esteja entre 10% a 15%, é sugerido reduzir a atividade preconizada em 20%. Se o valor do shunt pulmonar estiver entre 15% e 20%, é sugerido reduzir a atividade em 40%. Caso o shunt seja superior a 20%, a terapia é contra indicada.

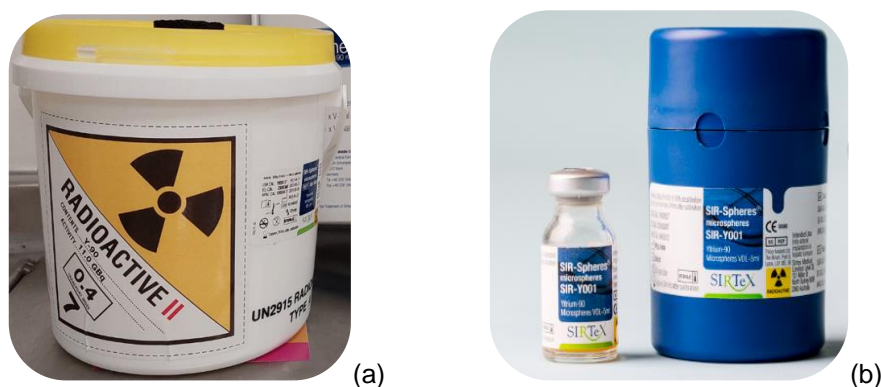
Fase 2 - Radioembolização com microesferas de ⁹⁰Y

- Etapa 2.1 - Recebimento e manipulação das microesferas de ⁹⁰Y

- Ao receber o embalado (Figura 8 a), coloque luvas e remova cuidadosamente o recipiente de chumbo que contém o frasco de vidro contendo as microesferas de ⁹⁰Y (Figura 8 b) e armazene-o em temperatura ambiente, de 15 a 25 °C.

- Realize uma monitoração do embalado utilizando um monitor de radiação de contaminação para verificar se há presença de contaminação. Caso haja sinais de contaminação, armazene o embalado em local próprio para rejeito radioativo, até o decaimento, caso não seja identificada a contaminação, remova o símbolo de material radioativo e em seguida o embalado pode seguir o fluxo dos resíduos do Hospital;

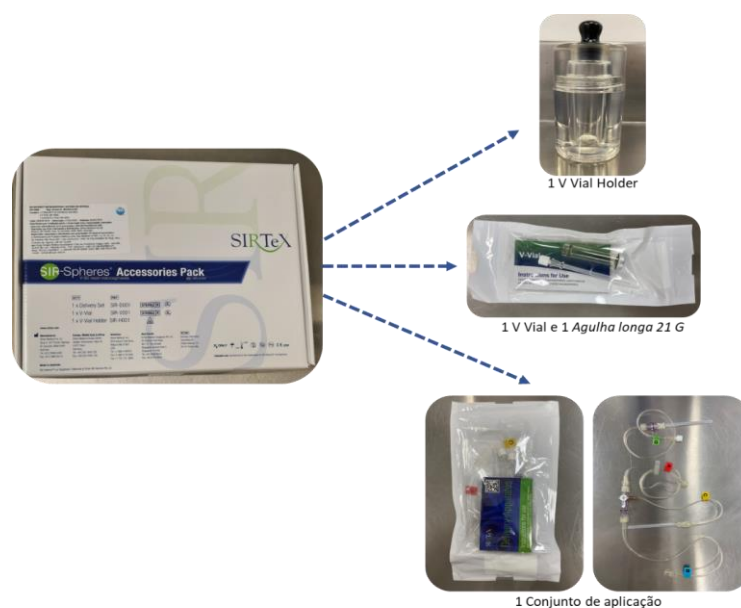
Figura 8 – Embalado utilizado para o transporte das microesferas de ^{90}Y (a) e recipiente de chumbo com frasco de vidro contendo as microesferas de ^{90}Y (b).



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Junto ao embalado chegará uma caixa contendo alguns itens necessários tanto para a manipulação quanto para a radioembolização, que está apresentada na Figura 9;

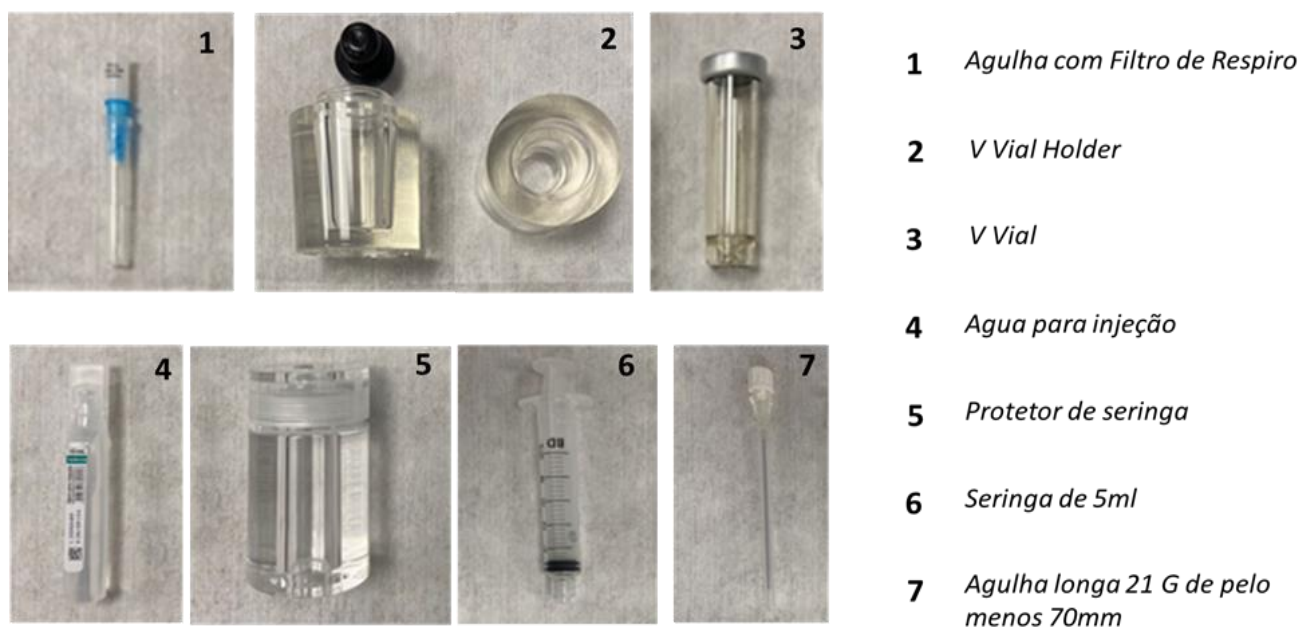
Figura 9 – Itens recebidos junto com o embalado das microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Inicialmente, proceda à organização e separação de todos os materiais necessários para a manipulação das microesferas. Essa medida visa otimizar o tempo de exposição à radiação durante a manipulação e reduzir possíveis riscos de contaminação ao procurar por algum item não disponível;
- Os materiais utilizados durante a manipulação estão apresentados na figura 10;
- Posicionar a proteção de acrílico onde será realizada a manipulação;

Figura 10 – *Itens que serão utilizados durante a manipulação das microesferas de ^{90}Y .*



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Para a manipulação das microesferas de ^{90}Y é essencial utilizar uma placa de proteção de acrílico, como a apresentada na Figura 11, a fim de reduzir a exposição à radiação do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE) que realizará a manipulação.

Figura 11 – Placa de proteção de acrílico, com espessura de 15 mm, utilizada durante a manipulação das microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

Após posicionada a proteção de acrílico, pode-se iniciar a etapa da manipulação.

- Pegue o frasco V Vial estéril, remova o lacre central com o auxílio de uma pinça (Figura 12 a);
- Utilize um swab para desinfetar o septo da borracha (Figura 12 b);
- Com uma caneta permanente, faça duas marcações ao redor da borracha, em sentidos opostos (Figura 12 c);

Figura 12 – Preparo do V Vial.

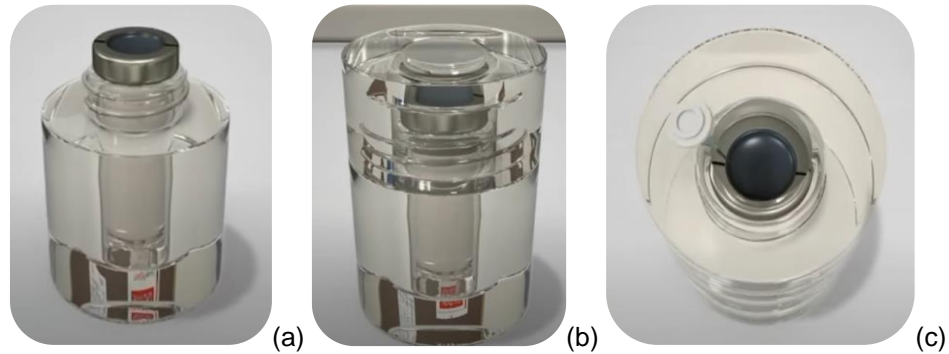


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Xdj5acMqVas&t=392s>

- Coloque o V Vial no suporte V Vial Holder (Figura 13 a);

- Feche o suporte (Figura 13 b);
- Insira uma agulha curta, 25 G com filtro, em um dos lados marcados para criar uma entrada de ar (Figura 13 c);

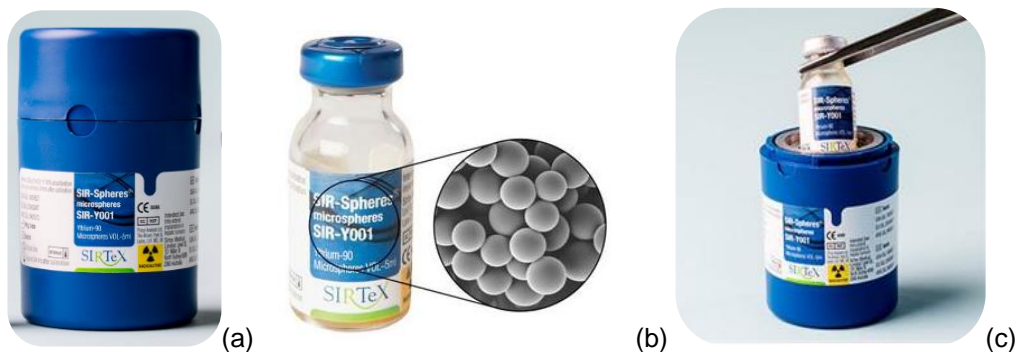
Figura 13 – Preparo do V Vial e acondicionamento no V Vial Holder.



Fonte: <https://www.sirtex.com>

- Coloque duas luvas em cada uma das mãos, pegue o frasco das microesferas de ^{90}Y , sem retirar da proteção de chumbo, e cuidadosamente agite para ressuspender as microesferas e assegurar uma solução mais homogênea;
- Abra o pote e com o auxílio de uma pinça, como apresentado na Figura 14 c, retire o frasco das microesferas de ^{90}Y para medir a atividade total no calibrador de dose. Em hipótese alguma, pegue o frasco com as mãos, para evitar assim a contaminação e maior exposição das mãos à radiação;

Figura 14 – Homogeneização das microesferas de ^{90}Y , sem retirar do castelinho de chumbo e após homogeneização, realizar a manipulação do vidro contendo as microesferas de ^{90}Y utilizando a pinça.



Fonte: <https://www.sirtex.com/eu/products/sir-spheres-y-90-resin-microspheres/about-sir-spheres/>

Nesta etapa é muito importante verificar o fator de calibração a ser utilizado, para evitar medidas equivocadas da atividade.

- O fator de calibração encontrado no medidor de atividade Capintec CRC-55tW, que é o ativímetro utilizado na Instituição atualmente, é o CAL# 048, porém é necessário multiplicar por 10 o valor da atividade exibida na tela;
- Após verificar a atividade, coloque o frasco das microesferas de ^{90}Y dentro do castelinho de chumbo;
- Determine o volume a ser retirado para obter a atividade que será administrada no paciente;

Exemplo:

O frasco possui uma atividade total de 81 mCi em 5 ml e a atividade a ser administrada no paciente é de 20 mCi.

81 mCi ----- 5 ml

20 mCi ----- Y ml

$$81 \times Y = 20 \times 5$$

$Y = 1,23\text{ml}$

Então o volume a ser retirado para conter uma atividade de 20 mCi é de 1,23 ml. De acordo com o fabricante das microesferas de resina, o desvio aceitável para a atividade a ser administrada no paciente é de +/- 10%.

Adotar essa prática de calcular o volume antes de extrair a atividade do frasco é uma medida que contribui para a redução de erros e, conseqüentemente, para a diminuição da exposição do colaborador. Dessa forma, evitam-se tentativas repetidas de retirar a atividade correta, otimizando assim as doses recebidas pelo colaborador no processo de manipulação das microesferas.

- Após calcular o volume a ser retirado do frasco, prepare a seringa de 5 ml, colocando-a dentro do protetor de seringa e conectando a agulha longa de 21 G, como apresentado na Figura 15;

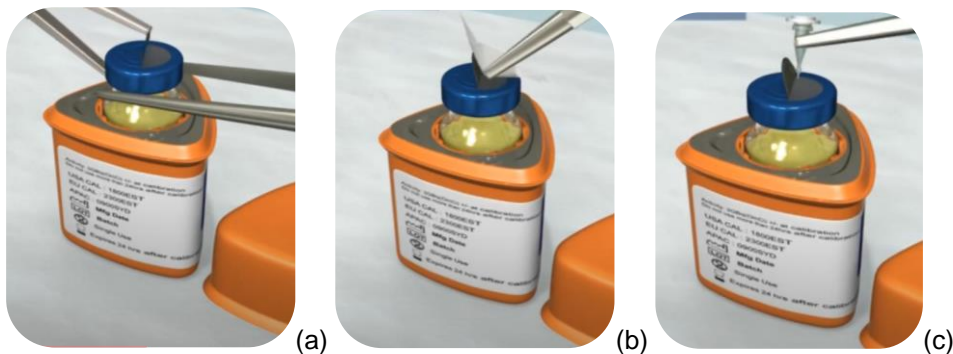
Figura 15 – Seringa com protetor de seringa e agulha longa de 21 G.



Fonte: <https://www.sirtex.com>

- Pegue novamente o castelinho de chumbo com o frasco das microesferas de ^{90}Y , e com o auxílio de uma pinça, remova metade do lacre central, como indicado na Figura 16 a;
- Com um swab limpe o septo de borracha central (Figura 16 b);
- Insira uma agulha de 25 G com filtro na borda do septo, para criar uma entrada de ar (figura 16 c);
- Mantenha a agulha distante do conteúdo para que não haja risco do líquido refluir;

Figura 16 – Abertura, assepsia e preparo do frasco das microesferas de ^{90}Y para manipulação.

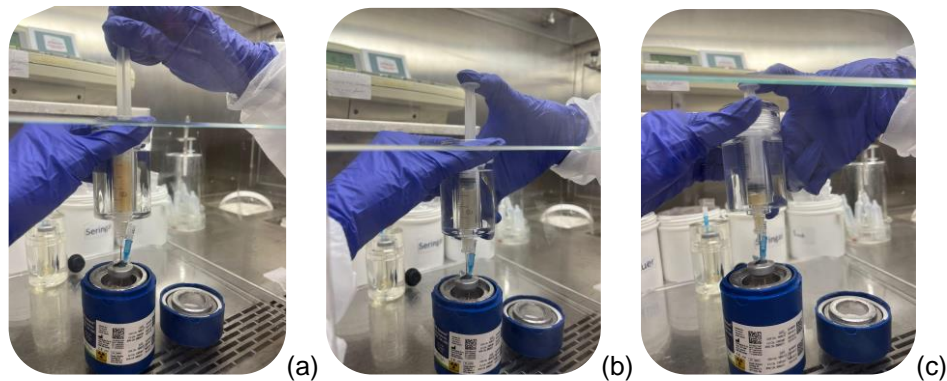


Fonte: <https://www.sirtex.com>

- Pegue a seringa de 5 ml que está com o protetor de seringa e puncione no septo de borracha do frasco das microesferas, inserindo a agulha até o fundo do frasco (Figura 17 a);
- Extraia e reinjete as microesferas por aproximadamente 6 vezes para ressuspender as microesferas e assegurar uma solução homogênea, como apresentado na Figura 17;

- Após homogeneizar, extraia o volume calculado;

Figura 17 – Homogeneização e manipulação das microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Retire cuidadosamente a agulha longa e a agulha de respiro para não haver respingos de ^{90}Y , evitando assim, contaminação pessoal e de superfície;
- Faça a medida no calibrador de dose, da atividade restante no frasco para se certificar de que a atividade extraída está correta, mantendo cuidado para não contaminar o equipamento;

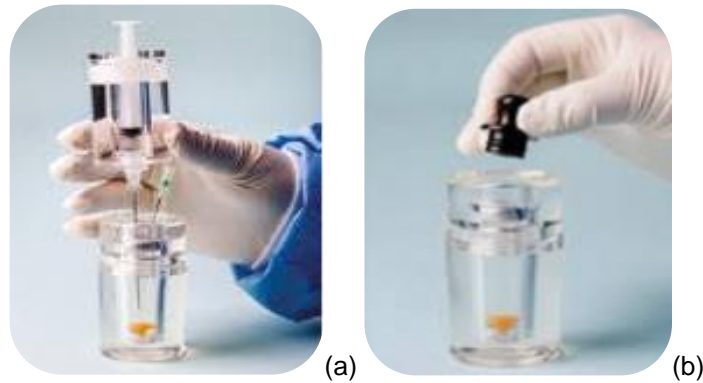
Exemplo:

A atividade total do frasco era de 81 mCi e precisávamos retirar 20 mCi para administrar no paciente. Exemplo: $81 \text{ mCi} - 20 \text{ mCi} = 61 \text{ mCi}$. Ou seja, a atividade restante no frasco tem que ser de 61 mCi.

- Caso a atividade retirada não esteja dentro do desvio de $\pm 10\%$ da atividade calculada, é necessário repetir o processo de homogeneização e proceder com a nova extração do volume calculado;
- Após a extração da atividade correta a ser administrada no paciente, complete com água para injeção até 4ml e insira as microesferas no V Vial (Figura 18 a);
- Cada vez que retirar atividade do frasco, completar o volume para o mesmo volume inicial, ou seja, se foi retirado 1ml para ser administrado no paciente é necessário completar o frasco com mais 1ml de água para injeção;

- Retire cuidadosamente a agulha longa e a agulha de respiro para não haver respingos de ^{90}Y , evitando assim, contaminação pessoal e de superfície;
- Coloque a tampa no V Vial (Figura 18 b);

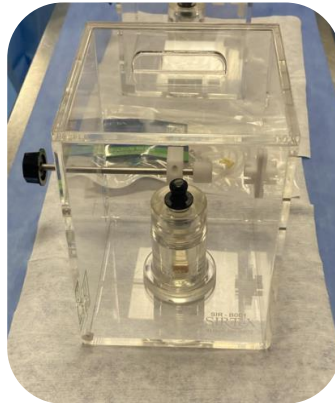
Figura 18 – Como transferir as microesferas da seringa para o V Vial.



Fonte: <https://www.sirtex.com>

- Em seguida coloque o V Vial com as microesferas dentro da caixa de aplicação e identifique a caixa com a atividade de ^{90}Y e a artéria a ser administrada (Figura 19);

Figura 19 – Microesferas de ^{90}Y posicionadas na caixa de aplicação.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Etapa 2.2 - Radioembolização com microesferas de ^{90}Y

Para realizar a radioembolização deve-se forrar o piso ao redor da cama da sala da radiologia intervencionista e as mesas de apoio com material absorvente de um lado e impermeável do outro, como apresentado na Figura 20, para evitar que sejam diretamente contaminados.

Figura 20 :Sala da radiologia intervencionista preparada com forrações no piso, mesa cirúrgica e mesa para apoio da caixa de aplicação das microesferas de ^{90}Y .



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Levar para a sala do procedimento os seguintes itens:
 - Cilindro de acrílico para descarte dos rejeitos radioativos (Figura 21 a)
 - Monitor de radiação Geiger Muller (Figura 21 b)
 - Caixa de aplicação (Figura 21 c)
 - Microesferas de ^{90}Y (Figura 21 d)
 - 1 Conjunto de aplicação para cada dose e mais 1 reserva (Figura 21 e)

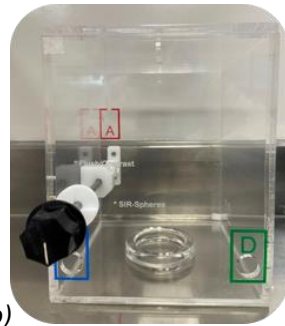
Figura 21 – Itens utilizados durante a terapia de radioembolização com microesferas de ^{90}Y .



(a)



(b)



(c)



(d)

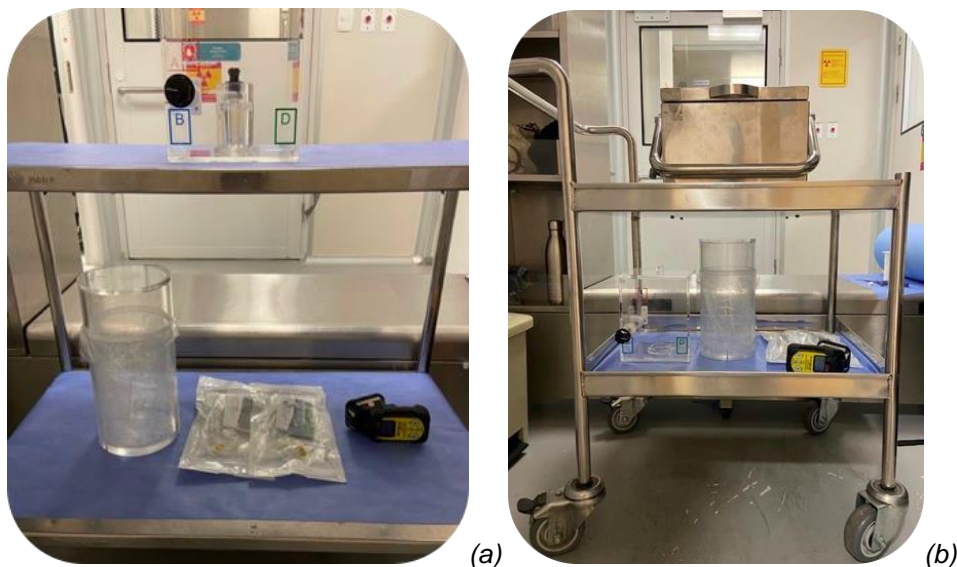


(e)

Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023

Para transportar as microesferas de ^{90}Y e todos os itens que serão utilizados, pode ser utilizada uma mesa auxiliar de inox com rodinhas (Figura 22 a) ou um carrinho para transporte de material radioativo, contendo maleta blindada com chumbo (Figura 22 b).

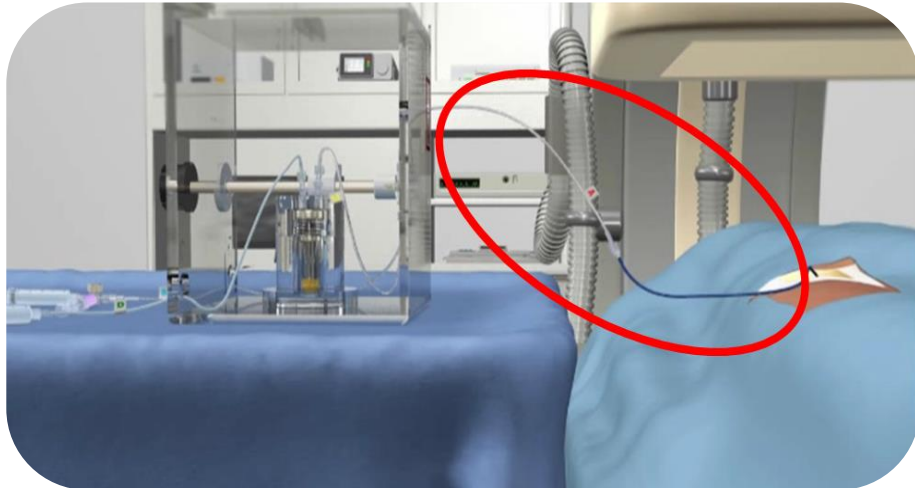
Figura 22 – Mesa auxiliar de inox com rodinhas (a). Carrinho com maleta blindada com chumbo, para transporte de material radioativo (b).



- Para esta etapa, utilizar os seguintes itens para a radioproteção:
 - Avental plumbífero
 - Protetor de tireoide
 - Óculos plumbífero
 - Roupa Privativa
 - Luvas
 - Propé
 - Touca
- A equipe que irá administrar as microesferas de ^{90}Y , deve utilizar duas luvas em cada mão durante o procedimento;
- Durante o procedimento, manter a caixa de aplicação fechada após conectar o conjunto de aplicação, conforme Figura 23, para evitar possíveis contaminações e exposições à radiação desnecessárias;

- Ao longo da aplicação das microesferas de ^{90}Y , não segurar na conexão destacada em vermelho, conforme Figura 18, para evitar contaminação e alta exposição das mãos à radiação;

Figura 23 – Conexão do conjunto de aplicação e o cateter inserido no paciente destacado, local onde não deve ser segurado durante a administração das microesferas de ^{90}Y .



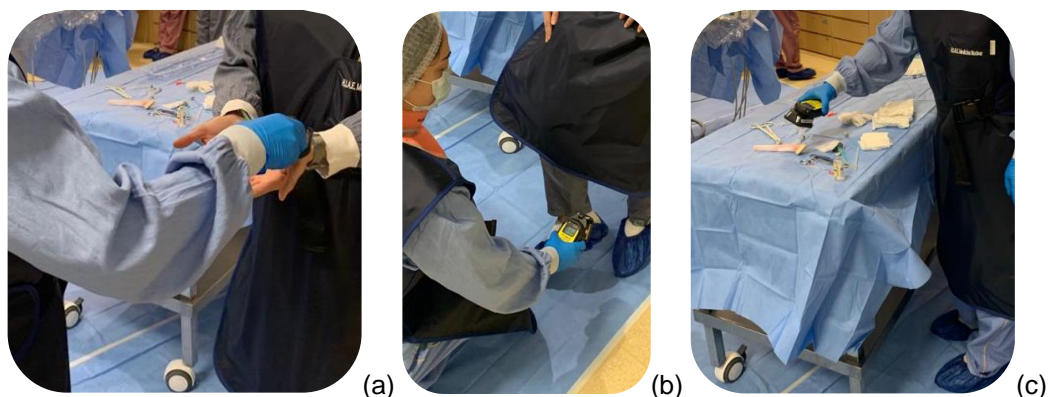
Fonte: <https://www.sirtex.com>

- Após a administração das microesferas, retire a tampa da caixa de aplicação;
- Remova cuidadosamente o cateter do paciente, sem desconectar do conjunto de aplicação; (Em casos de remoção abrupta do cateter, pode haver contaminação da sala e das pessoas ao redor e em caso de desconexão do cateter com o conjunto de aplicação, pode haver vazamento do ^{90}Y residual da conexão);
- Enrole o cateter cuidadosamente para não se contaminar, envolva com uma compressa cirúrgica e coloque dentro da caixa de aplicação;

- Etapa 2.3 – Monitoração e gerenciamento de rejeitos radioativos

- Após finalização do procedimento é necessário monitorar, com um monitor de radiação de contaminação, todas as pessoas envolvidas no procedimento, antes das mesmas deixarem o local. É necessário monitorar também as forrações do piso, mesas e todos os itens utilizados, como mostra a Figura 24;

Figura 24 – Monitoramento da contaminação do local e das pessoas, utilizando um detector de radiação do tipo Geiger Muller.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Separar os itens não contaminados, dos itens contaminados, se houver;
- Desconectar o conjunto de aplicação da caixa de aplicação, cuidadosamente, e descartar no cilindro de acrílico para descarte de rejeitos radioativos, forrado com saco plástico, como apresentado na Figura 25;

Figura 25 – Gerenciamento dos rejeitos radioativos da caixa de aplicação.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Depois de finalizar as monitorações, transferir os rejeitos que estão dentro do cilindro de acrílico para uma caixa tipo descarpack, cuidadosamente para não se contaminar e não se perfurar/cortar;
- Tratar todo o material contaminado com ^{90}Y como rejeito radioativo;

- Identificar o rejeito radioativo, como apresentado na Figura 6;
- Transportar o rejeito radioativo em uma blindagem, até o local de armazenamento e decaimento radioativo, conforme Figura 26;

Figura 26 – Carrinhos blindados com chumbo para o transporte do rejeito radioativo até o local de armazenamento e decaimento radioativo.



Fonte: Imagens cedidas pelo Hospital Israelita Albert Einstein, 2023.

- Etapa 2.4 - Aquisição da imagem pós radioembolização

- Após a realização da radioembolização é adquirida uma imagem no PET/CT ou na Gama Camara:
- **Protocolo PET (Siemens Biograph mCT):** 30 minutos por bed, reconstrução com 2 iterações, 21 subsets, zoom 1, filtro Gaussian;
- **Protocolo CT (Siemens Biograph mCT):** Aquisição 16x1.2mm com espessura de reconstrução (slice) de 3mm, com CARE Dose 4D ativado, tempo de rotação 0,5s, pitch 1.3, Kernel de reconstrução B30f medium smooth, FoV 780mm;
- **Protocolo SPECT ou SPECT/CT (GE Discovery):** Colimador de média ou alta energia, matriz 128x128, zoom 1, Janela energética 85 KeV/ 10% e 120KeV/ 30% (120 frames, 20 a 30 segundos por frame);

- Etapa 2.5 - Orientações para o paciente sobre os cuidados referentes à proteção radiológica, conforme guideline da Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear:

- Durante 3 dias, evitar contato próximo a outras pessoas, principalmente crianças e gestantes;
- Ao utilizar o sanitário, fechar a tampa e dar duas descargas e evitar respingos de urina fora do vaso sanitário;

- Evitar gravidez por um período de 4 meses;

3. Orientações em caso de contaminação com material radioativo

3.1. Contaminação de superfície

- Antes de iniciar qualquer procedimento, contatar o supervisor de radioproteção;
- Sinalizar a área, informando o ocorrido a todas as pessoas que trabalham ou transitam no local;
- Monitorar-se com o monitor de contaminação (Geiger Muller) para saber se não há regiões do corpo contaminadas;
- Caso haja contaminação superficial em roupas, luvas ou sapatos, troca-los;
- Cuidado para não contaminar o equipamento de monitoração, neste tipo de procedimento;
- Monitorar a área com o monitor Geiger Müller (GM), iniciando pela área próxima à superfície contaminada;
- Calçar luvas e pro-pés;
- Remover os respingos líquidos, utilizando papel absorvente ou outro material absorvente, sem espalhar a contaminação;
- Segregar o material absorvente utilizado como rejeito radioativo;
- Fazer a leitura de contaminação com o monitor Geiger Muller. Se a leitura for igual ao valor da leitura de uma área sem radiação, considera-se que o local está descontaminado;
- Se a contaminação não puder ser removida após 3 tentativas, colocar sobre a área contaminada uma forração que seja de um lado impermeável e absorvente de outra com um aviso de “ÁREA CONTAMINADA, DATA e VALOR DA CONTAMINAÇÃO”;
- Se houver no setor, colocar uma placa de chumbo ou de acrílico por cima da forração para diminuir a taxa de exposição;
- Acompanhar de tempos em tempos com um monitor Geiger Muller o valor a contaminação;
- Monitorar o pessoal envolvido na descontaminação e limpeza;
- Registrar o acidente no caderno de ocorrências disponível no setor;

Obs: Entenda-se por contaminação, respingos de material radioativo ou urina.

3.2. Contaminação pessoal

- Antes de iniciar qualquer procedimento, contatar o supervisor de radioproteção;
- Lavar imediatamente a região contaminada com bastante água e sabão neutro, não usar substâncias abrasivas ou muito alcalinas;
- Caso o procedimento acima não seja suficiente para descontaminar, esfregue a região utilizando uma escova macia e sabão, tendo o cuidado para não ferir a pele;
- Deve ser tomado cuidado durante este processo para que seja evitado o respingo por outras superfícies do laboratório;
- Monitorar-se com o monitor de contaminação Geiger Müller;
- Cuidado para não contaminar o equipamento de monitoração, neste tipo de procedimento.
- Se possível, pedir auxílio para que outra pessoa realize a monitoração;
- Se a leitura for igual a leitura de um local sem presença de radiação, considera-se que o local está descontaminado;
- Caso a leitura seja maior que a de um local sem presença de radiação, repetir o procedimento de lavagem e escovação;
- Caso a contaminação não possa ser removida, utilizar uma luva para causar a sudação, auxiliar no processo de descontaminação ao longo do dia e também para não contaminar locais que sejam tocados com as mãos contaminadas;
- Monitorar o local ao longo do dia e descartar as luvas utilizadas no local de rejeitos radioativos;
- Monitoração a pia utilizada para a descontaminação;
- Registrar o acidente no caderno de ocorrências disponível no setor;