

SABRINA BARROS DA SILVA

**IMPACTO ADVERSO POTENCIAL RESULTANTE DA
UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR EM
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE**

**FLORIANÓPOLIS
2003**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

IMPACTO ADVERSO POTENCIAL RESULTANTE DA
UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR
EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

SABRINA BARROS DA SILVA

Florianópolis, 2003

**IMPACTO ADVERSO POTENCIAL RESULTANTE DA UTILIZAÇÃO
DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR EM
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE**

Sabrina Barros da Silva

“Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, área de concentração em Engenharia Biomédica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina”

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.
Orientador

Prof. Edson Roberto De Pieri, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr. (Presidente)

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, DSc.

Prof. Raimes Moraes, PhD.

Prof. Gregório J. Varvakis Rados, PhD.

EPÍGRAFE

*“É melhor tentar e falhar, que se preocupar e ver a vida passar.
É melhor tentar, ainda que em vão, que se sentar fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver...”*

Martin Luther King

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha família,
em especial a meus pais, Euclides e Maria,
a meus irmãos, Alexandre e Daniela,
que com amor me ensinaram a ter
perseverança, dedicação e confiança
para mais uma conquista
Assim como para o artista Léo,
que me ofertou paciência, amor e incentivo
em todos os momentos.*

A G R A D E C I M E N T O S

Agradeço aos amigos do IEB, pelo apoio e orientação ao longo do trabalho, em especial, Marcos Lucatelli, Ana Cláudia, Gisele Pelegrini, Kleide, Edileusa Berns, Sandro Vieira, José Fábio, Léo Albornoz, Erlon de Rocco, Humberto, Sylara, Rubia, Alisson, Luciane, Ana Paula, Raul, Felipe, Caliari, Hélio ...

Agradeço ao amigo Wayne Beskow pelo incentivo, pelas discussões e pela colaboração.

Agradeço aos amigos de mestrado e doutorado pelo incentivo e pelas discussões, em especial, ao Luis Antônio Glowacki, ao Pantaleão, à Marisete, ao Luciano, à Patrícia, ao Renan, ao Márcio, ao Gustavo, ao Ricardo ...

Ao professor Renato Garcia Ojeda,
pela orientação e confiança.

A Capes, pelo apoio financeiro.

E a todos que, de forma pessoal ou impessoal, material ou imaterial, que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho

A Deus, por mais uma oportunidade.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

IMPACTO ADVERSO POTENCIAL RESULTANTE DA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO- HOSPITALAR EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

Sabrina Barros da Silva

Junho/2003

Orientador: Renato Garcia Ojeda, EE, Dr.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Palavras-chave: engenharia clínica, tecnologia médico hospitalar, estabelecimentos assistenciais de saúde, resíduo tecnológico e processo tecnológico.

Número de Páginas: 129.

RESUMO: A presente pesquisa desenvolve uma proposta de metodologia para identificar os impactos adversos potenciais dos subprodutos resultantes de processos que utilizam tecnologia médico-hospitalar (TMH). O objetivo é auxiliar às estruturas de engenharia clínica (EEC) no aprimoramento da segurança e da qualidade no ambiente hospitalar. Para a construção desta proposta, o sistema de prestação de serviços de saúde foi representado por meio da teoria geral de sistema e foi modelado utilizando-se a metodologia gerenciamento por processo, adaptada e modificada para a área da saúde. Esta proposta está constituída por cinco fases. Na primeira fase – Base metodológica – composta por quatro etapas, busca-se conhecer e uniformizar conceitos relacionados ao processo tecnológico em estudo. Na segunda fase – Modelagem do processo tecnológico – composta por oito etapas, busca-se estabelecer as fronteiras e a descrição do processo, evidenciando a ampla perspectiva das funções e como elas afetam direta ou indiretamente as funções e/ou outros processos dos estabelecimentos assistências de saúde. Na terceira fase – Análise do processo tecnológico – composta por quatro etapas, oportunidades de melhoria são identificadas por meio de análises do processo modelado e uso de ferramentas da qualidade, sendo os subprodutos e as causas que contribuem para a sua geração identificados. Na quarta fase – Avaliação do processo tecnológico – composta por quatro etapas, são avaliados parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos com o objetivo de diminuir o impacto adverso potencial. Finalmente, na quinta fase – Aperfeiçoamento contínuo – composta por quatro etapas, busca-se apontar sugestões para que, melhorias no processo possam ser alcançadas. A metodologia foi aplicada no serviço de radiologia de um hospital público de Florianópolis – SC, como um estudo de caso e, a partir da identificação de desperdícios no setor, não conformidades com as regulamentações vigentes e subprodutos gerados que podem causar risco físico e químico, foram apresentadas sugestões para melhoria do processo radiológico. A metodologia proposta, nesta pesquisa, constitui uma importante ferramenta para o aprimoramento da gestão da tecnologia médico-hospitalar (GTMH), no que diz respeito ao gerenciamento da mesma em todo o seu ciclo de vida, especialmente nas fases de utilização e obsolescência. Esta metodologia apresenta uma visão diferenciada de gerenciamento e procura a adequação ao uso da tecnologia, possibilitando a melhoria da eficiência de EEC na GTMH como parte de um processo tecnológico.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering.

POTENTIAL ADVERSE IMPACTS RESULTING OF USE OF THE MEDICAL TECHNOLOGY IN HEALTHCARE ORGANIZATIONS

Sabrina Barros da Silva

June/2003

Advisor: Renato Garcia Ojeda EE, Dr

Area of Concentration: Biomedical Engineering

Keywords: clinical engineering, medical technology, healthcare organizations, technology waste, technology process.

Number of Pages: 129.

ABSTRACT: To present research develops a methodology proposal to identifies the potential adverse impacts of the subproducts resulting from the processes that use medical technology. The objective is aiding the structures of clinical engineering in the improvement of the safety and quality in the hospital environment. For the construction of this proposal, the health assistant system was represented by the general theory of system and it was modeled using the management methodology by process, adapted and modified for the area of the health. This proposal is constituted by five phases. In the first phase - Methodological Bases – composed by four stages, it looks for know and uniformize concepts related to the technological process in study. In the second phase - Modelling of the Technological Process - composed by eight stages, It looks for establish the borders and the description of the process, evidencing the wide perspective of the functions and how them affect direct or indirectly the functions and/or other processes of the healthcare establishments. In the third phase - Analysis of the Technological Process - composed by four stages, improvement opportunities are identified through analyses of the modeled process and use of tools of the quality, being the subproduct and the causes that contribute to your generation identified. In the fourth phase - Evaluation of the Technological Process - composed by four stages, wich are evaluated by parameters that could minimize the production of subproducts with the objective of reducing the potential adverse impact. Finally, in the fifth phase - Continuous Improvement - composed by four stages, it looks for point suggestions so that, improvements in the process can be reached. The methodology was applied in the radiology service of a public hospital of Florianópolis – SC, as a case study and, starting from the identification of wastes in the section, non conformities with the effective regulations and subproducts generated that can cause physical and chemical risks, suggestions were presented for improvement of the radiological process. The proposed methodology, in this research, it constitutes an important tool for the aprimoramento of the management medical technology, in what concerns to the management of the same in all your life cycle, especially in the use and obsolescence phases. This methodology presents a differentiated vision of management and it seeks for the adequacy to the use of the technology, making possible the improvement of the efficiency of structures of clinical engineering in management medical technology.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE QUADROS	XV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÕES E DESAFIOS	3
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	7
<i>1.2.1 Objetivo geral</i>	7
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i>	7
1.3 JUSTIFICATIVA	8
1.4 METODOLOGIA EMPREGADA PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO	10
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
2.1 ENGENHARIA CLÍNICA	13
2.2 PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR	14
2.3 AGENTES POTENCIAIS E TIPOS DE RISCOS EXISTENTES NO AMBIENTE HOSPITALAR	16
2.4 LEGISLAÇÕES E NORMALIZAÇÕES	19
2.5 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	22
2.6 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	29
<i>2.6.1 Geração e Segregação</i>	30
<i>2.6.2 Acondicionamento e Identificação</i>	33
<i>2.6.3 Coleta, Armazenamento e Transporte</i>	33
<i>2.6.4 Tratamento e Disposição Final</i>	34
<i>2.6.5 Tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos de serviços de saúde</i>	37
2.7 SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	45
3 PROPOSTA DA METODOLOGIA PARA IDENTIFICAR OS IMPACTOS ADVERSOS POTENCIAIS NO AMBIENTE HOSPITALAR DECORRENTES DA UTILIZAÇÃO DA TMH	47
3.1 FASE 1: BASE METODOLÓGICA	55
<i>3.1.1 Etapa 1.1: Entendimento de conceitos da qualidade para a organização.</i>	56
<i>3.1.2 Etapa 1.2: Entendimento do macroprocesso tecnológico.</i>	57
<i>3.1.3 Etapa 1.3: Entendimento das necessidades dos clientes externos.</i>	58
<i>3.1.4 Etapa 1.4: Entendimento do conceito Cliente, Fornecedor.</i>	58

3.2	FASE 2: MODELAGEM DO PROCESSO TECNOLÓGICO	59
3.2.1	<i>Etapa 2.1: Definição do objetivo do processo.</i>	59
3.2.2	<i>Etapa 2.2: Definição dos profissionais que fazem parte de todo o processo tecnológico.</i>	59
3.2.3	<i>Etapa 2.3: Definição das fronteiras do processo.</i>	59
3.2.4	<i>Etapa 2.4: Desenvolvimento de uma visão geral do processo e subprocesso.</i>	60
3.2.5	<i>Etapa 2.5: Definição dos recursos envolvidos (entrada) em cada subprocesso.</i>	61
3.2.6	<i>Etapa 2.6: Definição dos Fornecedores e Clientes dos subprocessos.</i>	61
3.2.7	<i>Etapa 2.7: Definição das saídas, produtos e subprodutos do processo e dos subprocesso tecnológico.</i>	61
3.2.8	<i>Etapa 2.8: Detalhamento do fluxo de cada subprocesso analisado.</i>	62
3.3	FASE 3: ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO	63
3.3.1	<i>Etapa 3.1: Identificar as oportunidades de aperfeiçoamento: erros e retrabalhos, atividades que não agregam valor, alto custo, qualidade deficiente, grandes atrasos, acúmulo de serviços.</i>	63
3.3.2	<i>Etapa 3.2: Identificar os parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos (agentes físicos e resíduos).</i>	64
3.3.3	<i>Etapa 3.3: Utilizar ferramentas de qualidade para analisar esses parâmetros.</i>	64
3.3.4	<i>Etapa 3.4: Estabelecer um sistema de feedback para acompanhamento do processo.</i>	65
3.4	FASE 4: AVALIAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO	66
3.4.1	<i>Etapa 4.1: Avaliar os parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos.</i>	66
3.4.2	<i>Etapa 4.2: Classificar os subprodutos identificados de acordo com as normas.</i>	66
3.4.3	<i>Etapa 4.3: Identificar os subprocessos que produzem resíduos que poderiam ser reciclados e reutilizados.</i>	68
3.4.4	<i>Etapa 4.4: Indicar o impacto adverso potencial que está associado a esses resíduos tecnológicos.</i>	69
3.5	FASE 5: APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO	70
3.5.1	<i>Etapa 5.1: Sugerir ações para realizar os 3 Rs para a melhoria contínua.</i>	70
3.5.2	<i>Etapa 5.2: Estabelecer avaliações comparativas com outros processos ou padrões.</i>	71
3.5.3	<i>Etapa 5.3: Desenvolver o plano de ação.</i>	71
3.5.4	<i>Etapa 5.4: Auditar o processo periodicamente.</i>	72
3.6	CONSIDERAÇÕES	73
4	ESTUDO DE CASO	74
4.1	APLICAÇÃO DA FASE 1: BASE METODOLÓGICA	75
4.2	APLICAÇÃO DA FASE 2: MODELAGEM DO PROCESSO TECNOLÓGICO	77
4.2.1	<i>Modelagem do subprocesso A -Protocolar exame</i>	78
4.2.2	<i>Modelagem do subprocesso B -Realizar exame</i>	80
4.2.3	<i>Modelagem do subprocesso C -Revelar filme</i>	83

4.2.4 Modelagem do subprocesso D -Analisar o exame	86
4.3 APLICAÇÃO DA FASE 3: ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO	91
4.4 APLICAÇÃO DA FASE 4: AVALIAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO	98
4.5 APLICAÇÃO DA FASE 5: APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO	107
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	111
5.1 TRABALHOS FUTUROS	116
ANEXOS	117
ANEXO I	118
ANEXO II	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EC	Engenharia Clínica
EEC	Estruturas de Engenharia Clínica
EMH	Equipamento Médico-Hospitalar
EPA	Environment Protection Agency
FBH	Federação Brasileira de Hospitais
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GP	Gerenciamento por Processos
GTMH	Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar
IEB	Instituto de Engenharia Biomédica
JCAHO	Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organization
MS	Ministério da Saúde
NR	Norma Regulamentadora
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde
SC	Santa Catarina
SVS	Sistema de Vigilância Sanitária
TMH	Tecnologia Médico-Hospitalar
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida da tecnologia médico-hospitalar [PANERAI, 1990] _____	14
Figura 2 – Representação do sistema de prestação de serviço de saúde através da teoria geral de sistema, modificado de [MEZOMO, 1995] e- [ROTONDARO, 1997] _____	48
Figura 3 – As cinco fases do APE [HARRINGTON, 1993] _____	50
Figura 4 – Etapas da metodologia GP [VARVAKIS et al., 2001] _____	52
Figura 5 – Fases da metodologia proposta no trabalho, modificado de [ROTONDARO, 1997; HARRINGTON, 1993; VARVAKIS et al., 2001] _____	54
Figura 6 – Hierarquia do processo [HARRINGTON, 1993] _____	57
Figura 7- Formulário III: visão macro do processo, modificado de [MECUN, 1994] _____	60
Figura 8 - Formulário IV – Mapeamento do processo _____	61
Figura 9 – Símbolos para representar o processo [DE OLIVEIRA, 1996] _____	62
Figura 10 - Diagrama de causa-efeito [ISHIKAWA, 1997] _____	64
Figura 11 – Fluxograma representando a seqüência das ações realizadas para implementar a metodologia proposta _____	74
Figura 12 – Diagrama de blocos de um sistema básico de obtenção de radiografias clínicas [COELLI, 2002] _____	76
Figura 13 – Representação do processo radiológico através de diagramas de blocos _____	77
Figura 14 - Formulário II – Processo radiológico a ser modelado _____	78
Figura 15 – Subprocesso A -Protocolar exame e suas atividades _____	79
Figura 16 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso A -Protocolar exame _____	79
Figura 17 - Fluxograma do subprocesso A -Protocolar exame _____	80
Figura 18 – Subprocesso B -Realizar exame e suas atividades _____	81
Figura 19 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso B -Realizar exame _____	81
Figura 20 - Fluxograma do subprocesso B -Realizar exame _____	82
Figura 21 - Subprocesso C -Revelar filme e suas atividades _____	83
Figura 22 - Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso C -Revelar filme _____	84
Figura 23 - Fluxograma do subprocesso C -Revelar filme _____	86
Figura 24 – Subprocesso D –Analisar exame e suas atividades _____	87
Figura 25 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso D -Analisar exame _____	88
Figura 26 – Fluxograma do subprocesso D -Analisar exame _____	89
Figura 27 – Processo radiológico modelado _____	90
Figura 28 – Diagrama de causa –efeito para o resíduo filme _____	92
Figura 29 - Diagrama de causa –efeito para o resíduo radiações ionizantes _____	93
Figura 30 - Diagrama de causa –efeito para os resíduos químicos _____	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos resíduos de serviços de saúde _____	23
Tabela 2 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde segundo a NBR 12808 [ABNT, 1993b] _____	25
Tabela 3 - Classificação dos resíduos de serviço de saúde segundo resolução nº 33 [ANVISA, 2003a] _____	27
Tabela 4 – Tipos de resíduos gerados em um EAS frente às fontes geradoras. [<i>Programa regional de desechos sólidos hospitalarios</i> , 1996 apud BRASIL, 2000] _____	31
Tabela 5 – Tempo de decaimento dos radioisótopos mais comuns _____	36
Tabela 6 – Tratamento adequado a cada grupo de resíduo _____	38
Tabela 7 – Relação entre os setores e o número de equipamentos disponíveis _____	77
Tabela 8 – Químicos utilizados para limpeza da processadora do hospital H _____	84
Tabela 9 – Apresentação dos químicos utilizados na processadora automática _____	85
Tabela 10 – Levantamento do número de atendimento do processo radiológico _____	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrições das etapas da metodologia proposta, modificado de [ROTONDARO, 1997; HARRINGTON, 1993; VARVAKIS et al., 2001]	55
Quadro 2- Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso, modificado de BRASIL (2002)	67
Quadro 3- Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso	67
Quadro 4– Classificação dos resíduos, modificado de [BRASIL, 2002], [BRASIL, 2000].	68
Quadro 5– Levantamento do efeito adverso relacionado a cada resíduo	69
Quadro 6- Levantamento das ações para realizar o princípio dos 3 Rs, modificado [BRASIL, 2002]	70
Quadro 7- Levantamento de medidas para controlar a produção de resíduos	71
Quadro 8 – Estrutura de uma plano de ação – 5W3H [VARVAKIS et al., 1998]	72
Quadro 9 – Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo filme	94
Quadro 10 - Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo químico	95
Quadro 11 - Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo radiação ionizante	95
Quadro 12 –Causas levantadas para o item equipamento, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]	98
Quadro 13 – Causas levantadas para o item insumos, possível situação do hospital e exigências dos fornecedores	99
Quadro 14 - Causas levantadas para o itens de infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]	100
Quadro 15 - Causas levantadas para o item recurso humano, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]	100
Quadro 16 - Causas levantadas para o item paciente, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]	101
Quadro 17 - Causas levantadas para o item médico, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]	101
Quadro 18 - Causas levantadas para o item infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]	101
Quadro 19 - Causas levantadas para o item recurso humano, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]	102
Quadro 20 - Causas levantadas para o item infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]	102
Quadro 21– Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso radiológico	103
Quadro 22 - Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso radiológico	103
Quadro 23– Classificação dos resíduos gerados no processo radiológico	104
Quadro 24– Levantamento do efeito adverso relacionado aos resíduos gerados no processo de utilização da TMH no setor radiológico	106
Quadro 25 -Levantamento das ações para realizar o princípio dos 3 Rs no processo radiológico	108

Quadro 26 - Levantamento das ações preventivas para os resíduos do processo radiológico	109
Quadro 27- Formulário I: Dados Gerais do EAS	118
Quadro 28- Formulário II: Capacidade operacional das unidades - modificado [BRASIL, 2002]	119

1 INTRODUÇÃO

A inserção de componentes e circuitos eletrônicos, aliada à implementação da informática, ocasionou uma transformação no parque tecnológico mundial de assistência à saúde, gerando uma difusão acelerada de equipamentos médico-hospitalares (EMH) nos estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS).

A introdução desses equipamentos contribuiu para a modernização e qualificação do atendimento ao paciente, através de procedimentos médico-hospitalares de monitoração, diagnóstico e terapia. Entretanto, paralelamente aos benefícios que o EMH traz, há a geração de subprodutos indesejáveis, resultantes dos procedimentos médico-hospitalares, tais como rejeitos radioativos, químicos, radiações ionizantes, ruídos, EMH obsoletos, entre outros.

Os resíduos de serviços de saúde representam uma pequena parcela em relação ao total gerado em uma comunidade, em torno de 2% dos resíduos totais produzidos; uma parcela ainda menor destes resíduos (15 a 20%) é considerada infectante [RUTALA & WEBER apud SILVA 2000]. O guia de manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimento de saúde [OPAS, 1997] relata que, “na América Latina, a média de geração de resíduos varia entre 1,0 e 4,5Kg/ leito/ dia. Desses resíduos, 10 a 40% são considerados perigosos¹”.

Os equipamentos médico-hospitalares não estão sendo considerados na porcentagem total de resíduos de serviço de saúde produzidos, apesar de serem gerados nos EAS e apresentarem em sua composição agentes potenciais de riscos, como substâncias tóxicas, tais como o chumbo, presente nos tubos de imagem, o cádmio, encontrado na placas de circuitos impressos, e o mercúrio, presente em baterias, dentre outros.

Ainda que representem uma pequena parcela do total gerado, os resíduos de serviços de saúde (por sua composição peculiar, embora heterogênea, e suas características inerentes) são motivo de preocupação para a saúde pública e requerem um plano de gerenciamento diferenciado. Tais resíduos são fontes potenciais de riscos à saúde da comunidade hospitalar, à população em geral e ao meio ambiente. Desses se destacam os agentes de riscos de natureza biológica (por exemplo, sangue e hemoderivados), os de natureza física (por exemplo, rejeitos radioativos) os de natureza química (por exemplo,

¹ No guia da OPAS (1997) são considerados resíduos perigosos: farmacêuticos, químicos, radioativos, resíduos anatômicos patológicos e cirúrgicos.

resíduos farmacêuticos e químicos perigosos) e os de natureza ergonômicos (por exemplo, esforços físicos no manuseio de resíduos) [RIBEIRO FILHO, 2000].

Os riscos envolvem, os profissionais que os manipulam (intra e extra-estabelecimento gerador) os profissionais do hospital que os geram, visitantes e, em especial, os pacientes, que em razão do seu estado imunodeprimido, encontram-se com suas defesas comprometidas. Quando os resíduos transcendem os limites do estabelecimento gerador, podem causar doenças e também riscos à saúde da população em geral, de forma lenta, por meio dos líquidos percolados² e gases produzidos pelos resíduos perigosos, resultando em impactos ambientais, como a poluição do ar, da água e do solo [BRASIL, 2000]

Há pouco mais de uma década, os resíduos de serviço de saúde vêm se tornando um assunto bastante discutido, causando, inclusive, até controvérsias quanto aos perigos que podem oferecer e quanto às medidas necessárias para evitá-los [RIBEIRO FILHO, 2000]. O acidente com o Césio - 137 na cidade de Goiânia (setembro de 1987) contribuiu para sensibilizar as autoridades federais e estaduais para a questão dos resíduos de serviços de saúde [PRÜSS, 1999]. Grande parte das divergências a respeito dos riscos apresentados pelos resíduos deve-se à falta de metodologias para o reconhecimento e a avaliação do problema, o que gera diferentes interpretações dos fatos, comprometendo as medidas preventivas de segurança .

A geração de resíduos de um EAS não depende somente da complexidade e da frequência dos serviços realizados, mas, também, da eficiência dos processos realizados na prestação dos serviços, por envolverem fatores humanos, tecnológicos e organizacionais [OPAS, 1997]. Assim, o risco em uma determinada situação é resultado da combinação de fatores relativos aos resíduos e ao processo que o gerou, ao ambiente e ao indivíduo ou grupo exposto [RIBEIRO FILHO, 2000].

Nesse contexto, a engenharia clínica, por meio da gestão da tecnologia médico-hospitalar (GTMH), pode fornecer informações aos tomadores de decisão com relação às características dos processos que produzem resíduos, às atividades que contribuem para a sua geração e o conhecimento das suas características, possibilitando a identificação dos

² Segundo o Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde [BRASIL, 2000], “percolado” significa movimento de líquido através dos poros do solo ou fissuras de um solo, sob pressão hidrodinâmica.

riscos e impactos potenciais adversos; a redução dos custos associados, bem como o aumento da segurança e da qualidade dos serviços prestados.

Além disso, adquirindo tais conhecimentos, a engenharia clínica poderá, em procedimentos de aquisição de EMH, estimar os custos indiretos para os EAS relacionados às instalações adequadas necessárias para a proteção, tratamento e destino final dos resíduos gerados durante o uso do EMH, como, por exemplo, instalações para o decaimento dos radioisótopos utilizados na medicina nuclear, dimensionamento de infra-estruturas necessárias para serviços de radiologia, entre outros.

1.1 MOTIVAÇÕES E DESAFIOS

Entre suas atribuições, a engenharia clínica realiza o planejamento de ações, que começam desde a aquisição racional de equipamentos médico-hospitalares e vão até o seu descarte, visando à otimização dos recursos. Assim, através da GTMH, a engenharia clínica pode ajudar os EAS disponibilizando informações técnicas para a otimização dos processos tecnológicos³, informações para promover a segurança e reduzir os custos com o tratamento dos resíduos gerados por esses.

Durante o levantamento bibliográfico feito para este trabalho, constatou-se que mais importante que o estudo sobre como eliminar as saídas indesejáveis do processo, “os resíduos”, através de tecnologias de tratamentos (*end-of-pipe*) [SANCHES, 2000], seria atuar no processo, antes da geração do resíduo, ou seja, definir e analisá-lo de modo a torná-lo mais eficiente. Assim, a minimização do resíduo poderia ser alcançada através da melhor utilização dos insumos, da consideração de princípios que levassem à reutilização e à reciclagem e, como resultado final dessa análise, à identificação do risco potencial associado.

Em razão da presença de elementos perigosos associados aos resíduos produzidos nos processos médico assistenciais e tendo a engenharia clínica como principal prioridade garantir a segurança por meio do gerenciamento de riscos, aliados às considerações anteriores, levantam-se as seguintes questões:

- ♣ Quais são os resíduos produzidos no processo tecnológico dos estabelecimentos médicos assistenciais?

³ Neste trabalho, utiliza-se o termo “Processo Tecnológico” para designar todo o contexto do serviço prestado e não apenas o uso do equipamento.

- ♣ Que riscos estão associados a esses resíduos?
- ♣ Quais são as causas que influenciam a produção desses resíduos e, se controladas, podem contribuir para a minimização destes?
- ♣ O que é feito com os equipamentos médico-hospitalares quando estes são desativados e descartados?
- ♣ Qual é o impacto que esses resíduos trazem para o ambiente hospitalar?

Dessa forma, o desafio envolve contribuir para a construção de uma proposta que englobe toda a problemática dos resíduos, suas características, riscos e impactos apresentados. Assim, pode-se fornecer subsídios ao processo de tomada de decisão, de modo a contribuir para a engenharia clínica aprimorar a GTMH nos EAS. Outro desafio assumido por este trabalho é o de encontrar uma definição de resíduo que se adapte às questões que o trabalho pretende abordar, pois vários são os conceitos existentes, sendo muitos deles inconsistentes.

Em seqüência, diversos conceitos de resíduos são apresentados, visando contextualizar a leitura dentro do escopo do trabalho. Esses conceitos serão analisados e, ao final, será definida uma referência para o trabalho que englobe todos os elementos abordados no estudo.

A NBR 12807 [ABNT, 1993a] define resíduo como “material desprovido de utilidade para o estabelecimento gerador”.

Os resíduos são os subprodutos resultantes das atividades humanas, industriais e de consumo considerados como inúteis, indesejáveis ou descartáveis por aqueles que os geram. Parte desses pode ser reciclado ou parcialmente utilizado, gerando, entre outros benefícios, economia de energia e preservação de recursos naturais [CATILHO Jr, 1998].

Segundo SILVA (2000), resíduo é, de forma geral, aquele produto ou fração que, por um motivo ou outro, deixou de cumprir seu papel original. Um resíduo poderá deixar de sê-lo no momento em que lhe for atribuído outro uso ou valor.

A definição de resíduos sólidos considera os inúmeros fatores relacionados à sua origem e formação, os quais são representados por variações sazonais, condições climáticas, costumes e hábitos das diversas regiões, urbanização e economia local e nível de desenvolvimento tecnológico. Tal definição também depende da atividade exercida por quem está discorrendo sobre o assunto [SILVA, 2000]. Assim, existem várias definições para os resíduos sólidos, como, por exemplo, a da Norma Brasileira NBR 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT, 1987], que define:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

O manual de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde, emitido pela Secretaria de Estado de Saúde (SES) de Santa Catarina [SANTA CATARINA, 1997], define lixo como:

O conjunto heterogêneo de resíduos sólidos resultantes das atividades diárias do homem, cuja composição normal é de objetos sem valor ou utilidade, porções de materiais com pouca ou nenhuma significação econômica, sobras de processamentos industriais, comerciais ou domésticos, além dos resíduos provenientes dos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde.

Conforme SILVA (2000), os resíduos de serviço de saúde representam um tipo de resíduo sólido constituído de diferentes materiais. Assim como nos resíduos sólidos em geral, este tipo de resíduo também apresenta várias definições, não apenas no Brasil, mas no mundo, sendo algumas mais claras e outras dando margem a diferentes interpretações.

A NBR 12807 [ABNT, 1993a] define os resíduos de serviço de saúde como “resíduo resultante de atividades exercidas por estabelecimento gerador, de acordo com a classificação adotada pela NBR 12808”. Estabelecimento gerador é definido como “instituição que, em razão de suas atividades, produz resíduos de serviço de saúde”. Ainda, define-se pela mesma norma o Serviço de Saúde como sendo o “estabelecimento gerador destinado à prestação de assistência sanitária a população”.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde [OPAS, 1997], os resíduos de serviço de saúde são denominados “resíduos hospitalares” e definidos como “os detritos gerados nos estabelecimentos de saúde⁴ durante a prestação de serviços assistenciais, inclusive os gerados pelos laboratórios”.

A Organização Mundial de Saúde [PRÜSS, 1999] define resíduos de serviço de saúde como “todo resíduo gerado por estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS),

⁴ A OPAS define “estabelecimento de saúde” como Hospital, sanatório, clínica, centro clínico, centro médico, maternidade, sala de primeiros socorros e todo estabelecimento onde se pratica atendimento humano ou animal, em qualquer nível, com fins de prevenção, diagnóstico, tratamento e reabilitação. Também se consideram estabelecimentos de saúde os estabelecimentos onde são realizadas pesquisas.

estabelecimentos de pesquisa e laboratórios, incluindo também os resíduos de igual natureza gerados por pacientes nos domicílios, como por exemplo, injeções de insulina, diálise entre outros”.

A resolução nº 5/1993 Conama [CONAMA, 1993] trata dos resíduos sólidos em geral, inclusive dos gerados nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde. No primeiro artigo, define resíduos sólidos conforme a NBR nº 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas já apresentada anteriormente.

Já a resolução nº 283 de 2001 do Conama [CONAMA, 2001] define resíduo de serviço de saúde como:

- ♣ aqueles provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal;
- ♣ aqueles provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde;
- ♣ medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados;
- ♣ aqueles provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal;
- ♣ aqueles provenientes de barreiras sanitárias.

Segundo a resolução nº 33 da Anvisa [ANVISA, 2003a], os resíduos de serviço de saúde são:

“resíduos sólidos dos estabelecimentos prestadores de serviço de saúde em estado sólido, semi-sólidos, resultantes destas atividades. São também considerados sólidos os líquidos produzidos nestes estabelecimentos, cujas particularidades tornem inviáveis o seu lançamento em rede pública de esgotos ou em corpos d’ água, ou exijam para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Esta resolução da Anvisa toma como base a resolução nº 5 de 1993 do Conama, que, por sua vez, embasa-se na NBR nº 10004 da ABNT. Observa-se ainda que, quando esta resolução menciona “resíduo sólido”, nem sempre se refere ao seu estado sólido (os resíduos líquidos são incluídos); entretanto, não considera os resíduos gasosos resultantes das atividades realizadas nesses estabelecimentos.

Várias são as razões que dificultam a adoção de uma definição com base nas normas e resoluções nacionais, iniciando pela existência de várias delas, a falta de clareza e especificidade nas definições, a inconsistência que apresentam, a evolução que ocorre constantemente nos materiais e técnicas hospitalares e que não é levada em consideração. Também há a dificuldade de se adotar definições provenientes de outros países sem a devida adaptação, pois cada país cria suas definições e utiliza termos específicos de acordo com sua realidade.

Em vista de as várias definições não incluírem todos os resíduos produzidos no processo de uso da tecnologia médico-hospitalar (TMH), como, por exemplo, os equipamentos médico-hospitalares, nesta pesquisa definiu-se “resíduos tecnológicos” como os “subprodutos” resultantes dos processos de uso da tecnologia médico-hospitalar, considerados os resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e os agentes físicos, como as radiações, ionizantes e não-ionizantes, temperaturas anormais ou qualquer outra forma de energia resultante do uso da TMH e que não é utilizada no cumprimento da sua função pretendida. Assim, os resíduos tecnológicos representam um tipo de resíduo de serviço de saúde. Essa definição será utilizada em todo o contexto do trabalho.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo geral

Propor uma metodologia para identificar os impactos adversos potenciais no ambiente hospitalar, decorrentes dos subprodutos dos processos de utilização das tecnologias médico-hospitalares (TMH) em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), para auxílio a processos de gestão de tecnologia médico-hospitalar (GTMH) desenvolvidos por estrutura de engenharia clínica (EEC).

1.2.2 Objetivos específicos

Estudar os conceitos e modelar os processos relacionados à utilização de TMH.

Levantar aspectos normativos e regulatórios vigentes sobre os resíduos.

Identificar os subprodutos resultantes dos processos tecnológicos.

Identificar tecnologias comumente utilizadas para o tratamento dos resíduos.

Identificar os agentes potenciais de risco presentes nesses subprodutos.

Investigar e avaliar os agentes envolvidos nos subprodutos gerados no processo de utilização de TMH em radiologia diagnóstica, desenvolvendo-se tal avaliação como estudo de caso.

Identificar e classificar os riscos associados aos resíduos identificados no estudo de caso.

Indicar as possíveis causas visando apontar soluções para a minimização do resíduo tecnológico do estudo de caso.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo BRONZINO (1992), o hospital possui seu próprio ecossistema, no qual se encontram elementos, como resíduos, ruídos, utilidades (gás natural, água, e outros), e aspectos estruturais da construção que devem ser cuidadosamente controlados e gerenciados para se reduzir o perigo de expansão de infecções tanto quanto acidentes com objetos físicos e outros tipos de perigo. Todos esses elementos requerem uma atenção especial de toda a comunidade hospitalar, com o parecer e recomendação da engenharia clínica.

O ambiente hospitalar abriga perigos que ameaçam os profissionais da saúde que trabalham nessas instalações, bem como pacientes que estão em vários estágios de tratamento médico. A engenharia clínica deve estar ciente desses perigos e deve ser capaz de formular programas para reduzi-los a níveis abaixo de um padrão predeterminado de risco aceitável [FREEMAN, 1979].

A presença desses e de outros perigos no ambiente hospitalar tornou essencial a inserção de engenheiros clínicos em EAS modernos, os quais estão intimamente envolvidos na responsabilidade de proporcionar um ambiente seguro [GULLIKSON, 1995]. A engenharia clínica pode ser considerada um ponto-chave na garantia da segurança no ambiente hospitalar, possibilitando que a equipe médica, de enfermagem e outros profissionais da saúde prestem assistência médica aos pacientes com maior qualidade. Os riscos presentes no ambiente hospitalar são extensos e complexos e, segundo FREEMAN (1979), são:

- ♣ risco de choque elétrico;
- ♣ risco mecânico;
- ♣ risco ambiental;
- ♣ risco biológico;
- ♣ risco de radiação.

A Anvisa, que tem a responsabilidade e a missão de promover e proteger a saúde garantido a segurança sanitária de serviços e produtos de saúde, se preocupa com a questão dos riscos presentes no ambiente hospitalar por meio do Sistema de Tecnovigilância. Esse sistema tem como objetivo o estudo de série de casos definidos a partir da exposição a um risco comum, tais como riscos físico, químico, biológico e elétrico, no uso de um produto médico para que conjunto de ações sejam realizadas visando garantir a segurança sanitária de produtos comercializados para a saúde. Para tanto, o estabelecimento de atenção à

saúde, por meio do gerenciamento de risco, deve realizar a notificação de um evento que cause ou possa potencialmente causar agravo ou dificuldade no uso desses produtos, assim como a investigação do problema e seu impacto atual ou dificuldade potencial [ANVISA, 2001a].

Assim, este trabalho, vem ao encontro do que preconiza os autores citados, pois para que a engenharia clínica realize de forma eficiente a GTMH, é necessário que ela atue no gerenciamento de risco dentro do ambiente hospitalar. Para isso, é fundamental o conhecimento dos riscos presentes nos resíduos resultantes dos processos de uso da TMH.

Quando se busca segurança em um processo, é preciso determinar claramente os riscos, de forma que as medidas propostas sejam mais bem dimensionadas e dirigidas sem provocar desgastes desnecessários nos EAS. Antes de afirmar que os resíduos são ou não perigosos, é preciso conhecer suas características e os processos que os geram.

No gerenciamento dos resíduos, a segurança quanto aos riscos para a saúde e para o meio ambiente em todas as fases do processo é a principal prioridade, embora questões relativas à produtividade e custos também sejam importantes [BRASIL, 2000]. A produção do resíduo também está ligada ao desempenho do processo, que envolve questões como a utilização correta dos equipamentos, dos insumos, recursos humanos bem treinados, fluxo de informações, equipamentos calibrados.

Segundo o Ministério da Saúde [BRASIL, 2002], o crescente aumento da complexidade da atenção médica, do uso de novas tecnologias, equipamentos, artigos hospitalares, produtos químicos nos estabelecimento assistenciais de saúde (EAS) reflete-se na composição dos resíduos gerados, que também se tornam mais complexos e, em alguns casos, mais perigosos para o homem e para o meio ambiente.

A ineficiência do seu manejo, aí inclusas a geração e a segregação inadequada, a falta de tecnologia para o seu tratamento e disposição final, potencializa riscos para a saúde da comunidade hospitalar e da população em geral [OPAS, 1997].

O controle da infecção é um fator majoritário para a segurança no hospital. Aqui, o termo “segurança” deve ser entendido amplamente porque a infecção hospitalar ameaça tanto a segurança dos profissionais de saúde, como dos pacientes. O controle de infecção é realizado instituindo-se e controlando-se programas que identifiquem exposições para eliminar fontes de infecções; a isolamento, a descontaminação, a esterilização e métodos apropriados de disposição de resíduos biológicos são ferramentas primárias de controle de infecção.

Dessa forma, este trabalho propõe uma metodologia para identificar os resíduos resultantes dos processos tecnológicos, as atividades que os geram, os riscos presentes nesses resíduos e seus possíveis impactos, para que a engenharia clínica atue no gerenciamento de risco. Através desta proposta, ela também pode atuar no processo de modo a identificar os possíveis fatores que contribuem para a minimização dos resíduos, colaborando para a melhoria da GTMH através da exequível otimização dos processos.

1.4 METODOLOGIA EMPREGADA PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho envolveu a pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto, de modo a sistematizar as informações e delimitar o contexto do estudo. Simultaneamente, foram realizadas visitas aos hospitais públicos de Florianópolis para a interação da pesquisadora com os profissionais de saúde no contexto de utilização dos equipamentos médico-hospitalares, visando enriquecer a pesquisa com informações práticas, e para a aproximação com a rotina do ambiente hospitalar.

O enriquecimento do estudo, da discussão e a disseminação dos elementos estudados foi alcançado através da realização de dois seminários internos no Instituto de Engenharia Biomédica – Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC) e da participação no curso ‘Resíduos de Serviço de Saúde’ realizado pelo Centro Univer sitário São Camilo –SP, cujas informações foram repassadas para os membros do instituto.

A participação no curso a distância ‘Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde’, realizado pelo Reforsus, também proporcionou à pesquisadora o enriquecimento das informações e a discussão no âmbito nacional sobre o assunto, visto que esse curso está sendo realizado em várias regiões do Brasil.

A etapa seguinte do trabalho foi elaborar uma proposta de metodologia para identificar os impactos adversos potenciais no ambiente hospitalar decorrentes dos subprodutos resultantes do processo de uso da TMH nos EAS. Essa proposta colocou em prática o conhecimento sistematizado através do mapeamento do processo, com o objetivo de conhecer os resíduos gerados e as atividades que os geram. Esse conhecimento viabilizou a indicação de possíveis soluções para a minimização dos resíduos e, classificá-los de acordo com um sistema adotado no trabalho. Tais ações permitiram identificar os agentes potenciais de riscos presentes nesses resíduos, fornecendo subsídios para que a engenharia clínica, através da GTMH, realizasse um efetivo gerenciamento de risco.

A proposta elaborada foi aplicada pela pesquisadora em um hospital público de Florianópolis – SC, no setor de radiologia, de modo a definir e analisar os processos para apontar possíveis soluções para a minimização dos resíduos gerados e para indicar o impacto adverso potencial segundo o agente de risco presente nesses resíduos e o contexto em que estão sendo gerados, levando em consideração as medidas de tratamento e destino final que são tomadas e as recomendadas por normas.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, sendo que, no Capítulo 1 - ‘Introdução’, são descritos os objetivos e justificativa, elementos que motivaram a realização do trabalho, definições iniciais com o objetivo de contextualizar o estudo, além de informações introdutórias.

No Capítulo 2 – ‘Estado da Arte’, são sistematizadas as informações reunidas ao longo da pesquisa. O ciclo de vida da TMH foi estudado procurando-se evidenciar a fase em que o trabalho está focado (utilização e obsolescência). Os agentes potenciais e tipos de riscos existentes no ambiente hospitalar foram levantados de modo a conhecer quais agentes estavam relacionados com os resíduos tecnológicos gerados nos EAS. Também neste capítulo foram levantados e discutidos os sistemas de classificação, as regulamentações vigentes e o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde; com referência a este último, buscou-se entender as etapas desse gerenciamento e como o trabalho poderia se relacionar.

O Capítulo 3 – ‘Proposta da metodologia para identificar os impactos adversos potenciais no ambiente hospitalar decorrentes dos subprodutos resultantes dos processos de uso da tecnologia médico-hospitalar’ – foi estruturado tomando-se como base os elementos estudados no capítulo 2, na representação do sistema de prestação de serviço por meio da teoria geral de sistema, e na metodologia gerenciamento por processos, que tem como objetivo definir, analisar e melhorar continuamente os processos. Essa metodologia, amplamente utilizada em outros setores, foi adaptada para o ambiente hospitalar e modificada com o intuito de atingir os objetivos propostos”.

O Capítulo 4 – ‘Estudo de caso’ – relata a aplicação da proposta da metodologia no setor de radiologia de um hospital público de Florianópolis para identificar o impacto adverso potencial resultante dos resíduos tecnológicos e os processos que os geram.

Também se expõem sugestões para a minimização desses resíduos gerados e o adequado tratamento/ disposição final de acordo com as regulamentações vigentes estudadas.

No Capítulo 5 – ‘Conclusões e trabalhos futuros’ – são apresentadas conclusões sobre o tema proposto e sugestões de trabalhos futuros.

Na seqüência, as referências bibliográficas e os anexos são apresentados.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo, serão apresentados todos os elementos que fundamentam o estudo e que foram identificados como necessários para atingir os objetivos propostos neste trabalho. São descritos e analisados assuntos segundo publicações diversas e regulamentações vigentes sobre engenharia clínica, ciclo de vida da TMH, agentes potenciais de riscos, sistemas de classificação dos resíduos de serviços de saúde, tecnologias comumente utilizadas para o tratamento dos resíduos e uma visão geral do gerenciamento de resíduos, apresentando as etapas de um plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

2.1 ENGENHARIA CLÍNICA

No processo de GTMH diversas podem ser as atividades realizadas pela engenharia clínica. Em BRONZINO (1994), o engenheiro é apresentado como a interface na relação entre o corpo clínico, os administradores hospitalares, vendedores e agências regulamentadoras, de modo a garantir o uso da TMH de forma efetiva e segura.

Segundo BRONZINO (1992), as atribuições do engenheiro clínico são:

- ♣ gerenciamento da tecnologia;
- ♣ gerenciamento de risco;
- ♣ avaliação tecnológica;
- ♣ desenvolvimento de instalações e gerenciamento de projetos;
- ♣ garantia da qualidade;
- ♣ treinamento.

Dentre as atribuições levantadas por BRONZINO, destaca-se o gerenciamento de risco, que é definido segundo a Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO) como “atividades clínicas e administrativas empreendidas para identificar, avaliar, e reduzir o risco de dano para pacientes, corpo clínico e visitantes, bem como o risco de perdas para a própria organização” [JCAHO, 2002].

O risco, quer onde se encontre, deve ser analisado visando a sua eliminação ou controle. Para que a engenharia clínica promova a segurança no ambiente hospitalar, é fundamental o conhecimento dos resíduos tecnológicos que podem promover riscos de danos, para que medidas possam ser viabilizadas com base em informações concretas.

2.2 PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR

Conforme BRANDSTETTER Jr (1998), o processo de gerenciamento tem implicado o envolvimento do engenheiro clínico em todas as fases do ciclo de vida do equipamento. “

O ciclo de vida de uma TMH, do qual faz parte o EMH, é representado por fases que descrevem a vida completa do equipamento desde a sua concepção, passando pelo desenvolvimento até a disposição final. A Figura 1 mostra as principais fases desse ciclo: inovação, difusão inicial, incorporação, utilização ampla e abandono [PANERAI, 1990], ALBORNOZ [2000].

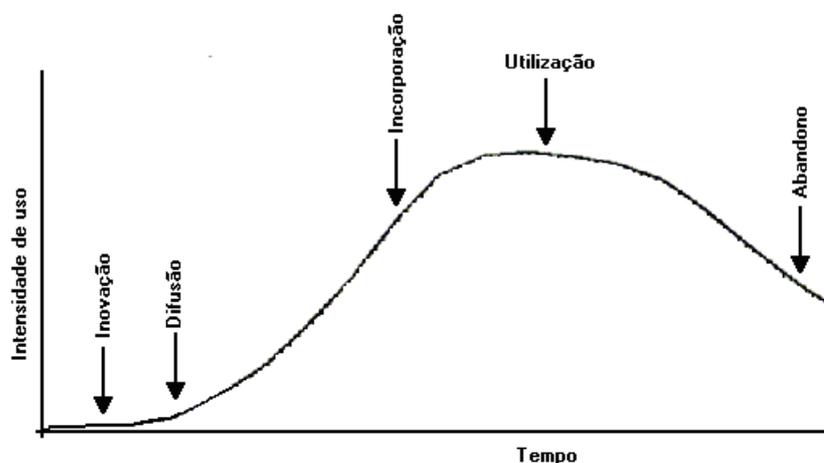


Figura 1 – Ciclo de vida da tecnologia médico-hospitalar [PANERAI, 1990]

A utilização representa a fase em que se espera obter o uso efetivo do equipamento dentro de um EAS. É a fase do ciclo mais importante, pois nela são obtidos os benefícios para a saúde, são gastos recursos para mantê-lo em uso e são detectados os riscos que comprometem a segurança para os usuários [PANERAI, 1990], [ANTUNEZ, 2000].

Nessa fase, são também gerados os resíduos decorrentes dos processos de uso da TMH, que, de acordo com a resolução nº 33/2003 da Anvisa [ANVISA, 2003a], deverão ser gerenciados pelos EAS desde a sua geração até a sua disposição final, de forma a preservar a saúde pública. Esse gerenciamento trará, para o EAS, um custo indireto que também deveria ser dimensionado no processo de incorporação dos EMH, mas que, na prática, muitas vezes não o é, como por exemplo, o planejamento de infra-estrutura necessária para os sistemas de tratamento, que são imprescindíveis para alguns resíduos.

A omissão de medidas de gerenciamento poderá comprometer o nível da própria assistência oferecida ao público, pois, associados aos resíduos gerados, tem-se a presença de agentes potenciais de riscos que comprometem a segurança no ambiente hospitalar.

Na fase de utilização da TMH, a engenharia clínica, através de seus conhecimentos técnico-científicos e gerenciais, poderá atuar no processo tecnológico, por meio de análises e revisões dos mesmos, buscando melhorias que podem ser implementadas nesse processo de modo a minimizar o resíduo gerado.

Para MORITZ (1995 apud SILVA, 2000), essa minimização inicia-se no processo de compra, sendo adquiridos produtos de empresas que se preocupam em reduzir a geração dos resíduos em todo o seu ciclo de vida, desde o projeto até a sua manufatura. Assim, a engenharia clínica também pode atuar nesse sentido, através dos processos de compra da TMH, atividade que é parte integrante da GTMH, optando pelos produtos oferecidos por essas empresas, além, ainda, de procurar produtos alternativos que substituam os perigosos.

Nesse contexto, todos os participantes do ciclo de vida da TMH têm um papel importante no equilíbrio entre o risco-benefício do uso dessas tecnologias, e os benefícios por ela gerados, que são os resultados da assistência, ou seja, os produtos: tratamento, diagnóstico, terapia; e, por outro lado, as saídas indesejáveis - os subprodutos gerados: os resíduos tecnológicos, que muitas vezes oferecem risco para à saúde pública.

A fase de obsolescência, também conhecida como fase de abandono ou descarte, representa o período no qual o EMH tende a ser retirado de operação, tornando-se um resíduo, já que chegou ao final do seu ciclo de vida. No que se refere a equipamentos eletromédicos, a obsolescência pode ser subdividida em duas classes: a obsolescência tecnológica e, a obsolescência funcional. A primeira classe, obsolescência tecnológica, representa a retirada de operação de um equipamento que foi superado por outro com possibilidades de execução das suas funções com modernidade e eficiência adicional; a segunda classe, obsolescência funcional, caracteriza-se pela deterioração ou degradação física do equipamento, que altera sua capacidade funcional.

Qualquer classe de obsolescência, tecnológica ou funcional, o equipamento deverá ser considerado pela engenharia clínica, como um resíduo potencial, já que o mesmo será descartado em determinado momento do seu ciclo de vida. Atualmente, não existem normas quanto à correta disposição final dos EMH, ficando esses dispensados muitas vezes nos setores de patrimônio dos EAS.

Nessa fase, quando a TMH é descartada, a sua identificação e classificação podem reduzir o volume de resíduos a serem tratados, como também evitar que os resíduos que não precisarem receber um tratamento específico (os quais representam a maior parcela) sejam contaminados pelos que necessitem de tratamento, reduzindo, assim, riscos para a saúde pública e custos para os EAS. Ainda nessa fase é possível reconhecer os resíduos que não requerem tratamento nem acondicionamento prévio, viabilizando a reciclagem direta desses sem que sejam danificados.

Essas são as duas fases do ciclo de vida sobre as quais se pretende atuar: na fase de utilização, definindo e analisando os processos de uso da TMH, as atividades que geram resíduos e como essas colaboram para a sua produção, criando, dessa maneira, subsídios para a melhoria dos processos de incorporação das tecnologias; na fase de obsolescência, identificando os resíduos, procurando sugerir a correta destinação segundo as normas vigentes e visualizando ainda a reutilização e a reciclagem. Essas ações visam, através da GTMH, contribuir para a melhoria da segurança no ambiente hospitalar e para o aumento da qualidade nos processos de uso da TMH.

2.3 AGENTES POTENCIAIS E TIPOS DE RISCOS EXISTENTES NO AMBIENTE HOSPITALAR

Vários são os agentes potenciais de riscos presentes nos resíduos tecnológicos provenientes do processo de utilização da TMH dentro dos EAS que interferem na segurança do ambiente hospitalar.

Para que a engenharia clínica através da GTMH atue no gerenciamento de risco dentro do ambiente hospitalar, são necessários, anteriormente, o conhecimento e o entendimento de algumas definições de termos, tais como, risco, magnitude do risco e tipos de risco. A definição desses itens servirá de base para a metodologia proposta neste trabalho, que envolve reconhecer, ou seja, identificar, quais dos agentes potenciais estão presentes nos resíduos tecnológicos resultantes dos processos para indicar o tipo de risco existente e o impacto⁵ adverso que traz para o ambiente hospitalar. Assim, poderão sugerir

⁵ A NBR ISO 14001 (apud BRASIL, 2002) define Impactos Ambientais como: modificações do meio ambiente, adversas ou benéficas, causadas pela ação de determinadas atividades produtos ou serviços de uma organização. Meio ambiente é definido como circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.

ações técnico-administrativas, preventivas ou corretivas, que tendem a eliminar ou atenuar os efeitos nocivos dos subprodutos existentes no ambiente hospitalar dos EAS.

Segundo CHENG (2002), o risco é a medida da combinação do (1) perigo⁶; (2) probabilidade da ocorrência do evento adverso e (3) a população exposta.

O Ministério da Saúde [BRASIL, 1995] define: ‘Risco é uma ou mais condições de uma variável com potencial necessário para causar danos. Esses danos podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo, ou redução da capacidade de produção’.

Essa mesma instituição, na publicação intitulada *Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde* [BRASIL, 2000], definiu risco como “a probabilidade que tem um indivíduo de gerar ou desenvolver efeitos adversos à saúde, sob condições específicas a situações de perigo próprias do meio”. Essa definição leva à necessidade de se conceituar outros fatores que a compõem: a ameaça e a vulnerabilidade.

- ♣ a ameaça é qualquer situação que pode representar um perigo, como a presença de resíduos contaminados por produtos químicos, radioativos, agentes patológicos.

- ♣ a vulnerabilidade é representada pelas condições específicas de exposição a uma situação de perigo na qual se encontra o indivíduo (segregação inadequada dos resíduos, falta de capacitação, de normas).

A magnitude do risco é determinada pela combinação desses dois fatores; se for possível eliminar um dos dois, o risco desaparece por completo [BRASIL, 2000].

A classificação de riscos nos ambientes de trabalho é definida a partir da portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego [BRASIL, 1978], em suas normas Regulamentadoras – NR de Medicina e Segurança do Trabalho. Os riscos diferenciam-se de acordo com a natureza dos agentes envolvidos, sendo os principais: físicos, químicos e biológicos. A norma regulamentadora NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, citada na Portaria nº 3.214, considera:

- a) agentes de risco físico: são formas de energia a que os trabalhadores possam estar expostos, tais como ruídos, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, iluminação, umidade, dentre outros;

⁶ Segundo CHENG (2002) perigo é definido como potencial para um evento adverso, ou uma fonte de dano.

- b) agentes de risco químico: são as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, sob a forma de poeira, fumaça, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam entrar em contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão;
- c) agentes de risco biológico: são as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, dentre outros.

Além dos três tipos de riscos citados (físicos, químicos e biológicos), a portaria 3.214/78 considera riscos ambientais, os agentes mecânicos e outras condições de insegurança (ex. arranjo físico, eletricidade, máquinas e equipamentos, incêndio/ explosão, armazenamento, ferramentas) existentes nos locais de trabalho, capazes de provocar lesões à integridade física do trabalhador. Os elementos físicos e organizacionais que interferem no conforto da atividade laboral e, conseqüentemente, nas características psicológicas do trabalhador são denominados de “riscos ergonômicos”.

Neste trabalho, são considerados somente os agentes potenciais de riscos de natureza biológica, química e física, já que são elementos que estão relacionados diretamente com as características dos resíduos tecnológicos estudados. Os riscos ambientais e ergonômicos não serão abordados.

Segundo o Ministério da Saúde [BRASIL, 2000], diminuir a ameaça é sempre mais difícil do que reduzir a vulnerabilidade. Por exemplo, não se pode eliminar o uso de seringas, nem os tratamentos com radiações ionizantes, entre outros, em pacientes que deles necessitam, porém é necessário retificar ações que visem:

- ♣ reduzir a quantidade de resíduos que necessitam de tratamento especial, através de uma correta segregação, pois, se todos os resíduos forem misturados e manejados juntos, a massa que necessitará de tratamento será igual ao total dos resíduos gerados nos EAS.
- ♣ reduzir o uso de produtos perigosos, por meio da substituição dos produtos em uso por outros que apresentem um menor grau de periculosidade, ou através da mudança de procedimentos e processos tecnológicos que obtenham o mesmo resultado.

Essas duas ações, juntamente com a redução do resíduo gerado através de melhorias no processo, são alguns dos focos a serem direcionados pela metodologia proposta e serão alcançadas através da definição e análise dos processos tecnológicos.

2.4 LEGISLAÇÕES E NORMALIZAÇÕES

No âmbito nacional, as ações relativas aos resíduos de serviços de saúde deverão estar de acordo com as legislações federal, estadual e municipal. Segundo SILVA (2000), a legislação brasileira, no que se refere a resíduos de serviços de saúde, é recente e, em geral, segue as orientações de organismos de países desenvolvidos, principalmente da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e da Organização Mundial de Saúde.

É importante ressaltar que, recentemente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária publicou a resolução RDC nº 33, de 25 de fevereiro de 2003 [ANVISA, 2003a], que dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, sendo esta a legislação mais atual disponível e principal orientação legal.

Essa resolução foi baseada na consulta pública nº 48, de 04 de julho de 2000, que tratou da proposta desse regulamento, e nas sugestões de diversas entidades, tais como Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), Fundação Nacional de Saúde (Funasa), Federação Brasileira de Hospitais (FBH), entre outras [ANVISA, 2003a].

A seguir, são apresentadas as legislações nacionais com relação aos resíduos de serviços de saúde em ordem cronológica.

Portaria federal nº 53 de 01 de março de 1979: Estabelece algumas normas para tratamento e disposição de resíduos sólidos, em especial os domiciliares e os de serviços de saúde.

Resolução federal Conama nº 06 de 19 de setembro de 1991: Desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, anteriormente tornada obrigatória pelo inciso VI da portaria nº 53/79.

Resolução federal Conama nº 05 de 5 de agosto de 1993: Dispõe sobre o plano de gerenciamento, definindo normas mínimas para o tratamento e destinação final de resíduos sólidos de serviços de saúde, portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários, orientando que caberá aos estabelecimentos já referidos o gerenciamento de seus resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final. Define resíduos sólidos conforme a NBR 10004 de setembro de 1987 da ABNT. Estabelece a classificação para os

resíduos gerados nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, em quatro grupos: biológicos, químicos, radioativos e comuns.

Resolução federal Conama nº 257 de 30 de junho de 1999: Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos sejam entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequado.

Resolução federal Conama nº 275 de 25 de abril de 2001: Estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Resolução federal Conama nº 283 de 12 de julho de 2001: Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde, aprimorando e complementando os procedimentos contidos na resolução Conama nº 5/1993. Define que os resíduos químicos, incluindo os quimioterápicos e outros medicamentos vencidos, alterados, interditados, parcialmente utilizados e impróprios para o consumo devem ser devolvidos ao fabricante ou importador, que serão co-responsáveis pelo manuseio e transporte.

Resolução federal CNEN-NE-6.05 de dezembro de 1985 – Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas: estabelece critérios gerais e requisitos básicos relativos à gerência de rejeitos radioativos.

Resolução federal CNEN-NE-3.01 de agosto de 1988– Diretrizes Básicas de Radioproteção. Estabelece as diretrizes básicas de radioproteção, abrangendo os princípios, limites, obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante.

Resolução federal CNEN-NE-3.05 de abril de 1996 – Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear. Estabelece os requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear.

Portaria federal MS/ SVS Anvisa nº 453 de junho de 1998: Dispõe sobre regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispondo sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional.

Resolução federal Anvisa RDC nº 33 de fevereiro de 2003: Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde desde a sua geração até a sua destinação final. Estabelece a classificação para os resíduos de serviços de saúde, em cinco grupos: potencialmente infectantes, químicos, rejeitos radioativos, comuns e perfurocortantes.

No contexto da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), existem normas relativas aos resíduos de serviços de saúde que podem ser observadas a seguir:

NBR 10004 de setembro de 1987 – Resíduos Sólido – Classificação: Define e classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.

NBR 12807 de janeiro de 1993 – Resíduos de serviços de saúde – Terminologia: Define os termos empregados em relação aos resíduos de serviços de saúde.

NBR 12808 de janeiro de 1993 – Resíduos de serviços de saúde – Classificação: Classifica os resíduos de serviços de saúde quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que tenham gerenciamento adequado.

NBR 12810 de janeiro de 1993 – Coleta de resíduos de serviços de saúde – Procedimento: Fixa os procedimentos exigíveis para coleta interna e externa dos resíduos de serviços de saúde, sob condições de higiene e segurança.

NBR 12809 de fevereiro de 1993 – Manuseio de resíduos de serviços de saúde – Procedimento: Fixa os procedimentos exigíveis para garantir condições de higiene e segurança no processamento interno de resíduos infectantes, especiais e comuns, nos serviços de saúde.

NBR 9190 de dezembro de 1993 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Classificação: Classifica os sacos plásticos para acondicionamento de lixo quanto à finalidade, espécie de lixo e dimensões.

NBR 7500 de janeiro de 1994 – Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais – Simbologia: Estabelece símbolos convencionais e seu dimensionamento, para serem aplicados nas unidades de transporte e nas embalagens para indicação dos riscos e dos cuidados a tomar no seu manuseio, transporte e armazenagem, de acordo com a carga contida.

NBR 13853 de maio de 1997 – Coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes – Requisitos e métodos de ensaio.

NBR 9259 de abril de 1997 – Agulha hipodérmica estéril e de uso único.

NBR 9191 de julho de 2000 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio.

As normas contribuem para a elaboração de um programa de gerenciamento de resíduos, contudo, por serem feitas por uma instituição privada, só têm valor legal se forem amparadas por alguma legislação. Em caso de discordância entre a norma e a lei, vale sempre a lei [BRASIL, 2002].

Todas as legislações apresentadas estão em vigor. Cada nova atualização elaborada tem o intuito de aprimorar e /ou complementar as legislações aprovadas anteriormente. Um exemplo é a resolução RDC nº 33 da Anvisa, cuja classificação dos resíduos de serviço de saúde adotada foi baseada nas resoluções do Conama nº 5 de 1993 e nº 283 de 2001, na NBR 10004 e NBR 12808 da ABNT.

2.5 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Há diferentes sistemas para classificação dos resíduos de serviço de saúde. A classificação adequada dos resíduos gerados em um estabelecimento é de fundamental importância no processo de gerenciamento, resultando em benefícios quanto à segurança, à economia e à eficiência [SILVA, 2000].

Segundo OROFINO (1996), os diferentes critérios para classificação dos resíduos de serviços de saúde podem levar em consideração:

- ♣ o estado físico do resíduo, se está em estado sólido ou semi-sólido;
- ♣ a composição, como por exemplo a quantidade de materiais recicláveis;
- ♣ as características físico-químicas, como o teor de umidade, o poder calorífico ou a densidade;
- ♣ o destino final, como por exemplo se podem ou não ser incinerados;
- ♣ o impacto ambiental, que pode ser em função da quantidade produzida;
- ♣ o potencial de risco, ou em função da toxicidade ou patogenicidade;
- ♣ a origem ou área de geração, que são as áreas críticas, semicríticas e não críticas.

Através da classificação, pode-se chegar a uma segregação eficiente, separando adequadamente materiais perigosos dos que não oferecem riscos, podendo tais materiais ser fonte de renda através de uma reciclagem ou do reuso. Da mesma forma, os riscos de

problemas de saneamento e gastos são reduzidos, já que a massa de resíduo que necessitará de tratamentos específicos dispendiosos será menor do que se todos os resíduos estiverem juntos.

Na Tabela 1, apresenta-se, de forma resumida, a classificação sugerida pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), a classificação da Organização Mundial de Saúde (OMS) e a classificação da Environment Protection Agency, (EPA) [OPAS, 1997].

Tabela 1 – Classificação dos resíduos de serviços de saúde

OPAS	OMS	EPA
Resíduos comuns	Resíduos gerais	Culturas e amostras armazenadas
Resíduos infecciosos	Resíduos infecciosos	Resíduo patológico
Resíduos especiais	Resíduos patológicos	Resíduo de sangue humano e hemoderivados
	Resíduos químicos	Resíduos perfurocortantes
	Resíduos radioativos	Resíduos de animais
	Resíduos farmacêuticos	Resíduo de isolamento
	Objetos perfurocortantes	Resíduos perfucortantes não usados
	Embalagens pressurizadas	
	Resíduos genotóxicos	
	Resíduos com metais pesados	

Fonte: Guia para o Manejo Interno de Resíduos Sólidos em Estabelecimentos de Saúde [OPAS, 1997]

A classificação sugerida pela OPAS [OPAS, 1997], aplicável nos países da região da América Latina e Caribe, foi elaborada para facilitar a identificação do tipo de resíduo e a fonte geradora, apresentando as seguintes categorias:

- ♣resíduos infecciosos: são aqueles gerados durante as diferentes etapas do atendimento de saúde (diagnóstico, tratamento, imunizações, pesquisas, etc.) que contêm agentes patogênicos. Representam diferentes níveis de perigo potencial conforme o grau de exposição aos agentes infecciosos que provocam as doenças;
- ♣resíduos especiais: são os gerados durante as atividades auxiliares dos estabelecimentos de saúde, que não entraram em contato com os pacientes nem com os agentes infecciosos. Constituem um perigo para a saúde em razão de suas características agressivas, como corrosividade, reatividade, inflamabilidade, toxicidade, explosividade e radioatividade;
- ♣resíduos comuns: são os gerados pelas atividades administrativas, auxiliares e gerais, que não correspondem a nenhuma das categorias anteriores; não

representam perigo para a saúde e suas características são similares às que apresentam os resíduos domésticos comuns.

No Brasil, há quatro classificações de resíduos de serviços de saúde com efeito normativo para todo o país: a NBR 12808 [ABNT, 1993b], a resolução Conama nº 5 [CONAMA, 1993], a resolução Conama nº 283/2001 [CONAMA, 2001], que aprimora e complementa a resolução Conama nº 5/1993, e a resolução nº 33/2003 da Anvisa [ANVISA, 2003a]. Esta última, toma como base para a classificação dos resíduos de serviços de saúde as três anteriores e a NBR 10004 da ABNT [ABNT, 1987].

Há também uma outra classificação em vigor, publicada anteriormente às quatro, mas que se refere a resíduos sólidos em geral, não sendo específica para os resíduos de serviços de saúde: a norma NBR 10004 – Classificação de Resíduos de Sólidos. A norma faz referência aos resíduos de serviços de saúde quando cita a atividade hospitalar na definição de resíduos sólidos. Os resíduos são classificados quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Nessa norma os resíduos sólidos são classificados em três classes, com exceção dos rejeitos radioativos, que são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN):

- ♣resíduos de classe I – perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podendo apresentar uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- ♣resíduos de classe II – não-inertes: são aqueles que não se enquadram na classificação de resíduo de classe I ou classe III. Apresentam propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
- ♣resíduo de classe III – inertes: quaisquer resíduos que submetidos a um contato estático ou dinâmico com água, não tenham nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Na norma NBR 12808 [ABNT, 1993b], os resíduos são agrupados em três classes:

Classe A – Infectante: resíduo de serviço de saúde que, por suas características de maior virulência, infectividade e concentração de patógenos, apresenta risco potencial adicional à saúde pública;

Classe B – Especial: resíduo de serviço de saúde do tipo farmacêutico, químico perigoso e radioativo;

Classe C – Comum: resíduo de serviço de saúde que não apresenta risco adicional à saúde pública.

Cada classe é subdividida em itens conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde segundo a NBR 12808 [ABNT, 1993b]

CLASSE	A	B	C
CATEGORIA	INFECTANTES Tipo A.1 – Biológico Tipo A.2 – Sangue e hemoderivados Tipo A.3 – Cirúrgico e anatomopatológico Tipo A.4 – Perfurante ou cortante Tipo A.5 – Animal contaminado Tipo A.6 – Assistência ao paciente	ESPECIAL Tipo B.1 – Rejeito radioativo Tipo B.2 – Resíduo farmacêutico Tipo B.3 – Resíduo químico perigoso	COMUM

A classificação do Conama nº 5 [CONAMA, 1993], estabelecida com base na composição e características biológicas, físicas e químicas, agrupa os resíduos em quatro grupos:

Grupo A – Resíduo com risco biológico – resíduos que possuem agentes biológicos ou outros que se apresentam contaminados pelos mesmos, que possam trazer riscos à saúde pública e ao meio ambiente;

Grupo B – Resíduo com risco químico – resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente em razão de suas características próprias, tais como corrosividade, reatividade, inflamabilidade, toxicidade, citogenicidade e explosividade;

Grupo C – Rejeitos radioativos – são considerados rejeitos radioativos quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN-NE-6.02 – “Licenciamento de Instalações Radiativas” [CNEN, 1998];

Grupo D – Resíduos comuns – são todos os resíduos semelhantes aos resíduos domésticos e que não mantiveram contato com os resíduos classificados nos grupos anteriores.

A resolução nº 283 do Conama considera, para classificar os resíduos, o mesmo estabelecido pela resolução nº 5/1993 do Conama, porém esta detalha mais os constituintes de cada grupo.

A classificação da resolução nº 33 da Anvisa, estabelecida com o objetivo de destacar a composição desses resíduos segundo as suas características biológicas, físicas, químicas, estado da matéria e origem, reúne-os em cinco grupos, conforme apresentado na Tabela 3.

Grupo A (Potencialmente infectantes) - resíduos com a possível presença de agentes biológicos, que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção;

Grupo B (Químicos) – resíduos contendo substâncias químicas que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, independentemente de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade;

Grupo C (Rejeitos radioativos) – são considerados rejeitos radioativos quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados pela norma CNEN-NE-6.02 – ‘Licenciamento de Instalações Radiativas’ e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

Grupo D (Resíduos comuns) – são todos os resíduos gerados nos serviços abrangidos por esta resolução que, por suas características, não necessitam de processos diferenciados relacionados ao acondicionamento, identificação e tratamento, devendo ser considerados resíduos sólidos urbanos;

Grupo E (Perfurocortantes) – são os objetos e instrumentos contendo cantos, bordas, pontos ou protuberâncias rígidas e agudas, capazes de cortar ou perfurar.

Tabela 3 - Classificação dos resíduos de serviço de saúde segundo resolução nº 33 [ANVISA, 2003a]

GRUPO	CATEGORIA	CONSTITUENTES
A	A1	Culturas e estoques de agentes infecciosos de laboratórios industriais e de pesquisa; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microorganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de engenharia genética.
	A2	Bolsas contendo sangue ou hemocomponentes com volume residual superior a 50 ml; kits de aférese.
	A3	Peças anatômicas (tecidos, membros e órgãos) do ser humano, que não tenham mais valor científico ou legal, e/ou quando não houver requisição prévia pelo paciente ou seus familiares; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham mais valor científico ou legal, e/ou quando não houver requisição prévia pela família.
	A4	Carcças, peças anatômicas e vísceras de animais provenientes de estabelecimentos de tratamento de saúde animal, de universidades, de centros de experimentação, de unidades de controle de zoonoses e de outros similares.
	A5	Todos os resíduos provenientes de paciente que contenham ou sejam suspeitos de conter agentes Classe de risco IV (descrito no apêndice I da resolução nº 33 da ANVISA), que apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação.
	A6	Kits de linhas arteriais endovenosas e dialisadores, quando descartados. Filtros de ar e gases oriundos de áreas críticas, conforme, ANVISA, RDC 50/2002.
	A7	Órgãos, tecidos e fluidos orgânicos com suspeita de contaminação com proteína priônica e resíduos sólidos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais com suspeita de contaminação com proteína priônica (materiais e instrumentais descartáveis, indumentária que tiveram contato com agentes acima identificados).
B	B1	Os resíduos dos medicamentos ou dos insumos farmacêuticos quando vencidos, contaminados, apreendidos para descarte, parcialmente utilizados e demais medicamentos impróprios para descarte, parcialmente utilizados e demais medicamentos impróprios para consumo, que oferecem risco. Incluem-se neste item: produtos hormonais de uso sistêmico; produtos hormonais de uso tópico, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogaria e distribuidores de medicamentos; produtos antibacterianos de uso sistêmico; produtos antibacterianos de uso tópico, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos; medicamentos citostáticos, antineoplásicos, digitálicos, imunomoduladores e anti-retrovirais.
	B2	Os resíduos dos medicamentos ou dos insumos farmacêuticos quando vencidos, contaminados, apreendidos para descarte, parcialmente utilizados e demais medicamentos impróprios para consumo, que, em função de seu grupo princípio ativo e forma farmacêutica, não oferecem risco. Incluem-se neste grupo todos os medicamentos não classificados no grupo B1 e os antibacterianos e hormônios para uso tópico, quando descartados individualmente pelo usuário domiciliar.
	B3	Os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações.
	B4	Saneantes e desinfetantes.
	B5	Substâncias para revelação de filmes usados em raio-x.
	B6	Resíduos contendo metais pesados.
	B7	Reagentes para laboratório, isolados ou em conjunto.
	B8	Outros resíduos contaminados com substâncias químicas perigosas.

C		Todos os resíduos contaminados com radionuclídeos. As fontes seladas não podem ser descartadas, devendo a sua destinação final seguir orientações específicas da CNEN.
D		Espécimes de laboratório de análises clínicas e patologia clínica, quando não enquadrados na classificados A5 e A7; gesso, luvas, esparadrapo, algodão, gazes, compressas, equipo de soro e outros similares, que tenham tido contato ou não com sangue, tecidos ou fluidos orgânicos, com exceção dos enquadrados na classificação A5 e A7; bolsas transfundidas vazias ou contendo menos de 50 ml de produto residual (sangue ou hemocomponentes); sobras de alimento não enquadrados na classificação A5 e A7; papéis de uso sanitário e fraldas, não enquadrados na classificação A5 e A7; resíduo provenientes de áreas administrativas dos EAS; resíduos de varrição, flores, podas e jardins; materiais passíveis de reciclagem; embalagens em geral; cadáveres de animais, assim como camas desses animais e suas forrações.
E		Lâminas de barbear, bisturis, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas e outros assemelhados provenientes de serviços de saúde, bolsas de coleta incompleta, descartadas no local da coleta, quando acompanhadas de agulha, independente de volume coletado.

Nesta pesquisa, adota-se como parâmetro para os resíduos sólidos, líquidos e também para os gasosos a classificação da resolução nº 33 de 2003 da Anvisa. Esta escolha deveu-se ao fato desta abranger todas as demais resoluções e normas apresentadas para a classificação, sendo, portanto, a mais completa. Além disto, separa-os conforme as suas características biológicas, físicas, químicas, estado da matéria e origem, facilitando, assim, a identificação do tipo de resíduo e permitindo enquadrar a maior parte em grupos com características comuns.

É importante ressaltar que nas legislações levantadas, não existe menção aos equipamentos médico-hospitalares, que, neste trabalho, serão estudados e incluídos na classificação adotada. No Brasil não existe legislação que determine o manejo adequado desses equipamentos quando chegam ao final de sua vida útil. Há elementos perigosos presentes nos equipamentos médico-hospitalares em geral, como baterias (com níquel e cádmio) e circuitos eletrônicos, contendo mercúrio, arsênico e outros metais tóxicos, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. A única norma para resíduos com referência a alguns desses elementos é a resolução 257 do Conama [CONAMA, 1999], que obriga as empresas a receberem, disporem corretamente ou reciclarem baterias com cádmio, mercúrio ou chumbo.

Existe um projeto de lei, de nº 4344/1998, no Senado Federal [BRASIL, 1998] para a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o qual propõe o compartilhamento de

responsabilidades pós-consumo do “lixo tecnológico”⁷ entre o poder público, o setor produtivo e o consumidor, situação que já é realidade em países da Europa [SERPRO, 2002]. Tendo a engenharia clínica entre as suas funções a incorporação da TMH e o acompanhamento do seu ciclo de vida até o descarte, ela pode desempenhar um papel importante nesse projeto de Política Nacional dos Resíduos Sólidos, no tocante à responsabilidade da destinação final correta desses equipamentos.

2.6 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

O gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde constitui-se em um conjunto de procedimentos planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais. Objetiva minimizar sua produção e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, à preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente [ANVISA, 2003a].

Esse gerenciamento é de responsabilidade do estabelecimento gerador⁸ desde a sua geração até a disposição final, segundo a resolução nº 33 /2003 da Anvisa. Por isso, deve ser planejado de forma a atender aos requisitos ambientais (no que se refere ao tratamento e à disposição final) e de saúde pública, sem prejuízo da responsabilidade civil solidária, penal e administrativa de outros sujeitos envolvidos, em especial os transportadores e depositários finais [CONAMA, 2001].

A resolução nº 33/2003 da Anvisa determina que os estabelecimentos geradores, em operação ou a serem implantados, deverão designar profissional, devidamente habilitado em função do tipo de resíduo a ser gerenciado, para exercer a função de responsável pela elaboração e implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde-PGRSS. Esse plano deverá estar baseado nos princípios da não-geração

⁷ Considera-se “lixo tecnológico” todo aquele gerado a partir de aparelhos eletrodomésticos ou eletroeletrônicos e seus componentes, incluindo os acumuladores de energia (bateria e pilhas) e produtos magnetizados, de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, que estejam em desuso e sujeitos à disposição final [BRASIL, 1998].

⁸ A resolução nº 33/03 da Anvisa no capítulo II, define estabelecimento gerador como todos os serviços que prestem atendimento à saúde humana ou animal, incluindo os prestadores de serviço que promovam os programas de assistência domiciliar; serviços de apoio à preservação da vida, indústrias e serviços de pesquisa na área da saúde, hospitais e clínicas, serviços ambulatoriais de atendimento médico e odontológico, entre outros citados.

de resíduos e na minimização da geração de resíduos; deverá apontar e descrever ações relativas ao seu manejo no âmbito do estabelecimento gerador, contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, identificação, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final.

As ações voltadas para a não-geração e a minimização da geração de resíduos de um estabelecimento assistencial de saúde se enquadram no princípio dos 3R (reduzir, reutilizar, reciclar), que é universalmente aceito como uma forma de minimização de impactos ambientais em qualquer atividade, assim são definidos: [BRASIL, 2002].

Reduzir – é a diminuição da geração de resíduo, seja por meio da sua redução na fonte, seja na redução do consumo (redefinição de processos para torná-los mais eficientes necessitando de menor quantidade de insumos para a mesma quantidade de saídas), ou na redução do desperdício. Inclui-se também a redução da periculosidade, ou seja, opção pela utilização de matérias ou equipamento que apresentem menor risco no manejo e menor impacto ao meio ambiente.

Reutilizar – é a possibilidade de utilizar um produto descartado para várias finalidades, otimizar o máximo o seu uso antes do descarte final, ou, ainda, o seu reenvio ao processo produtivo, visando a sua recuperação para o mesmo fim ou recolocação no mercado, evitando o descarte por um período maior.

Reciclar – é a transformação de um produto após o fim de sua vida útil, utilizando os materiais que o compõem em outro produto com finalidade diferente do produto original. A ISO 14040 define reciclagem como um conjunto de processos que permitem o redirecionamento de materiais, que de outra forma seriam dispostos como resíduos, desde que esses processos estejam inseridos em um sistema econômico onde os materiais reciclados contribuam para a produção de material útil.

Aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento e identificação, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final compõem o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde e devem fazer parte do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Tais etapas são descritas a seguir.

2.6.1 Geração e Segregação

A geração de resíduos de serviços de saúde é definida, segundo a NBR 12807 [ABNT, 1993a], como a “transformação de material utilizável em resíduo”. Os médicos, pessoal auxiliar e administrativo, pacientes, visitantes e o público em geral contribuem direta ou indiretamente para a geração de resíduos.

Segundo o Guia da OPAS (1997), a geração de resíduos de um EAS é determinada pela complexidade do EAS (posto médico, centro médico, hospital regional e outros), frequência dos serviços que proporciona (número de atendimento, número de pessoal,

porcentagem de leitos ocupados), eficiência que alcançam os responsáveis pelos serviços no desenvolvimento de suas tarefas, assim como pela tecnologia utilizada.

O conhecimento da frequência de geração (avaliação quantitativa), o tipo de resíduo que gera cada serviço e suas características (avaliação qualitativa), tais como umidade, densidade, entre outros, são o ponto de partida para o dimensionamento do sistema, dos procedimentos e da tecnologia a utilizar no gerenciamento dos resíduos [BRASIL, 2002], [SILVA, 2000,], [BRASIL, 2000], [OPAS, 1997], [SANTA CATARINA, 1997],

A Tabela 4 ilustra uma possível situação de identificação dos resíduos gerados de acordo com os locais ou modalidades de atendimento [BRASIL, 2000], apresentada aqui para fins de exemplificação.

Tabela 4 – Tipos de resíduos gerados em um EAS frente às fontes geradoras. [Programa regional de desechos sólidos hospitalarios, 1996 apud BRASIL, 2000]

FONTES GERADORAS	GRUPO A resíduo com risco biológico	GRUPO B resíduo com risco químico	GRUPO C rejeitos radioativos	GRUPO D Resíduos comuns
Serviços a pacientes				
Medicina interna	X	X	X	X
Centro cirúrgico	X	X	X	X
Unidade de terapia intensiva	X	X	X	X
Isolamento	X	X	X	X
Emergência	X	X		X
Ambulatório	X	X	X	X
Autópsia	X	X	X	X
Radiologia	X	X	X	X
Laboratórios				
Bioquímica	X	X	X	X
Microbiologia	X	X	X	X
Hematologia	X	X	X	X
Coleta	X	X	X	X
Patologia clínica	X	X	X	X
Medicina nuclear	X	X	X	X
Serviços de Apoio				
Banco de sangue	X	X		X
Farmácia		X		X
Central de esterilização		X		X
Lavanderia		X		X
Cozinha				X
Almoxarifado		X		X
Administração				X
Área de circulação				X

Na prática, entretanto, a determinação do tipo de resíduo produz melhores resultados quando análises são realizadas junto as atividades que geram cada tipo de resíduo, evitando generalizações, como por exemplo, classificar o resíduo por unidade de origem, do tipo “resíduo de almoxarifado é comum e resíduo e internação é infectante”, pois existem resíduos comuns produzidos nas unidades de internação e, mesmo no almoxarifado, pode haver fontes de resíduos perigosos.

A segregação de acordo com a resolução nº 33 da Anvisa [ANVISA, 2003a] consiste na “separação do resíduo no momento e local de sua geração, de acordo com as suas características físicas, químicas, biológicas sua espécie, estado físico e classificação”. É uma das operações fundamentais para permitir o cumprimento dos objetivos de um sistema eficiente de manejo interno⁹ de resíduos; logo, seu bom funcionamento implica no êxito ou fracasso do processo de manejo em seu conjunto.

A segregação consiste em separar e selecionar apropriadamente os resíduos segundo a classificação adotada, numa operação que deve ser realizada na fonte de geração, condicionada à prévia capacitação do pessoal de serviço [OPAS, 1997].

Apesar de a responsabilidade pela segregação recair principalmente sobre os diretores, supervisores e enfermeiros, encarregado dos diferentes serviços, é realizada em 80% por médicos, pessoal de enfermagem e pessoal dos serviços auxiliares [BRASIL, 2002]. Esses trabalhadores estão mais expostos a riscos de acidentes derivados do manejo dos resíduos; assim, são os primeiros que devem ser sensibilizados para que tomem consciência do risco ocupacional e de quanto este diminui na proporção direta com o melhor manejo dos resíduos.

Segregando na origem, consegue-se reduzir os riscos para a saúde e o ambiente, impedindo que os resíduos perigosos, que geralmente são frações pequenas, contaminem os outros resíduos gerados no hospital. Além de diminuir gastos, já que apenas terá tratamento especial uma fração e não todos, possibilita-se também reciclar diretamente alguns resíduos que não requerem tratamento nem acondicionamento prévios [BRASIL, 2002], [FERNANDES, 2000] [OPAS, 1997].

⁹ Segundo o Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde [BRASIL, 2000], “manejo interno” é conjunto de operações desenvolvidas no interior dos EAS, desde a segregação, acondicionamento, identificação, coleta, armazenamento, transporte e tratamento.

2.6.2 Acondicionamento e Identificação

Segundo a resolução nº 33/2003 da Anvisa, acondicionamento é definido como “ato de embalar corretamente os resíduos segregados, de acordo com as suas características, em sacos e/ou recipientes impermeáveis, resistentes à punctura, ruptura e vazamentos”.

Conforme RIBEIRO FILHO (2000), o acondicionamento dos resíduos tem as seguintes funções principais:

- ♣ isolar os resíduos do meio externo, evitando contaminação e mantendo afastados os vetores como ratos, baratas, moscas e animais domésticos;
- ♣ identificar, através das cores, símbolos e inscrições, a classe do resíduo;
- ♣ manter os resíduos agrupados, de acordo com suas características, facilitando o seu armazenamento, transporte e tratamento.

O acondicionamento dos resíduos deve ser realizado conforme indicação de cada categoria, pois os resíduos de serviços de saúde são de fontes diversas e pertencem a diferentes classes. Deve ser também observada a compatibilidade entre os resíduos armazenados, de forma a evitar reação química entre si, e das embalagens que os armazenam, para evitar enfraquecimento ou deterioramento das mesmas. A resolução nº 33/2003 da Anvisa define que os resíduos acondicionados em saco branco leitoso deverão estar em conformidade com a NBR 9191 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio, [ABNT, 2000].

Segundo a resolução nº 33/2003 da Anvisa, identificação consiste “no conjunto de medidas que permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações ao correto manejo dos resíduos de serviço de saúde.” Essa identificação deverá utilizar os símbolos baseados na norma da ABNT, NBR 7.500 – Símbolos de Risco e Manuseio para o Transporte e Armazenamento de Materiais de 2000, além de outras exigências relacionadas à classificação e ao risco específico de cada grupo de resíduos [ANVISA, 2003a].

2.6.3 Coleta, Armazenamento e Transporte

Segundo a NBR 12807 – Resíduos de Serviços de Saúde – Terminologia [ABNT, 1993a], a coleta dos resíduos de serviços de saúde pode ser dividida em coleta interna I e II e coleta externa, definidas em seqüência:

- ♣ Coleta interna I: Operação de transferência dos recipientes do local de geração para a sala de resíduo¹⁰. Armazenamento interno (temporário)
- ♣ Coleta interna II: operação de transferência dos recipientes da sala de resíduo para o abrigo de resíduo¹¹ (Armazenamento externo) ou diretamente para tratamento.
- ♣ Coleta externa: operação de remoção e transporte de recipientes do abrigo de resíduo, através do veículo coletor, para o tratamento e/ou destino final.

Segundo a norma NBR 12810, a coleta deve ser efetuada de acordo com a demanda específica de cada unidade geradora, no que se refere à frequência, horário e demais exigências do serviço. Dependendo do tamanho do EAS e da quantidade de resíduos gerados, poderá haver somente uma coleta interna, com a remoção dos resíduos dos locais de geração para o local de armazenamento externo.

De acordo com a resolução nº 33/2003 da Anvisa, o armazenamento temporário consiste “na guarda temporária dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados, em local próximo aos pontos de geração, visando agilizar a coleta dentro do estabelecimento.” Caso o volume de resíduos gerados e a distância entre o ponto de geração e o armazenamento final justifiquem, o armazenamento temporário poderá ser dispensado.

Na coleta deve-se observar o uso de equipamento de proteção individual (EPI), de acordo com a norma NBR 12810/1993. A transferência (transporte) dos resíduos deve ser realizada separadamente e em recipientes específicos para cada grupo de resíduos.

Na coleta e transporte externos¹², deverão ser utilizadas técnicas que garantam a preservação da integridade física do pessoal, da população e do meio ambiente, devendo estar de acordo com as orientações dos órgãos de limpeza urbana”.

2.6.4 Tratamento e Disposição Final

Conforme a resolução nº 33 da Anvisa [ANVISA, 2003a], tratamento de resíduos de serviços de saúde consiste na “aplicação de método, técnica ou processo que modifique

¹⁰ A norma NBR 12807 define “sala de resíduo” como elemento destinado ao armazenamento interno.

¹¹ A norma NBR 12807 define “abrigo de resíduo” como elemento destinado ao armazenamento externo dos resíduos de serviços de saúde, no aguardo da coleta externa.

¹² A resolução nº 33/2003 da Anvisa considera “coleta e transporte externo” como a remoção dos resíduos do abrigo de resíduos (armazenamento externo) até a unidade de tratamento ou destinação final.

as características biológicas ou a composição dos resíduos, que leve à redução ou eliminação do risco de causar doença”. Já a destinação final de resíduos de serviços de saúde é definida como “a disposição de resíduos no solo, previamente preparado para recebê-los obedecendo a critérios técnicos de construção e operação”.

Essa mesma resolução da Anvisa estabelece que a implantação de sistema de tratamento e destinação final de resíduos fica condicionada ao licenciamento, pelo órgão ambiental e sanitário competente, em conformidade com a legislação vigente.

Segundo o Ministério da Saúde [BRASIL, 2002], as estratégias de tratamento devem ser precedidas, sempre que possível, de procedimentos de redução na fonte dos resíduos gerados, com o uso de tecnologias associadas à prevenção de poluição, à redução do desperdício de matérias-primas e à modificação de processos existentes, de forma a minimizar riscos. Além disso, o EAS deve valorizar seus resíduos, encontrando formas de aproveitamento através da reutilização ou reciclagem.

Os resíduos do Grupo A, segundo a resolução nº 283/2001 [CONAMA, 2001], deverão ter disposição final de forma a assegurar a proteção ao meio ambiente e à saúde pública. Essa resolução define que, para fins de disposição final, os resíduos desse grupo devem ser submetidos a processos de tratamento específicos de maneira a torná-los resíduos comuns, do Grupo D, ou seja, eliminação das características de periculosidade do resíduo. A resolução também determina que, quando não for possível, tecnicamente, submeter os resíduos aos tratamentos, ou esses não garantirem características de resíduos comuns, o órgão ambiental competente poderá, de forma motivada, definir formas alternativas de destinação final em aterros¹³ devidamente licenciados. A resolução nº 33/2003 da Anvisa [ANVISA, 2003a] exprime de forma mais específica e detalhada o acondicionamento, o tratamento e a disposição final das várias categorias de resíduos pertencentes ao Grupo A.

Para os resíduos do Grupo B, a resolução nº 283/2001 orienta que, de acordo com suas características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade, segundo

¹³ Segundo SILVA (2000), aterro consiste no confinamento dos resíduos no solo. No Brasil, aterramento é compreendido por aterro sanitário e vala séptica. O aterro sanitário consiste no confinamento dos resíduos, no menor volume possível, através da compactação mecânica, e no isolamento dos resíduos no solo mediante cobertura diária com uma camada de solo, preferencialmente argila. A vala séptica consiste na técnica de engenharia para aterramento de resíduos do grupo A tratados ou não dos EAS; as valas são preenchidas com resíduos, os quais são recobertos com uma camada final de terra argilosa. [BRASIL, 2000].

exigências do órgão ambiental e de saúde competentes, os resíduos desse grupo deverão ser submetidos a acondicionamento, tratamento e destinação final específico. A resolução nº 33/2003 [ANVISA, 2003a] exprime de forma mais específica e detalhada o acondicionamento, tratamento e a disposição final das várias categorias de resíduos pertencentes ao Grupo B, como, por exemplo, para os resíduos do grupo B₅:

- ♣ os reveladores usados deverão ser neutralizados (pH 7-9) e então descartados com grande quantidade de água no sistema de esgoto sanitário com sistema de tratamento.
- ♣ os reveladores não utilizados e soluções concentradas deverão ser acondicionados segundo o item 9.5.2 da resolução nº 33/2003 da Anvisa.
- ♣ os fixadores usados deverão ser submetidos a processo de recuperação da prata ou então acondicionados segundo o item 9.5.3 da resolução nº 33/2003 da Anvisa.
- ♣ Os resíduos desse grupo deverão ser encaminhados a Aterro Sanitário Industrial para resíduos perigosos – classe I ou serem submetidos a tratamento de acordo com as orientações do órgão local de meio ambiente, em instalações licenciadas para este fim.

Para os resíduos classificados e enquadrados como rejeitos radioativos pertencentes ao Grupo C, a resolução nº 33/2003 da Anvisa define que deverão ser segregados de acordo com a natureza física do material e do radionuclídeo presente.

Tabela 5 – Tempo de decaimento dos radioisótopos mais comuns

Características	Isótopo	Meia vida	Tempo de segurança
Isótopos mais utilizados nos estabelecimentos de saúde	Tc ⁹⁹	6 horas	60 horas
	Ga ⁶⁷	3,26 dias	32,6 dias
	I ¹³⁰	8 dias	80 dias
	I ¹²⁵	60,20 dias	602,0 dias
	Cr ⁵¹	27,80 dias	278,0 dias
	Ti ²⁰¹	3,08 dias	30,8 dias
Outros isótopos	Fe ⁵⁹	45,60 dias	456,0 dias
	An ¹⁹⁶	2,69 dias	26,9 dias
	Co ⁵⁷	270 dias	2.700 dias
	Ni ⁶³	92 anos	920 anos
	Si ⁹⁰	27,70 anos	277,0 anos
	C ¹⁴	5,73 anos	57,3 anos
	Cs ¹³⁷	30 anos	300 anos
	Lr ¹⁹²	5 anos	50 anos
Am ²⁴¹	458 anos	4.580 anos	

Fonte : Manual de Gerenciamento de Resíduo de Serviços de Saúde [BRASIL, 2000]

Os rejeitos radioativos deverão ser acondicionados em recipientes adequados, etiquetados, datados e mantidos no local da instalação destinada ao armazenamento provisório de rejeitos radioativos para futura liberação, em conformidade com a norma da

CNEN-NE-6.05- ‘Gerência de rejeitos em instalações radiativas’. O tratamento definido para esse grupo é o armazenamento, em condições adequadas, para decaimento do elemento radioativo, conforme exemplos apresentados na Tabela 5.

Depois do decaimento, os resíduos podem ser encaminhados para disposição final, ou tratamento, conforme o seu enquadramento (Grupo A, Grupo B, grupo D ou Grupo E) [ANVISA, 2003a].

Os resíduos pertencentes ao grupo D, segundo a resolução nº 283/2001, receberão tratamento e destinação final semelhante aos determinados para os resíduos domiciliares, devendo ser coletados pelo órgão municipal de limpeza urbana. É recomendável, no entanto, alguma forma de valorização desses resíduos, prolongando o tempo de vida útil dos materiais que os compõem. Entre as possíveis formas de valorização dos resíduos do grupo D estão os processos de reuso e a reciclagem, para os quais a resolução nº 33/2003 [ANVISA, 2003a] define que a identificação deverá ser feita nos recipientes e nos abrigos de guarda-recipientes, utilizando-se código de cores e suas correspondentes nomeações, baseadas na resolução do Conama nº 275 de 2001.

Para os resíduos do grupo E, a resolução nº 33/2003 [ANVISA, 2003a] determina que deverão ser descartados separadamente, no local de sua geração, imediatamente após o uso, em recipientes rígidos devidamente identificados, baseados nas normas ABNT NBR 13853/97 – Coletores para resíduos de serviço de saúde perfurantes e cortantes e NBR 9259/97 Agulhas hipodérmicas estéreis e de uso único. Esses resíduos deverão ser encaminhados para destinação final em aterro sanitário licenciado em órgão ambiental competente. Em caso de não haver a disponibilidade do tipo de destino final mencionado, deverão ser submetidos a tratamento com tecnologia que reduza ou elimine a sua carga microbiana e que desestruture as suas características físicas, de modo a se tornarem irreconhecíveis.

2.6.5 Tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos de serviços de saúde

Para os resíduos de serviços de saúde, dentro dos quais se encontram os resíduos tecnológicos, existem vários procedimentos de tratamento, associados aos diferentes grupos de resíduos, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Tratamento adequado a cada grupo de resíduo

Grupos dos resíduos de serviços de saúde			
Tratamento	Grupo A Risco biológico	Grupo B Risco Químico	Grupo C Radioativos
Incineração	X	X	
Autoclave	X		
Tratamento químico	X		
Microondas	X		
Ionização	X		
Decaimento			X

Fonte: Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde – Ministério da Saúde, [BRASIL, 2000]

Observações : 1) Resíduos perfurocortantes – É aconselhável a trituração preliminar antes da autoclavagem; é indispensável a trituração preliminar antes de tratamento químico; não deve ser tratado por microondas. 2) Resíduos químicos – Nem todos podem ser incinerados.

Segundo Silva (2000), as formas principais de tratamento dos resíduos de serviços de saúde utilizadas no Brasil são incineração, esterilização e reciclagem. Esterilização por calor úmido (autoclave), radiação ionizante e microondas, usados isoladamente, são considerados pré-tratamentos que reduzem ou eliminam as características de periculosidade de um determinado resíduo, visando à maior segurança no manuseio que este resíduo venha a ter posteriormente.

Em EAS, de forma geral, o termo “tratamento” está associado aos resíduos com risco biológico (Grupo A). Normalmente, o processo de tratamento de resíduos desse grupo limita-se à desinfecção, mas esse processo pode atingir diferentes níveis (desinfecção de alto nível e esterilização) dependendo do nível de risco do resíduo [RIBEIRO FILHO, 2000].

Todos os tratamentos de resíduos do grupo A têm como objetivo a redução dos agentes biológicos. Segundo o Ministério da Saúde [BRASIL, 2002], o nível mais indicado para esses resíduos, de maneira geral, é a desinfecção, mas, em alguns casos específicos, é a esterilização. A desinfecção é o processo que elimina a maioria dos microorganismos patogênicos, exceto os esporos bacterianos.

Os procedimentos atuais de tratamento dos resíduos podem ser apresentados em duas categorias: a desinfecção e a destruição térmica [BRASIL, 2002].

A desinfecção pode ser realizada pelos seguintes métodos.

- ♣ autoclave;
- ♣ microondas;
- ♣ tratamento químico;
- ♣ radiação ionizante.

A destruição térmica pode ser realizada pelos seguintes métodos:

- ♣ incineração;
- ♣ pirólise;
- ♣ plasma.

A seguir, apresentam-se as formas de tratamento dos resíduos de forma genérica, descrevendo características do modo de funcionamento sem, contudo, a pretensão de esgotar todos os conteúdos relativos a cada tecnologia citada.

a) Autoclave

As autoclaves são equipamentos que utilizam vapor saturado sob pressão para realizar o processo de tratamento dos resíduos de serviço de saúde. Segundo Silva (2002), a destruição das bactérias presentes nesses resíduos ocorre pela termocoagulação e pela desnaturação irreversível das enzimas e proteínas citoplasmáticas.

Nos países desenvolvidos, a técnica de tratamento de resíduos de serviços de saúde por meio de autoclaves é largamente empregada, sendo utilizadas unidades centralizadas para grandes quantidades de resíduos. No Brasil, o tratamento de resíduos de serviços de saúde em unidades centralizadas, dentro ou fora dos hospitais, raramente emprega esse sistema.

Os resíduos são expostos ao vapor com temperaturas entre 105°C e 150°C, sob determinadas condições de pressão e períodos de exposição no interior de uma câmara selada, onde previamente é extraído o ar presente. Na autoclave, os resíduos são aquecidos basicamente de duas formas: pelo contato com o vapor aquecido e pela condução térmica. Assim, os recipientes devem permitir o contato dos resíduos com o vapor.

A eficiência do processo depende, sobretudo, da temperatura e pressão, do tempo de exposição e do contato direto com o vapor, além da densidade, estado físico, tamanho das peças e do conteúdo orgânico dos resíduos [MARSIK & DENYS, apud SILVA, 2000].

Indicadores químicos e biológicos devem ser utilizados para a validação da eficácia do tratamento. Determinados indicadores químicos indicam somente se a temperatura específica foi ou não atingida, não avaliando o tempo de exposição. Assim, indicadores biológicos como a detecção da presença do *Bacillus stearotherophilus* é mais indicada [EPA, 1992]

O tratamento por autoclave apresenta as seguintes vantagens:

- ♣ facilidade de operação;
- ♣ baixo custo operacional, com manutenção simples e barata;

- ♣ possibilidade de realização na própria unidade geradora.

Dentre as desvantagens podem-se citar:

- ♣ geração de odores desagradáveis e aerossóis;
- ♣ baixa ou nenhuma redução do volume dos resíduos tratados;
- ♣ gastos com a aquisição de recipientes termorresistentes de alto custo;
- ♣ os resíduos permanecem com aspecto inalterado.

A operação e manutenção das autoclaves são fundamentais para a eficácia do processo, exigindo operadores devidamente treinados e familiarizados tanto com as características e exigências do equipamento quanto com as propriedades do material a ser tratado [SILVA, 2000].

b) Microondas

Os sistemas de microondas para tratamento de resíduos de serviço de saúde são relativamente recentes, mas já estão bastante difundidos em vários países [RIBEIRO FILHO, 2000]. O sistema requer que os resíduos sejam primeiramente triturados para reduzir seu volume. Na etapa seguinte, o resíduo é umedecido através de jatos de vapor úmido gerado na própria máquina para aumentar a eficiência da radiação [FRANCO, 2000].

Em seguida os resíduos triturados avançam para uma câmara, onde geradores de microondas aquecem e os mantêm a uma determinada temperatura. Os resíduos são submetidos a ondas eletromagnéticas de alta frequência (em torno de 2450 MHz) e comprimento de onda em torno de 12,24 cm [PRÜSS, 1999]. Essas ondas eletromagnéticas produzem como resultado o movimento. A grande velocidade das moléculas de água presentes nos resíduos, a fricção que se origina entre elas gera um intenso calor, ou seja, não é o efeito direto da microonda que destrói os microorganismos, mas, sim, o efeito do calor (temperatura *versus* tempo de resistência) sobre elas (temperatura entre 95°C a 100°C) [BLENKHARM, apud RIBEIRO FILHO, 2000].

O tempo de exposição depende do equipamento e da composição do resíduo. Também neste sistema existe um dispositivo para revolvimento do resíduo, garantindo, assim, que todos recebam a radiação de maneira uniforme [BRASIL, 2002].

Como vantagens o sistema apresenta:

- ♣ redução do volume dos resíduos, em torno de 80%, proporcionado pela trituração;

- ♣ não-emissão de resíduos líquidos;
- ♣ capacidade de receber qualquer tipo de resíduo infectante e comum (devem ser evitadas peças de metal de maior espessura, pedras, entre outros).

Dentre as desvantagens podem-se citar:

- ♣ custo operacional e manutenção altos;
- ♣ risco de emissão de aerossóis, vapores tóxicos e radiação;
- ♣ requer pessoal capacitado e estritas normas de segurança.

c) Tratamento químico

O tratamento químico de resíduos de serviço de saúde baseia-se no uso produtos químicos, utilizados sozinhos ou em combinação com trituradores de resíduos [EPA, 1993]. A eficácia do tratamento depende das características do químico, do contato dos agentes desinfetantes com os resíduos, do período de exposição, da concentração do produto químico ativo e das características do resíduo (ex. pode haver a redução da ação desinfetante dos produtos por efeito das próprias características dos resíduos, como a presença de matéria orgânica, variações de pH, teor de umidade, entre outros) [RIBEIRO FILHO, 2000].

O tratamento utilizando apenas produtos químicos possui aplicação limitada por causa de sua baixa eficácia e das dificuldades operacionais, inclusive exposição dos operadores a riscos químicos e biológicos [BRASIL, 2002].

Já o outro sistema, que utiliza um triturador em combinação com o químico, realiza a trituração dos resíduos submetendo-os em seguida à ação de desinfetantes em condições controladas. O desinfetante utilizado é a base de cloro, sendo recuperado em sua maior parte depois do tratamento, o que possibilita economia do produto. Após a trituração, os resíduos permanecem imersos em contato com a solução desinfetante por um tempo determinado em uma câmara em que o teor de cloro, o pH e a temperatura são controlados para melhorar a eficiência do processo [RIBEIRO FILHO, 2000].

Para a esterilização, os produtos químicos utilizados são geralmente gás óxido de etileno, vapor de formaldeído e vapor de peróxido de hidrogênio; quanto aos líquidos, o glutaraldeído e o ácido paracético são esterilizantes; os demais cloros, iodoforos, compostos fenólicos e quaternários de amônio são agentes desinfetantes [SILVA, 2000].

Como vantagens o tratamento químico apresenta:

- ♣ custo operacional baixo;

- ♣ pode ser realizado na fonte de geração.

Como desvantagens podem-se citar:

- ♣ ineficaz contra patógenos resistentes ao desinfetante utilizado;
- ♣ não há redução de volume (as não ser que exista trituração);
- ♣ necessitam de cuidados adicionais com os efluentes gerados.

d) Radiações Ionizantes

Neste processo, a desinfecção é realizada através da exposição dos resíduos de serviços de saúde a uma fonte radioativa, como, por exemplo, o cobalto-60 [RIBEIRO FILHO, 2000]. A exposição às fontes de radiação provoca a morte celular pela indução de extensas alterações no DNA ou pela ionização dos componentes celulares.

O alto custo do cobalto utilizado no processo e o alto custo de operação (requisitos de estrutura e tecnologia) têm desencorajado o uso comercial dessa tecnologia no tratamento dos resíduos, sendo essa prática mais utilizada na indústria, para esterilização de alimentos e produtos farmacêuticos [OTA, 1990].

Segundo BRASIL (2002), não há registro no país, até os dias atuais, de sua utilização para o tratamento dos resíduos de serviço de saúde.

Como vantagens o tratamento apresenta:

- ♣ grande poder de penetração da radiação;
- ♣ alto grau de eficiência.

Como desvantagens:

- ♣ complexidade de operação para manutenção das condições de segurança;
- ♣ alto custo de instalações;
- ♣ no fim da vida útil do equipamento, a fonte de radiação torna-se rejeito radioativo de alta periculosidade, causando um problema quanto à sua disposição final.

e) Incineração

É um sistema de tratamento de resíduos, através da oxidação térmica a altas temperaturas, em condições controladas, em que os resíduos são transformados em cinzas e resíduos gasosos. Segundo MONTEIRO et al. (2001 apud BRASIL, 2002), o excesso de oxigênio empregado na incineração é de 10% a 15% acima das necessidades de queima

dos resíduos. Na incineração ocorre grande redução no volume e massa dos resíduos tratados, restando cerca de 10% do volume inicial [OTA, 1990], [MACHADO, 2001].

A incineração é muito utilizada em vários países do mundo, sendo considerada como uma das mais eficazes formas de eliminação de resíduos sólidos, conforme FRANÇOIS, ZAKI & CAMPBELL (1997 apud SILVA, 2000).

Os incineradores para tratamento de resíduos de serviços de saúde podem ser encontrados com diferentes configurações e capacidades, mas, de forma geral, são compostos de pelo menos duas câmaras de combustão (primária e secundária) [BRASIL, 2002].

Essas câmaras são providas de queimadores capazes de alcançar a combustão completa dos resíduos e uma ampla destruição das substâncias químicas nocivas e tóxicas. Na primeira câmara, os resíduos são queimados a temperaturas em torno de 800 °C, até a combustão completa dos resíduos. Os gases gerados na primeira etapa permanecem na câmara de combustão secundária por um curto período (no mínimo dois segundos), onde se combinam com o ar externo e é realizada a queima completa dos gases (com temperaturas acima de 930 °C), a fim de se evitar a geração de substâncias nocivas [RIBEIRO FILHO, 2000]. O fluxo de gases e as partículas geradas no processo devem ser tratados antes de serem liberados na atmosfera.

Na operação dos incineradores, utiliza-se óleo ou gás natural como combustível para dar início ao processo de combustão até que se atinjam as temperaturas de operação [BRASIL, 2002].

Todo sistema de incineração deve prever o destino adequado para as cinzas e escórias, assim como outros resíduos provenientes do tratamento de resíduos gasosos, como a emissão de substâncias tóxicas e metais pesados.

Podem-se identificar algumas vantagens e desvantagens com relação à incineração:

Vantagens:

- ♣ alta eficiência na destruição de microorganismos;
- ♣ redução do volume dos resíduos tratados (de 80% a 90%);
- ♣ os restos ficam irreconhecíveis;

Desvantagens:

- ♣ custo operacional e de manutenção elevado, principalmente em função do sistema de tratamento de gases;

- ♣risco de contaminação do ar por dioxinas e outros compostos perigosos presentes nos efluentes gasosos;
- ♣custo elevado no monitoramento das emissões gasosas;
- ♣elevado custo de funcionamento

f) Pirólise

Segundo RIBEIRO FILHO (2000), a pirólise é um processo em que a queima dos resíduos é precedida de sua decomposição química, pela ação de altas temperaturas, na ausência de oxigênio. Esse processo é uma variante do processo de incineração, todavia a pirólise é um sistema teoricamente superior, tanto na sua eficiência térmica quanto no controle de efluentes [BRASIL, 2002].

Nos reatores pirolíticos, a temperatura média no processo de combustão dos resíduos varia entre 800 °C a 900 °C, produzindo como produto final cinzas e gases. Os gases resultantes do processo inicial de combustão dos resíduos são queimados a altas temperaturas (900 °C a 1200 °C) em uma câmara pós-combustão utilizando ar em excesso para minimizar a geração de substâncias nocivas [PRÜSS, 1999].

Esses sistemas, porém, não têm apresentado bons resultados no tratamento dos resíduos em virtude da variação constante nas características dos resíduos, especialmente no teor de sólidos voláteis, poder calorífico e teor de umidade. No Brasil, as várias tentativas de tratar os resíduos em reatores pirolíticos não obtiveram resultados satisfatórios, pois a heterogeneidade dos resíduos torna os reatores extremamente difíceis de serem operados satisfatoriamente, ou, mesmo, é impossível fazê-lo [RIBEIRO FILHO, 2000].

g) Plasma

Este sistema utiliza tocha de plasma, que é um dispositivo que transforma energia elétrica em térmica com alta eficiência de conversão para o tratamento dos resíduos de serviços de saúde [CUNHA, 1997].

O plasma (considerado o quarto estado da matéria) é produzido através da criação de um arco elétrico em uma atmosfera controlada, composta por gás ionizado, formando uma tocha de plasma, que é direcionada para a incineração de resíduos, com temperaturas de operação da ordem de 1600 °C a 4000 °C [BRASIL, 2002]. Como resultado, após o tratamento, resta um resíduo vitrificado e inerte, de altíssima dureza, semelhante a um

mineral de origem vulcânica. Assim como na incineração, nesse processo também há emissões gasosas, exigindo os mesmos cuidados de tratamento.

Segundo o Ministério da Saúde [BRASIL, 2002], em virtude do custo extremamente elevado do equipamento (quando comparado com outras tecnologias, como, por exemplo, a autoclave) e, sobretudo, por causa do grande consumo de energia, essa tecnologia não se tornou economicamente viável.

2.7 SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O futuro reserva aos profissionais que atuam na área da saúde, equipamentos e instrumentos mais sofisticados, bem como responsabilidades adicionais. Dentre outras coisas, esses profissionais deverão estar plenamente conscientes das possibilidades e riscos desses novos recursos, devendo, portanto, examinar cuidadosamente cada risco e determinar a melhor forma de gerenciá-lo.

O gerenciamento de risco é uma das diversas atribuições que o engenheiro clínico deve desempenhar, por meio da gestão da tecnologia médico-hospitalar no ambiente hospitalar. Para atuar de forma eficiente nesse gerenciamento, é necessário conhecer as fontes (agentes potenciais) que podem promover riscos de danos; como lesões às pessoas, danos à equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo, ou redução da capacidade de produção.

Os subprodutos resultantes dos processos de utilização da TMH tais como, rejeitos radioativos, radiações ionizantes, ruídos, substâncias tóxicas entre outros resíduos são fontes potenciais de riscos, principalmente por sua composição peculiar e suas características inerentes. Para a implantação de ações no sentido de controlar os riscos relacionados a esses subprodutos, é fundamental o conhecimento das características dos processos que os produzem, as atividades que contribuem para a sua geração e ao conhecimento das suas características, possibilitando a identificação dos riscos e impactos adversos potenciais. Assim, a engenharia clínica, por meio da GTMH pode fornecer aos tomadores de decisão dos EAS, informações quanto a esses processos para o controle dos riscos.

Para a realização destas ações, é necessário estar atento ao efetivo cumprimento da legislação aplicável, para que, os estabelecimentos de saúde operarem com todas as

licenças legalmente exigíveis. O conhecimento de tais legislações é importante, pois norteiam a elaboração de programas de gerenciamento de resíduos.

Dentro de um sistema de gerenciamento de resíduos, a classificação, estabelecida com base em normas e resoluções, tem por finalidade propiciar o adequado gerenciamento dos resíduos, e é parte integrante da segregação, primeira etapa desse complexo sistema.

O conhecimento de todas as etapas do gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde possibilita ao engenheiro clínico dar o encaminhamento correto das ações, relacionadas aos processos de utilização da TMH e os subprodutos que esses processos geram, com vistas a diminuir os impactos negativos causados pelos subprodutos, tanto à saúde pública, quanto ao meio ambiente. Pois cabe a nós, como cidadãos conscientes e profissionais responsáveis pela preservação da saúde humana, garantir, no mínimo, a sustentabilidade¹⁴ ambiental de nossas atividades.

Assim, o engenheiro clínico possui um papel importante na saúde ambiental e gestão dos resíduos tecnológicos. Por meio da gTMH, o engenheiro clínico pode contribuir na etapa de pré-compra da tecnologia médico-hospitalar, buscando empresas que se preocupam com todo o ciclo de vida da tecnologia e que utilizam processos de baixo impacto ambiental durante a fabricação de seus produtos. Também, o engenheiro clínico pode atuar no período pós-compra, interferindo no processo de uso dessa tecnologia, de modo a torná-lo mais eficiente, minimizando a produção dos resíduos e, proporcionando aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, considerando princípios que levem à reutilização e à reciclagem dos mesmos contribuindo para a sua valorização e a geração de recursos para os EAS.

¹⁴ O termo “sustentabilidade ambiental de nossas atividades” está relacionado ao conceito de desenvolvimento sustentado, que refere-se a um novo padrão de desenvolvimento, no qual o crescimento da economia e a geração de riquezas estão integrados à preservação do meio ambiente e ao manejo adequado dos recursos naturais, assim como ao direito dos indivíduos à cidadania e à qualidade de vida.

3 PROPOSTA DA METODOLOGIA PARA IDENTIFICAR OS IMPACTOS ADVERSOS POTENCIAIS NO AMBIENTE HOSPITALAR DECORRENTES DA UTILIZAÇÃO DA TMH

A metodologia elaborada para identificar os impactos adversos potenciais no ambiente hospitalar, decorrentes dos subprodutos resultante dos processos de utilização da TMH, via gerenciamento por processos, caracteriza-se como uma metodologia que permite definir e analisar o processo de utilização de TMH, fornecendo elementos para a intervenção nesse processo. Com tal intervenção, pode-se melhorar os processos com reavaliações e novas intervenções, de modo que o mesmo, sempre se encontre em um novo ciclo de aperfeiçoamento contínuo e permanente.

Neste capítulo, apresenta-se tal proposta de metodologia, como contribuição ao processo de GTMH em estruturas de engenharia clínica (EEC). Para tanto, a proposta foi estruturada com base no referencial teórico estabelecido no capítulo 2, na representação do sistema de serviços de saúde por meio da teoria geral de sistemas, e na adaptação e modificação para a área da saúde da metodologia gerenciamento por processo.

O sistema¹⁵ de prestação de serviços de saúde pode ser visto como um processo que converte um grupo de "insumos" (necessidades, demanda, recursos, etc.) num grupo de "produtos" ou "resultados" (serviços prestados aos clientes, planos para novos serviços e outros) com sucesso ou fracasso, oferecendo um *feedback* para a realimentação do processo. Pode também ser visto como um sistema aberto uma vez que sofre variadas influências ambientais, socioeconômicas, políticas e tecnológicas [MEZOMO, 1995].

Na proposta da metodologia, é preciso definir termos adicionais que são necessários para representar o sistema de prestação de saúde.

Processo é definido como o conjunto de atividades geradas pelos recursos, que transformam insumos em produtos [PÉRIGO, 1998 apud ZANON, 2001]. É um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos [CAMPOS, 1992 apud ZANON, 2001].

Processo é "qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma um *input* (entrada), adiciona valor a ele e fornece um *output* (saída) a um cliente específico. Os

¹⁵ De acordo com OGATA (1990), "sistema" é uma combinação de componentes que atuam conjuntamente e realizam certo objetivo, não limitado a algo físico, o conceito de sistema pode ser aplicado a fenômenos abstratos e/ou dinâmicos, como os encontrados em economia.

inputs podem ser materiais – equipamentos e outros bens tangíveis –, mas também podem ser informações e conhecimento” [GONÇALVES, 2000].

Segundo OGATA (1990), processo é “uma operação artificial ou voluntária, que evolui progressivamente e que consiste em uma série de ações controladas ou movimentos sistematicamente dirigidos objetivando um resultado ou finalidade particular”.

De acordo com MEZOMO (1995), embora não exista nenhum modelo que possa descrever o complexo conjunto de relações entre a administração da saúde e os muitos outros componentes do sistema de cuidados médicos e de saúde, as funções dentro do sistema podem ser descritas utilizando a teoria geral de sistema: *input-process-output* (entrada, processo tecnológico, saída), apresentado na Figura 2. Tal teoria será empregada para auxiliar na modelagem do sistema de saúde, por meio de representações gráficas que, descrevem os componentes do sistema e as interfaces estabelecidas com os componentes. A representação gráfica é uma das ferramentas utilizadas em “técnicas de análise estruturada”, onde o seu conceito está fundamentado na melhor clareza e facilidade de compreensão do sistema do que se o mesmo fosse descrito textualmente [MARTIN et al., 1991].

Conforme as definições de processo apresentadas anteriormente, neste trabalho o termo “processo tecnológico” foi definido como todo o contexto do serviço prestado, e não apenas o uso do equipamento, onde um conjunto de atividades, de ações, transforma, adiciona valor as entradas, fornecendo saídas. As entradas são recursos materiais, humanos e financeiros; as saídas são os produtos, que podem ser bens e/ou serviços, e os subprodutos são os resíduos tecnológicos.

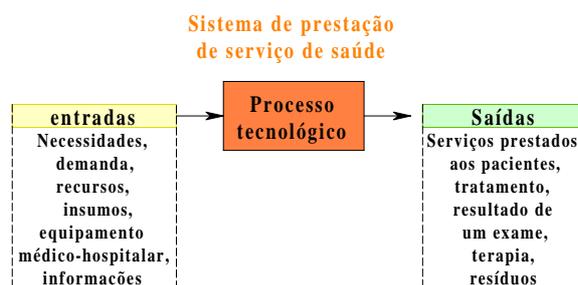


Figura 2 – Representação do sistema de prestação de serviço de saúde através da teoria geral de sistema, modificado de [MEZOMO, 1995] e- [ROTONDARO, 1997]

A TMH faz parte deste sistema complexo e, segundo BESKOW (2001), o processo de gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar (gTMH) em termos funcionais ou operacionais pode ser visto como um sistema que cobre o ciclo de vida completo do EMH,

ficando a cargo da equipe de engenharia clínica (engenheiros e técnicos especializados) seu desenvolvimento.

Um exemplo disso é o processo de gTMH concebido pelo IEB/ UFSC, composto por distintas etapas [BESKOW, 2001]:

- ♣ conhecimento dos recursos tecnológicos;
- ♣ avaliação dos recursos tecnológicos;
- ♣ dimensionamento;
- ♣ identificação das carências;
- ♣ disponibilidade dos recursos;
- ♣ incorporação de recursos tecnológicos;
- ♣ aperfeiçoamento de recursos humanos.

Segundo PÉRIGO (1998) e CAMPOS (1992) (apud ZANON, 2001), o processo pode ser controlado através dos seus efeitos; cada processo pode ter mais de um efeito ou resultado; sempre que algo ocorre, existe um conjunto de causas responsáveis pela ocorrência.

Em busca de atingir o objetivo do trabalho, pretende-se atuar no processo tecnológico no período de utilização¹⁶ do EMH no EAS, buscando identificar os subprodutos gerados: agentes físicos e os resíduos resultantes do processo tecnológico e o impacto adverso potencial que esses trazem para o ambiente hospitalar e, por conseqüência, aos usuários e pacientes.

Na análise proposta, procura-se verificar nos processos tecnológicos as situações /deficiências que geram desperdícios para, então, propor melhorias, gerando, conseqüentemente, redução de custos com energia, insumos, retrabalho. Para identificar os impactos adversos que os subprodutos dos processos tecnológicos causam no ambiente hospitalar, é necessário conhecer os processos tecnológicos e as atividades, que os compõem; só então se poderão identificar os subprodutos que essas produzem e os possíveis fatores que estão influenciando nessa produção.

Para isso, será utilizada a metodologia Gerenciamento por Processo, que, de acordo com ROTONDARO (1997), HARRINGTON (1993), GONÇALVES (2000), LIMA (1998), MECUM (1994), WERKEMA (1996), HARRINGTON (1997) e VARVAKIS et

¹⁶ Nas fases de um ciclo de vida de uma tecnologia médico-hospitalar, a utilização é a etapa do ciclo mais importante, porque nela são recolhidos os benefícios em relação à saúde, são utilizados recursos, é determinada a eficiência da tecnologia e são detectados os riscos. [PANERAI, 1990]

al., (2001), é utilizada para definir, analisar e melhorar continuamente os processos com a finalidade de atingir as condições ótimas para o cliente.

A metodologia Gerenciamento por Processo (GP) é genérica e utilizada para qualquer setor produtivo. Neste trabalho, ela foi adaptada para o setor de saúde e modificada com o intuito de atingir os objetivos do trabalho.

Assim como na indústria de manufatura e de serviços, no setor de saúde, o controle dos processos é essencial para o gerenciamento em todos os níveis, desde a superintendência até o serviço de limpeza do hospital [ZANON, 2001]. Segundo ESTRELLA (1994), é necessário conhecer todas as características dos processos que são os componentes individuais de um gerenciamento de tecnologia médico-hospitalar para definir funções, procedimentos ou políticas que permitam otimizar a gestão particular e que, em suma, possam garantir o bom funcionamento do sistema.

A partir da metodologia Gerenciamento por Processos, o sistema de prestação de serviço de saúde, representado através da teoria geral de sistema, será modelado para que a engenharia clínica através da GTMH conheça as características do processo e identifique os impactos adversos resultantes do uso da TMH nos EAS. De posse desses conhecimentos, a engenharia clínica pode proporcionar a melhoria dos processos, buscando atingir a qualidade para o cliente principal, que é o paciente.

Apresentam-se a seguir vários modelos da metodologia Gerenciamento por Processos, haja vista que os autores que tratam do tema apresentam a aplicação da GP por meio de fases distintas, mas todas avaliam continuamente os processos com a visão no cliente.

HARRINGTON (1993) trata da metodologia Gerenciamento por Processos, todavia denomina-a de “Aperfeiçoamento de Processos Empresariais” (APE). Para ele, o APE é composto de cinco fases, conforme mostrado na Figura 3: Organizando para o Aperfeiçoamento, Entendendo o Processo, Aperfeiçoando, Medições e Controle e Aperfeiçoamento Contínuo.



Figura 3 – As cinco fases do APE [HARRINGTON, 1993]

A fase I – Organizando para o Aperfeiçoamento – tem como objetivo assegurar o sucesso, estabelecendo liderança, entendimento sobre a metodologia e comprometimento da equipe de trabalho.

A fase II – Entendendo o Processo – tem como objetivo propiciar o entendimento dos processos atuais em todas as suas dimensões. Nesta fase são definidas as fronteiras do processo, a visão geral do processo, o diagrama de fluxo das atividades e a visão da organização em fluxos horizontais (processos) de trabalho.

Na fase III – Aperfeiçoamento – são identificadas as oportunidades de aperfeiçoamento com base nos dados da fase anterior, eliminando-se as atividades que não agregam valor, erros e retrabalhos. Nessa fase, são também planejadas ações para transformar as não-conformidades percebidas até então em ações concretas.

Na fase IV – Medição e Controle – é definido e implementado um sistema de controle do processo que possibilite a medição e avaliação do mesmo. São desenvolvidos controles e metas para essa avaliação e também um sistema de *feedback* para acompanhar as modificações implementadas no mesmo.

Na fase V – Aperfeiçoamento contínuo – é implementado um processo de aperfeiçoamento contínuo, quando são definidos e eliminados os problemas do processo, são feitas avaliações periódicas e avaliações comparativas com outros processos.

Segundo ROTONDARO (1997), a metodologia Gerenciamento por Processos é composta por nove fases:

- ♣ identificação do processo;
- ♣ definição do responsável pelo processo;
- ♣ definição das fronteiras do processo;
- ♣ desenho do fluxograma do processo;
- ♣ estabelecimento de indicadores;
- ♣ análise do processo;
- ♣ verificação de indicadores;
- ♣ normatização;
- ♣ melhoria contínua.

Na fase I – Identificação do processo – busca-se identificar o processo a ser melhorado com base na estratégia da organização e nas necessidades do cliente; nesta fase, os processos são definidos.

Na fase II – Definição do Responsável pelo Processo – é estabelecida na organização a responsabilidade pela análise e melhoria do processo. Uma equipe é definida para acompanhar esse desenvolvimento quando necessário.

Na fase III – Definição das Fronteiras do Processo – são definidos os responsáveis pelas entradas dos processos, os fornecedores, e, para cada saída do processo, é identificado o cliente que recebe os produtos e serviços gerados.

Na fase IV – Desenho do Fluxograma do Processo – os subprocessos são modelados, definindo-se as fronteiras entre o cliente e o fornecedor. Todas as análises e decisões dos problemas que ocorrem nas interfaces cliente-fornecedor interno são resolvidas com a visão do cliente final.

Na fase V – Estabelecimento de Indicadores – os indicadores são estabelecidos para medir os resultados das atividades de melhorias, sendo utilizados indicadores que mostram como as necessidades dos clientes estão sendo atendidas e como os processos estão sendo realizados.

Na fase VI – Análise do Processo – as atividades dos processos são analisadas segundo o valor que trazem para o cliente. Além das atividades, tarefas são revistas para que mudanças possam ser implementadas de forma a melhorar os processos.

Na fase VII – Verificação dos Indicadores – após a implantação das modificações, os indicadores são analisados com o objetivo de verificar se o resultado do processo melhorou para a organização e para o cliente.

Na fase VIII – Normatização – as modificações que trouxeram melhorias para o processo são fixadas ou novos procedimentos são estabelecidos.

Na fase IV – Melhoria Constante – última fase do modelo da metodologia GP proposto por ROTONDARO (1997), o processo é analisado novamente, pois ele nunca termina, a melhoria deve ser contínua.

Conforme VARVAKIS et al. (2001), a metodologia GP constitui-se de quatro fases, conforme apresentado na Figura 4.

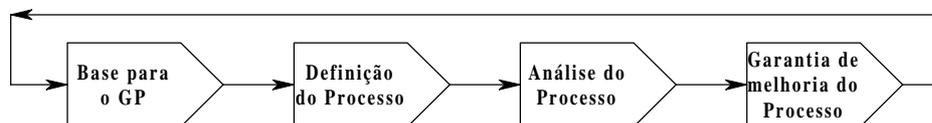


Figura 4 – Etapas da metodologia GP [VARVAKIS et al., 2001]

A fase I – Base para o GP – busca uniformizar conceitos, formar equipes de trabalho e todas as demais ações de preparação para implementação da metodologia.

Na fase II – Definição do Processo – tem-se como objetivo o estabelecimento das fronteiras e a descrição de todos os processos da organização, existindo a necessidade da

orientação horizontal (por processos) e não em grupos funcionais verticais (setores agrupados por semelhança de atividades), ou seja, os processos, informações e produtos fluem na horizontal, ao longo do fluxo de agregação de valor¹⁷, mostrando a ampla perspectiva das funções de cada um e como elas afetam de forma direta ou indireta as funções e processos da organização.

Na visão por processos é possível buscar a otimização dos processos por meio da união de forças de todas as funções ou departamentos relacionados, orientando a produção de um bem ou serviço que satisfaça às necessidades do cliente [LIMA, 1998].

A fase III – Análise do Processo – terceira fase do GP, com base nos dados da segunda fase, possibilita o reconhecimento de oportunidades de melhoria, ou seja, atividades ou subprocessos que podem ser modificados ou, até mesmo, excluídos, a fim de otimizar o processo e promover a agregação de valor [VARVAKIS et al., 2001].

A fase IV – Garantia de melhoria do Processo – quarta fase, planeja ações para transformar as oportunidades de melhoria identificadas na fase anterior em ações concretas. Nessa são definidos os conjuntos de indicadores ou medidas de desempenho, adaptáveis à mudança contínua das necessidades dos clientes, para que o processo seja analisado continuamente.

Propõe-se, com a adoção da base GP, uma ação contínua da engenharia clínica através da GTMH nos processos, a fim de obter melhorias e minimizar as perdas geradas pelo mesmo e a identificação dos subprodutos associados a cada atividade do processo. Neste estudo, desenvolveu-se uma metodologia baseada nas referências apresentadas, buscando alcançar os objetivos do trabalho, cujos passos serão detalhados.

A metodologia proposta neste trabalho seguirá as fases e etapas, como mostram a Figura 5 e o Quadro 1. Combinadas a essa metodologia também serão utilizadas algumas ferramentas de apoio, como mapeamento do processo, fluxogramas e diagrama de Ishikawa e outras que podem ser inseridas dependendo do estudo de caso. No decorrer da descrição da metodologia, essas ferramentas são explicadas e integradas na proposta.

O uso dessas ferramentas da qualidade auxilia os EAS a entenderem seus processos a fim de melhorá-los [MCCLAIN, 1995]. A análise do processo tecnológico poderá

¹⁷ “Agregação de valor” é adição de características ao produto (bem ou serviço), ou seja, transformação da entrada do processo em uma saída (produto) que satisfaz as necessidades do cliente [VARVAKIS et al., 2001].

contribuir no gerenciamento da TMH realizado pela engenharia clínica, como ferramenta de gestão em nível operacional com a supervisão, análise e controle do processo como meta de melhoria da qualidade, buscando o melhor desempenho da TMH e recursos humanos bem treinados. Assim, evita-se o desperdício, pela menor utilização de energia e maior utilização dos materiais disponíveis, e, conseqüentemente, minimizam-se os custos.

Na Figura 5 apresentam-se as cinco fases da metodologia elaborada: base para a metodologia, modelagem do processo tecnológico, análise do processo tecnológico, avaliações do processo tecnológico e aperfeiçoamento contínuo. A implementação da metodologia começa da esquerda, seguindo a direção dos diagramas de blocos e a realização das etapas que compõem cada fase, segundo o Quadro 1.

A Figura 5 mostra que, na fase 5 (Avaliação do processo tecnológico), pode ser necessária a realização de iterações com a fase 2 (Modelagem do processo tecnológico) a fim de serem obtidas informações adicionais para a avaliação.

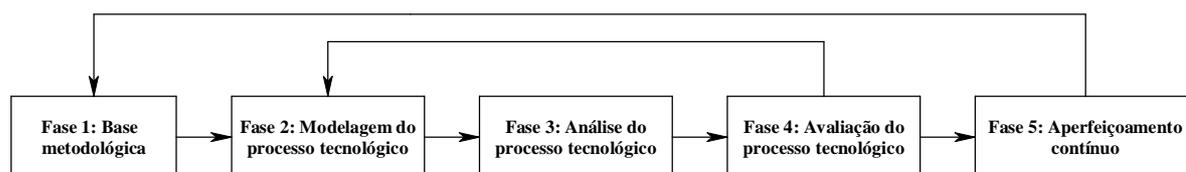


Figura 5 – Fases da metodologia proposta no trabalho, modificado de [ROTONDARO, 1997; HARRINGTON, 1993; VARVAKIS et al., 2001]

O Quadro 1 apresenta a etapas que compõe cada fase da metodologia proposta, apresentada no diagrama de blocos na Figura 5.

Já, na fase 5 (aperfeiçoamento contínuo), as informações levantadas são agregadas à fase 1, formando uma base de informações. O processo tecnológico, nesta fase, pode ser novamente analisado, constituindo-se, assim, numa metodologia cíclica, onde as informações agregadas à fase 1 são utilizadas em cada análise, em busca da melhoria contínua.

Quadro 1 – Descrições das etapas da metodologia proposta, modificado de [ROTONDARO, 1997; HARRINGTON, 1993; VARVAKIS et al., 2001]

Fase 1: Base metodológica	Fase 2: Modelagem do processo tecnológico	Fase 3: Análise do processo tecnológico	Fase 4: Avaliação do processo tecnológico	Fase 5: Aperfeiçoamento Contínuo
<p>Etapa 1.1 - Entendimento dos conceitos de qualidade para os EAS</p> <p>Etapa 1.2 - Entendimento do macroprocesso tecnológico</p> <p>Etapa 1.3 - Entendimento das necessidades dos clientes externos.</p> <p>Etapa 1.4 - Entendimento do conceito Cliente, Fornecedor</p>	<p>Etapa 2.1 - Definir o objetivo do processo</p> <p>Etapa 2.2 - Identificar os profissionais que fazem parte do processo tecnológico</p> <p>Etapa 2.3 - Definir as fronteiras do processo</p> <p>Etapa 2.4 - Desenvolver uma visão geral do processo e subprocessos</p> <p>Etapa 2.5 - Identificar os recursos envolvidos (entradas) em cada subprocesso</p> <p>Etapa 2.6 - Identificar os Clientes e Fornecedores dos subprocessos</p> <p>Etapa 2.7 - Identificar as saídas: produtos e subprodutos (resíduos e agentes físicos) do processo e seus subprocessos</p> <p>Etapa 2.8 - Detalhamento do fluxo de cada subprocesso analisado</p>	<p>Etapa 3.1 - Identificar as oportunidades de aperfeiçoamento: erros e retrabalhos; atividades que não agregam valor alto custo; qualidade deficiente; grandes atrasos; acúmulo de serviços.</p> <p>Etapa 3.2 - Identificar as possíveis causas que poderiam minimizar a produção de subprodutos (agentes físicos e resíduos)</p> <p>Etapa 3.3 - Utilizar ferramentas de qualidade para analisar as oportunidades e causas identificadas</p> <p>Etapa 3.4 - Estabelecer um sistema de feedback para acompanhamento do processo (indicadores)</p>	<p>Etapa 4.1 – Avaliar os parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos</p> <p>Etapa 4.2 - Classificar os subprodutos identificados de acordo com as normas</p> <p>Etapa 4.3 - Identificar quais subprocessos produzem resíduos que poderiam ser reciclados e reutilizados</p> <p>Etapa 4.4- Indicar qual impacto adverso potencial está associado a esses resíduos</p>	<p>Etapa 5.1 – Sugerir ações para realizar os 3Rs para a melhoria contínua</p> <p>Etapa 5.2 –Estabelecer avaliações comparativas a outros processos</p> <p>Etapa 5.3- Desenvolver o plano de ação</p> <p>Etapa 5.4 - Auditar o processo periodicamente</p>

3.1 FASE 1: BASE METODOLÓGICA

A fase 1 – base metodológica – é composta de quatro etapas, de acordo com o Quadro 1, conforme detalhadas a seguir. Nesta fase, busca-se o conhecimento e entendimento de elementos que serão necessários para a implantação da metodologia no processo tecnológico em estudo. Também, almeja-se nesta fase, formar a equipe de trabalho que irá auxiliar ao engenheiro clínico na aplicação das fases da metodologia proposta e, todas as demais ações de preparação para tal implantação.

Todo o esforço para a aplicação da metodologia precisará ser gerenciado, coordenado e controlado. Qualquer conflito na equipe de trabalho deve ser resolvido e as prioridades estabelecidas. Essa é a parte mais crítica dentro do esforço total e, deve convencer a todos do grupo a se comprometer com esse esforço [HARRINGTON, 1993].

3.1.1 Etapa 1.1: Entendimento de conceitos da qualidade para a organização.

Nesta etapa, é definido o que é qualidade para os EAS. Busca-se conhecer e uniformizar conceitos do processo tecnológico em estudo para a implementação da metodologia. Sua duração será maior ou menor, de acordo com o nível do EAS. Segundo VARVAKIS et al. (2001), organizações onde já existe a cultura de formação de grupos de trabalho, ou que já adotem programas de qualidade ou melhoria contínua, terão o tempo para esta fase inicial reduzido. A busca desses conhecimentos deve ser realizada em regulamentações, referências bibliográficas, fabricantes ou processos de outros EAS que trazem requisitos, ações e/ou procedimentos que proporcionem a melhoria da qualidade do processo em estudo.

O conceito de qualidade, para SCHECKLER, é “qualidade não é uma nova filosofia gerencial, é uma nova filosofia de vida, uma nova postura comportamental, não somente para produzir mais, porém melhor, com menor custo, menor desperdício, menos retrabalho” [SCHECKLER, 1996 apud ZANON, 2001].

De acordo com MEZOMO (1995), o grande mestre da qualidade em saúde, “Avedis Donabedian” define a "qualidade" como:

"uma propriedade da atenção médica que pode ser obtida em diversos graus ou níveis. Esta propriedade pode ser definida como a obtenção dos maiores benefícios, com os menores riscos para o paciente, benefícios estes que, por sua vez, se definem em função do alcançável de acordo com os recursos disponíveis e os valores sociais existentes".

Para GALEANO (1999) e BESKOW (2001), a engenharia clínica adota o conceito de qualidade definido por JURAN (1990), que considera qualidade como sendo a “adequação ao uso”, ou seja, o usuário de um produto ou de um serviço pode contar com ele para o que necessita ou quer realizar. Esse processo é desenvolvido à partir de um gerenciamento contínuo baseado em três pilares: planejamento, controle e melhoria.

Neste trabalho, o objetivo vem ao encontro com as definições citadas, uma vez que a metodologia propõe a análise dos subprocessos, viabilizando ações proativas que visam identificar os impactos adversos potenciais e os riscos que estes apresentam para os pacientes e/ ou usuários. Buscando assim, um produto/ serviço de qualidade, suscetível à melhoria contínua, com a segurança dos atores envolvidos, o melhor desempenho da tecnologia, a identificação de carências, a redução dos erros de operação e defeitos dos equipamentos.

3.1.2 Etapa 1.2: Entendimento do macroprocesso tecnológico.

Macroprocesso é um processo que geralmente envolve mais de uma função da organização, cuja operação tem impacto significativo nas demais funções. Nos EAS, processos podem ser: atendimentos de emergência, processo de vacinação, contratação de pessoal, processos cirúrgicos, entre outros [BRASIL, 2002].

Processo tecnológico é todo o contexto do serviço a ser prestado que envolve a utilização de equipamento médico-hospitalar: processos de diagnóstico, terapia, tratamento e outros.

Dependendo da complexidade, o processo pode ser dividido em subprocessos, que são divisões do processo com objetivos específicos, organizados seguindo linhas funcionais. Os subprocessos recebem entradas e geram suas saídas em um único departamento. Os subprodutos podem ser divididos nas diversas atividades que os compõem e num nível mais detalhado em tarefas (procedimentos operacionais). A Figura 6 mostra uma representação da hierarquia de um processo.

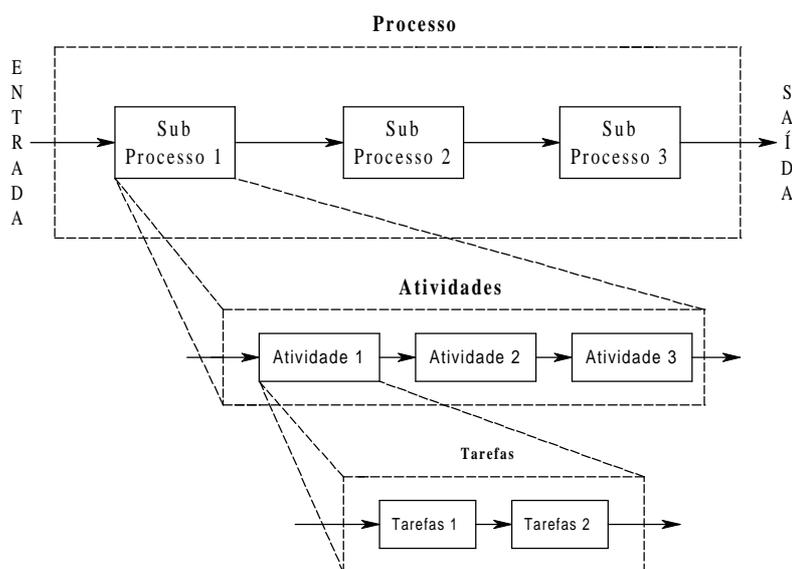


Figura 6 – Hierarquia do processo [HARRINGTON, 1993]

No diagrama de blocos de um processo, cada bloco representa um subprocesso; no diagrama de blocos de um subprocesso, cada bloco representa uma atividade e, no diagrama de blocos da atividade, cada bloco representa uma tarefa.

Nessa etapa, busca-se ainda o conhecimento do processo tecnológico a ser analisado por meio da caracterização do EAS, além de algumas informações sobre o município onde se localiza, as quais ajudam a entender a demanda do hospital frente a sua

localização. É fundamental identificar as características operacionais do processo tecnológico e do EAS, pois a quantidade de resíduo tecnológico varia conforme a capacidade do processo gerador. Também é necessário identificar seus diferentes indicadores, como capacidade operacional, leitos disponíveis, pois possibilita identificar carências ou desperdícios nas unidades ou serviços nas quais o processo tecnológico analisado se encontra. Para essas análises, sugere-se que os formulários I e II, apresentados nos Anexos I e II, sejam utilizados.

3.1.3 Etapa 1.3: Entendimento das necessidades dos clientes externos.

No estabelecimento de saúde, o cliente externo do processo (cliente principal) é o paciente, mas os funcionários da área médica e funcionários de outras áreas podem ser considerados como clientes internos dos subprocessos. Sejam internos e/ ou externos, eles são o objetivo final do processo.

Segundo ALMEIDA (1995), o objetivo maior é a satisfação do cliente externo (pacientes), porém ressalta que, para tanto, torna-se necessário promover também a satisfação dos clientes internos (profissionais da saúde). É importante, então, fazer a pergunta: o que os clientes externos esperam da saída do processo (requisitos)?

3.1.4 Etapa 1.4: Entendimento do conceito Cliente, Fornecedor.

Os fornecedores são os responsáveis pelas entradas e devem atender às especificações do processo. As especificações são padrões ou características de qualidade exigidas pelo processo. Os fornecedores podem ser: subprocessos, fabricantes, setores ou até outros processos do EAS.

Clientes internos e/ ou externos são o objetivo final do processo; são eles que recebem as saídas: os produtos (bens ou serviços) do processo.

O reconhecimento dos fornecedores/ clientes e de suas relações é importante e justifica-se pelo fato de, na fronteira dos processos (no contato entre um subprocesso e seu cliente interno), normalmente serem encontradas oportunidades de melhorias significativas [VARVAKIS et al.,1998].

3.2 FASE 2: MODELAGEM DO PROCESSO TECNOLÓGICO

A fase 2 – Modelagem do processo tecnológico – é composta de oito etapas, que serão detalhadas a seguir. Nesta fase, o processo tecnológico é modelado; é realizada com o auxílio de formulários específicos que são sugeridos durante a execução das etapas.

Na modelagem do processo, é necessário o seu mapeamento, obtendo informações sobre o processo atual, e a descrição das funções por ele desempenhadas, assim, tem-se a definição dos subprocessos e suas atividades. É necessário buscar nos processos os requisitos do cliente, tanto o externo quanto o interno, pois os processos e suas melhorias deverão ser orientados pelos clientes externos. No contexto em estudo, o cliente externo principal é o paciente.

3.2.1 Etapa 2.1: Definição do objetivo do processo.

É fundamental que processo tenha seu objetivo claramente definido para que os integrantes da organização entendam qual é seu foco de ação.

3.2.2 Etapa 2.2: Definição dos profissionais que fazem parte de todo o processo tecnológico.

Descreve todos os profissionais envolvidos no processo tecnológico, como equipe de enfermagem, equipe administrativa, equipe médica, dentre outros. Nesta etapa, também são definidos o coordenador e as pessoas que farão parte do grupo de estudo e que ajudarão na realização das etapas seguintes. São necessárias pessoas que conheçam o processo – equipes interfuncionais –, pois o processo interpenetra diversas funções, podendo conter também especialistas externos ao EAS. Nessa etapa, preenche-se o cabeçalho do formulário III da Figura 7.

3.2.3 Etapa 2.3: Definição das fronteiras do processo.

Na identificação do processo tecnológico a ser analisado, é necessário, primeiramente, definir os limites do processo: onde começa e onde termina. Pode ocorrer que o processo analisado seja um subprocesso de um outro mais amplo [MECUN, 1994], [HARRIGTON, 1997]. Essa é uma das primeiras tarefas, sendo mais difícil do que parece haja visto que diferentes pessoas envolvidas no mesmo processo vêm-no de maneiras muito distintas [HARRIGTON, 1997].

O processo pode limitar-se a um departamento da organização, ou ultrapassar seus limites departamentais, porém toda atividade deve se repetir ao longo do tempo, e todas as atividades executadas devem ser associadas a um processo [LIMA, 1998].

3.2.4 Etapa 2.4: Desenvolvimento de uma visão geral do processo e subprocesso.

Nessa fase, é utilizado um diagrama de blocos, que é um fluxograma simples, mas que fornece uma visão rápida e simples do processo [HARRINGTON, 1993], conforme apresentado no formulário III da Figura 7. Na confecção do diagrama que representa o processo tecnológico, cada bloco deve ser definido com o mínimo possível de palavras para não "poluir" o diagrama com excesso de informações. Nesta etapa, definem-se os subprocessos que fazem parte do processo tecnológico em estudo.

Segundo MECUN (1994), a identificação do processo começa por definir quais são as entradas, os fornecedores, as atividades que o processo executa, saídas e os clientes (Figura 7).

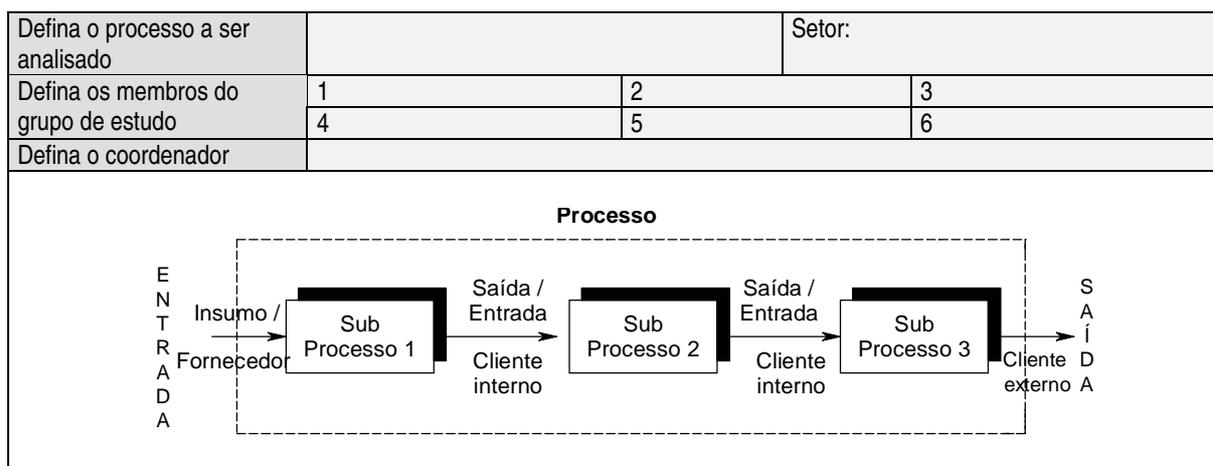


Figura 7- Formulário III: visão macro do processo, modificado de [MECUN, 1994]

De acordo com SLACK et al. (1997), três tarefas estão envolvidas na formulação do modelo entrada-saída:

- identificar as entradas e saídas do processo;
- identificar as fontes de entradas e as destinações das saídas;
- esclarecer os requisitos dos consumidores internos, que são servidos pelos *outputs* do processo, e esclarecer que requisitos o processo tem para os fornecedores que suprem o processo de inputs.

3.2.5 Etapa 2.5: Definição dos recursos envolvidos (entrada) em cada subprocesso.

Nessa fase são definidas as entradas. Para MECUN (1994), as entradas, são tudo aquilo que se utiliza para a realização do processo e que é necessário para que haja a realização das atividades: informações necessárias ao processo, materiais necessários (produtos farmacêuticos), pessoas que tomam parte do processo (recursos humanos), instalações adequadas e equipamentos médico-hospitalares utilizados no processo.

3.2.6 Etapa 2.6: Definição dos Fornecedores e Clientes dos subprocessos.

Os fornecedores são responsáveis pelas entradas citadas na fase anterior. Os clientes internos ou externos são o objetivo final do processo.

3.2.7 Etapa 2.7: Definição das saídas, produtos e subprodutos do processo e dos subprocesso tecnológico.

Os produtos são os bens ou serviços, saídas desejáveis do processo: tratamentos, terapias, resultados de exames médicos, pesquisa médica e procedimentos médicos. Os subprodutos são os resíduos e agentes físicos, saídas indesejáveis do processo. Procurou-se também incluir na análise o EMH como um resíduo ao final do seu ciclo de vida, quando é descartado.

Na Figura 8, sugere-se que o formulário IV seja utilizado para auxiliar na sistematização das informações levantadas nas etapas 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7.

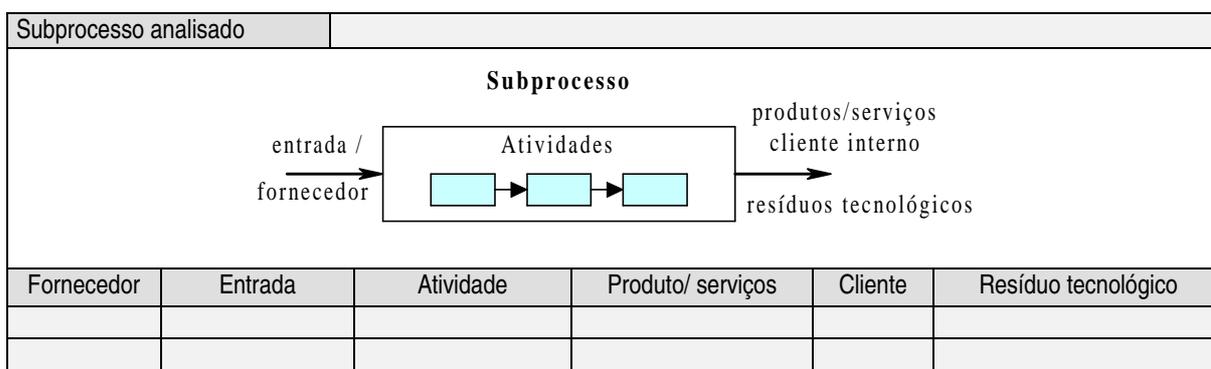


Figura 8 - Formulário IV – Mapeamento do processo

Para cada subprocesso, definido no formulário III (Figura 7), que integra o processo tecnológico são realizadas análises separadas, conforme o formulário IV (Figura 8). As informações são preenchidas no formulário da seguinte forma: nome do subprocesso

analisado; atividades realizadas, entrada/ fornecedor, produto e cliente do subprocesso. Para cada atividade preenchida do subprocesso, têm-se entradas nas quais existem fornecedores associados; como resultado da atividade, têm-se produtos/ serviços que vão para um dado cliente e também, resíduos tecnológicos que podem ser gerados.

A subdivisão do processo é feita com o objetivo de facilitar o gerenciamento e permitir o controle sistemático em separado de cada um deles e, dessa maneira, controlá-los de forma mais eficiente [ZANON, 2001].

3.2.8 Etapa 2.8: Detalhamento do fluxo de cada subprocesso analisado.

Após a construção do formulário IV, deve-se também fazer uso de fluxogramas para descrever a seqüência das atividades. O fluxograma pode levar à compreensão e à melhoria de um processo. O detalhamento vai depender do nível de aprofundamento que se pretende atingir, na análise do processo.

O fluxograma dá uma compreensão detalhada das partes do processo no qual algum tipo de fluxo ocorre. Registra estágios na passagem de informações, produtos, trabalho ou consumidores –qualquer coisa que flua através da operação (SLACK et al., 1997).

Para a construção de fluxogramas, são adotados os símbolos apresentados na Figura 9, que caracterizam cada passo do processo.

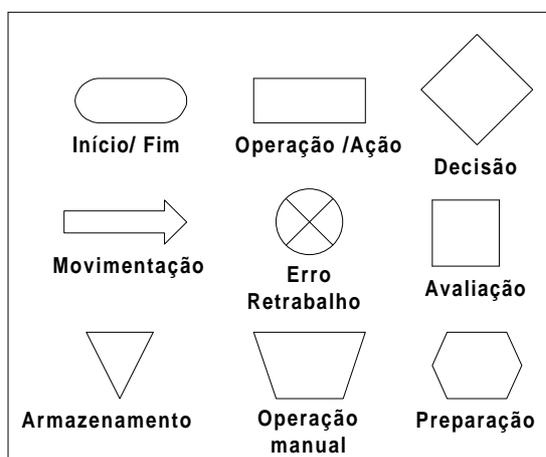


Figura 9 – Símbolos para representar o processo [DE OLIVEIRA, 1996]

Assim como na descrição do processo, na elaboração de um bom fluxograma convém utilizar grupos de pessoas para que realmente se tenha uma boa visualização das diversas etapas que compõem um determinado processo. Para isso, é necessário consultar todas as pessoas envolvidas no processo.

3.3 FASE 3: ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO

A fase 3 – Análise do processo tecnológico – é composta de quatro etapas que serão detalhadas na seqüência. Nesta fase, o processo tecnológico é analisado segundo as informações obtidas na Fase 2, com o intuito de levantar as oportunidades de melhorias do processo.

O processo é controlado através dos seus efeitos. Cada processo pode ter mais de um efeito. Para que se possa gerenciar de fato cada processo, é necessário avaliar seus efeitos [CAMPOS, 1992 PÉRIGO, 1998 apud ZANON 2001].

No trabalho, o resultado analisado será a produção de resíduos tecnológicos e as possíveis causas que podem influenciar na sua produção, além do impacto adverso que este resíduo causa no ambiente hospitalar.

Estudos de utilização de tecnologias têm pouca assistência de investigadores e não se dispõe de dados exatos para a maior parte dos procedimentos especialmente nos países em desenvolvimento [PANERAI, 1990]. Assim, por meio da análise dos processos tecnológicos, o trabalho almeja contribuir com o estudo dos processos de utilização da TMH.

3.3.1 Etapa 3.1: Identificar as oportunidades de aperfeiçoamento: erros e retrabalhos, atividades que não agregam valor, alto custo, qualidade deficiente, grandes atrasos, acúmulo de serviços.

Para remover o desperdício do processo atual e, ao mesmo tempo, reduzir o tempo do ciclo e melhorar a eficácia do processo, é necessário que se analise o processo, buscando:

- ♣ otimização da burocracia;
- ♣ avaliação do valor agregado a cada atividade;
- ♣ eliminação da duplicação de tarefas;
- ♣ simplificação;
- ♣ redução do tempo (do ciclo de cada operação);
- ♣ verificação de erros;
- ♣ atualização do processo;
- ♣ linguagem simples;
- ♣ padronização;

- ♣ parceria com os fornecedores internos;
- ♣ computadorização e tecnologia da informação.

3.3.2 Etapa 3.2: Identificar os parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos (agentes físicos e resíduos).

O controle do processo baseia-se em uma relação de causa-efeito. Sempre que algo ocorre (efeito), existe um conjunto de causas responsáveis pela ocorrência. [ZANON, 2001]. Portanto, controlar um processo é controlar a sua causa. Para minimizar a produção de subprodutos (efeitos), é preciso identificar as atividades (causas) que contribuem para sua geração.

3.3.3 Etapa 3.3: Utilizar ferramentas de qualidade para analisar esses parâmetros.

SLACK et al. (1997) e MCCLAIN (1995) apresentam o diagrama de causa-efeito (que também é conhecido como diagrama de “espinha de peixe” e “diagrama Ishikawa”) como um método particularmente efetivo para ajudar a pesquisar as raízes de problemas ou oportunidades. A seguir, apresenta-se o procedimento para se desenhar um diagrama de causa-efeito (Figura 10).

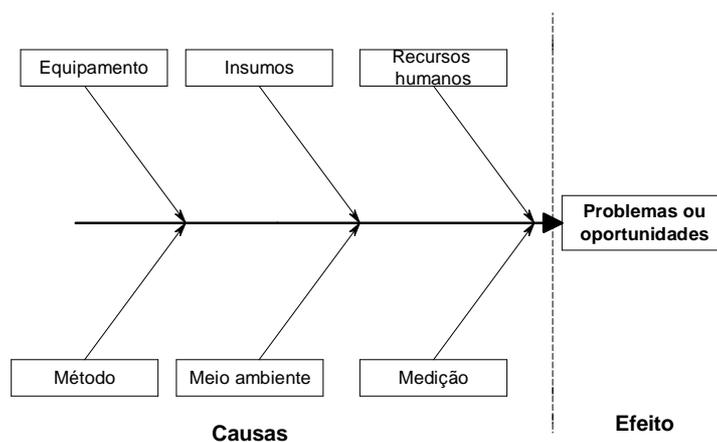


Figura 10 - Diagrama de causa-efeito [ISHIKAWA, 1997]

- Coloque o efeito a ser investigado na caixa de “efeito”;
- Identifique as principais categorias para causas possíveis do efeito. Apesar de qualquer categorização poder ser utilizada para os ramos centrais do

diagrama, cinco categorias são comumente usadas: equipamento, recursos humanos, materiais, métodos e procedimentos e dinheiro;

- Use a busca sistemática de fatos e discussão em grupos para gerar possíveis causas sob essas categorias. Qualquer fator que possa resultar em um efeito que está sendo considerado deveria ser listada como causa potencial;
- Registre todas as causas potenciais no diagrama sob cada categoria e discuta cada item para combinar e esclarecer as causas.

Segundo BRASIL (1995), buscar constantes investimentos nos processos e na avaliação dos mesmos, visando alcançar resultados melhores e mais consistentes, é vital para qualquer organização. A redução de erros de operação e de defeitos dos equipamentos é um tipo de melhoria. A melhoria contínua dos processos deve ser alcançada criando-se agilidade e eficiência na solução de seus problemas, bem como criando uma base quantitativa para avaliação dos subprocessos instituídos e para o fornecimento de informações a futuros ciclos de melhoria dos padrões implantados.

Atividades como treinamento aos usuários, ensaio de funcionalidade são tipos de melhoria que a engenharia clínica faz através da GTMH, mas também é necessário que se analise constantemente o processo de utilização do EMH, porque o resultado final não depende apenas do desempenho deste.

3.3.4 Etapa 3.4: Estabelecer um sistema de *feedback* para acompanhamento do processo.

Estabelecer respostas para os fornecedores internos dos subprocessos, sobre como as saídas estão sendo produzidas para os clientes, ou seja, cada pessoa que recebe uma saída deve oferecer *feedback* positivo ou negativo e sugestões construtivas à pessoa ou às pessoas que oferecem esta saída (produto, serviço ou subproduto), como, por exemplo, como estão sendo gerados os resíduos. Nessa etapa, indicadores podem ser estabelecidos junto a outros processos, fabricantes ou outros para serem comparados com as saídas dos processos.

3.4 FASE 4: AVALIAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO

A fase 4 – Avaliação do processo tecnológico – é composta por quatro etapas conforme apresentadas a seguir. Nesta fase, são avaliados os parâmetros levantados na fase 3, que podem minimizar a produção de subprodutos e, assim, diminuir o impacto adverso potencial.

Nesta fase, deve-se estabelecer uma comparação dos parâmetros levantados, com os melhores processos existentes, buscando, então, um desempenho superior baseado nas necessidades e exigências dos clientes internos e externos.

Também nesta avaliação integram-se ações voltadas para a melhoria do desempenho ambiental dos processos tecnológicos, almejando o mínimo de impacto na saúde dos profissionais da saúde e no meio ambiente.

3.4.1 Etapa 4.1: Avaliar os parâmetros que poderiam minimizar a produção de subprodutos.

Os parâmetros levantados na fase anterior são avaliados e comparados com normas, regulamentações ou sugestões de fabricantes para levantar as não-conformidades do processo tecnológico analisado. As não-conformidades são identificadas para que ações possam ser planejadas visando propor a gestão do processo em sua visão otimizada em custo, segurança, saúde do trabalhador, proteção e bom atendimento aos pacientes, clientes internos e outros.

3.4.2 Etapa 4.2: Classificar os subprodutos identificados de acordo com as normas.

O resíduo tecnológico será classificado conforme definido anteriormente para se identificar o impacto adverso que este causa no ambiente hospitalar.

Após a identificação do resíduo tecnológico, é realizado o agrupamento dos tipos de resíduos gerados por cada subprocesso com o auxílio do Quadro 2.

Nessa etapa, os equipamentos médicos hospitalares também são analisados, mesmo os que ainda não foram descartados (não atingiram o final do seu ciclo de vida), de modo a ampliar a análise até esses elementos, sendo considerados como resíduos tecnológicos potenciais.

Quadro 2- Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso, modificado de BRASIL (2002)

IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS NO PROCESSO			
Subprocesso	Resíduos sólidos	Resíduos líquidos	Resíduos gasosos
Listar os subprocessos que geram os resíduos tecnológicos.	Descrever os resíduos sólidos gerados em cada um do subprocesso listado.	Descrever os resíduos líquidos resultantes do subprocesso.	Descrever as emissões gasosas geradas em cada um dos subprocessos.
1 -			
2 -			

Se considerada a classificação estabelecida pela resolução nº 33 [ANVISA, 2003a], percebe-se que os equipamentos médico-hospitalares não foram citados. No escopo deste trabalho, sentiu-se a necessidade de que fossem analisados e agregados a essa resolução esse itens.

Os estabelecimentos assistenciais de saúde passaram por uma enorme evolução, especialmente nas últimas cinco ou seis décadas, devido ao desenvolvimento da ciência médica [BRASIL, 2002], que fornece a cada dia novas tecnologias para diagnóstico e tratamento. Assim, sua análise é importante, pois novos materiais, substâncias e equipamentos são agregados, refletindo-se na composição dos resíduos gerados, tornando-os mais complexos e, em alguns casos, mais perigosos para o homem e para o meio ambiente.

A pesquisadora também sentiu necessidade de analisar os agentes físicos, que são os itens do Quadro 3, e agregá-los nos resíduos tecnológicos, pois são encontrados com frequência no ambiente hospitalar, e muitos desses decorrentes do uso dos EMH [BRASIL, 1995]. O agrupamento dos tipos de agentes físicos gerados por cada subprocesso será realizado com o auxílio do Quadro 3.

Quadro 3- Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso

IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS NO PROCESSO						
Subprocesso	Ruído	Vibrações	Radiações ionizantes	Radiações não ionizantes	Temperatura anormal	Umidade
Listar os subprocessos que geram os resíduos tecnológicos.	Preencher na lacuna o respectivo resíduo tecnológico existente no subprocesso analisado e qual a sua procedência					
1 -						
2 -						

Na classificação da resolução nº 33 da Anvisa [ANVISA, 2003a] presente no Quadro 4, os itens do Quadro 3 não se enquadram nos cinco grupos distintos (A, B, C, D e E) estabelecidos, pois, para eles, são definidas determinadas técnicas de manipulação e tratamento específicas que foram apresentadas no capítulo 2 item 2.5. Para os resíduos do Quadro 3, o tratamento é a sua prevenção e/ou controle.

Depois de conhecido o resíduo tecnológico gerado em cada subprocesso, é necessário classificá-los de acordo com os quatro grupos (A, B, C, D e E) da resolução da Anvisa. Assim o Quadro 4 é preenchido. A identificação e a classificação fazem parte da segregação, etapa que contribui para a realização dos 3 Rs e para o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde [OROFINO, 1996], [RIBEIRO FILHO, 2000], [BRASIL, 2002], [ANVISA, 2003a], [CONAMA, 1993], [BRASIL, 2000], [PRÜSS, et al., 1999], [OPAS, 1997] e [SILVA, 2000].

Quadro 4– Classificação dos resíduos, modificado de [BRASIL, 2002], [BRASIL, 2000].

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO DA ANVISA													
Subprocesso	Resíduo Tecnológico	Grupo					Estado Físico			Reciclar		Reutilizar	
Escrever o subprocesso analisado	Escrever o resíduo em análise	A	B	C	D	E	S	L	G	S	N	S	N
		Marcar com X o Grupo a qual pertence					S – Sólido L – Líquido G – Gasoso			Marcar com X se é possível reciclar		Marcar com X se é possível reutilizar	
1 -													
2 -													
A, B, C, D e E – Classificação dos resíduos segundo a resolução da ANVISA [ANVISA, 2003a]													

3.4.3 Etapa 4.3: Identificar os subprocessos que produzem resíduos que poderiam ser reciclados e reutilizados.

No Quadro 4, também são indicados em cada subprocesso os resíduos que podem ser reciclados e reutilizados. A prática da reutilização no ambiente hospitalar do Brasil e no exterior é uma realidade. Os produtos médicos passíveis de reutilização são especificados pela consulta pública nº 98, de 06 de dezembro de 2001 [ANVISA, 2001b].

No trabalho não serão definidos métodos de tratamento para os resíduos tecnológicos; o capítulo 2, no item 2.6.5, apenas fará uma breve apresentação das tecnologias comumente utilizadas para o tratamento de resíduos, mas é importante lembrar que, se o resíduo for reciclável, mas estiver contaminado com agente biológico, é

necessário, primeiro, passar por um sistema de tratamento para eliminar as características de periculosidade do resíduo para, depois, encaminhá-lo para reciclagem, no caso de a reutilização passar por um processo de esterilização, ou avaliar a relação risco-benefício para saber se vale a pena fazê-los.

3.4.4 Etapa 4.4: Indicar o impacto adverso potencial que está associado a esses resíduos tecnológicos.

No Quadro 5 são levantados os tipos de risco associados (risco físico, químico e biológico) aos resíduos identificados nos subprocessos e o efeito adverso que está relacionado a esses, para, assim, indicar o possível impacto adverso para o ambiente hospitalar e ou usuário/ paciente.

Quadro 5– Levantamento do efeito adverso relacionado a cada resíduo

Subprocesso	Tipo de resíduo	Tipo de Risco			Efeito adverso
		F	Q	B	

Segundo KATZ (apud ANTUNEZ, 2000), os componentes dos quais depende a segurança são a probabilidade de ocorrer uma falha (confiabilidade) e os riscos inerentes à operação e funcionamento do equipamento. Por isso, para garantir a segurança no ambiente hospitalar, é necessário conhecer os efeitos adversos associados aos resíduos tecnológicos, pois estes fazem parte do processo de uso da TMH e podem causar impactos. A maneira como esses resíduos estão sendo manipulados e sua disposição final também deverão ser levados em consideração, pois essas ações poderão potencializar o risco inerente a esses resíduos. O seu conhecimento também é necessário para identificar o possível impacto com o qual está relacionado.

Para realizar todas as etapas desta fase, algumas informações poderão estar presentes nos processos tecnológicos realizados na rotina e que ainda não foram identificados. Nessa fase, é importante sempre voltar à fase 2 para uma reavaliação do processo tecnológico para a busca de novas informações.

3.5 FASE 5: APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO

A fase 5 – Aperfeiçoamento contínuo – é composta por quatro etapas, conforme detalhadas a seguir. Nesta fase, sugestões são apontadas para que, melhorias no processo possam ser alcançadas.

Para tais sugestões, ações deverão ser planejadas para transformar estas oportunidades de melhorias em ações concretas. Para tanto, devem-se estabelecer comparações entre o executado e o projetado, oferecendo um feedback imediato aos executores e estabelecendo um nível de desempenho para as atividades que serão avaliadas logo após a execução.

Para esta fase, é necessário o envolvimento de todos os membros do processo na solução e, no encontro de medidas que venham a melhorar o desempenho do processo.

3.5.1 Etapa 5.1: Sugerir ações para realizar os 3 Rs para a melhoria contínua.

Como nem sempre é possível eliminar o resíduo tecnológico, é necessário que o impacto seja minimizado, o que é possível pela aplicação do princípio dos 3 Rs (reduzir - reutilizar - reciclar) [BRASIL, 2002]. Para que o princípio seja aplicado, é necessário conhecer as atividades e identificar formas de aplicá-lo, conforme o Quadro 6, onde constam as ações para os subprocessos analisados.

Quadro 6- Levantamento das ações para realizar o princípio dos 3 Rs, modificado [BRASIL, 2002]

	PROCESSO	AÇÃO
REDUZIR	Escrever o subprocesso de atuação.	Lista as ações para a redução do consumo de água e energia, materiais de alto risco e geração de resíduos.
REUTILIZAR		Listar ações para a reutilização de materiais evitando a necessidade de descarte e reciclagem
RECICLAR		Listar as ações necessárias para otimizar o sistema de reciclagem do EAS, tais como segregação, coleta, parcerias com empresas que façam uso dos materiais reciclados.

No Quadro 7, são levantadas medidas para que se diminuam e/ ou atenuem os resíduos tecnológicos (agentes físicos) levantados no Quadro 3, da etapa 4.2.

Quadro 7- Levantamento de medidas para controlar a produção de resíduos

RESÍDUOS TECNOLÓGICOS		
Subprocesso	Resíduo tecnológico	Controlar o resíduo
Escrever o subprocesso analisado	Descrever o resíduo em análise	Adotar medidas técnicas, administrativas, preventivas ou corretivas de diversas naturezas, que tendem a eliminar ou atenuar os agentes
1 -		
2 -		

3.5.2 Etapa 5.2: Estabelecer avaliações comparativas com outros processos ou padrões.

No processo tecnológico, é importante que seu desempenho não seja medido somente na saída, quando o resíduo já foi produzido e pode ser tarde demais, restando apenas a alternativa do seu tratamento.

A avaliação dos impactos apenas nas etapas finais do processo acarreta em dificuldade e custo das ações corretivas sejam muito maiores [VARVAKIS, 1998]. Devem-se definir pontos de medição nas atividades próximos aos locais da geração. Os padrões deverão ser estabelecidos mediante normas, legislações, pesquisa na literatura, consulta a fornecedores, entre outros. O cliente determina o padrão mínimo, enquanto o possível será determinado pelas condições da organização.

3.5.3 Etapa 5.3: Desenvolver o plano de ação.

Posteriormente à identificação das ações para melhoria do processo, é necessário organizá-las de forma que possam ser implementadas e acompanhadas. Segundo VARVAKIS et al (1998), a ferramenta utilizada para organizar estas informações é o plano de ação. Este último deverá responder algumas perguntas básicas, ou o ‘SW3H’. O significado de cada W e H são apresentados no Quadro 8.

Segundo VARVAKIS et al. (2001), dependendo da aplicação, nem todas as perguntas do Quadro 8 são necessárias e em, alguns casos poderão ser incluídas outras questões que auxiliem na implementação das ações. É importante ressaltar que a ação deve ser financeiramente viável, os prazos realistas e, os responsáveis pela implementação devem ser capacitados. Além disso, o plano de ação deve ser elaborado em conjunto com outras áreas, para que a ação proposta seja passível de implementação.

Quadro 8 – Estrutura de uma plano de ação – 5W3H [VARVAKIS et al., 1998]

<i>What</i>	O quê	Atividades a serem realizadas: oportunidade de melhoria; problema a ser resolvido; descrição do fato ocorrido que demanda a ação a ser planejada.
<i>Why</i>	Por quê	Motivos para a implementação da ação: ganhos financeiros; atendimento às necessidades dos clientes; atendimento à legislação ambiental; atendimento das normas de segurança.
<i>Where</i>	Onde	Abrangência da ação: se realizada em toda a empresa ou, caso contrário, departamento, setor ou processo onde a ação será realizada.
<i>When</i>	Quando	Prazos e datas: datas a serem cumpridas; data de início e data limite de execução.
<i>Who</i>	Quem	Responsáveis: pessoas ou setores responsáveis pela implementação ou coordenação das ações.
<i>How</i>	Como	Metodologia utilizada: detalhamento da forma de implementação; etapas; atividades necessárias; pontos de checagem.
<i>How much</i>	Quanto custa	Recursos necessários para a execução do projeto: investimentos iniciais (aquisição de equipamentos, obras, compra de materiais); custos fixos e variáveis associados à ação (capacitação, material de consumo, consultoria especializada, manutenção, entre outros).
<i>How to measure</i>	Como medir	Medição da eficácia das ações: medidas de desempenho estabelecidas para o acompanhamento da implementação das ações; como será o acompanhamento.

3.5.4 Etapa 5.4: Auditar o processo periodicamente.

Segundo HARRINGTON (1993), ainda que o processo se torne melhor, não atingiu o fim do ciclo de aperfeiçoamento; encontra-se sempre no começo de uma fase de aperfeiçoamento contínuo e permanente que precisará continuar a melhorar seus subprocessos. No ambiente hospitalar, esse fato acontece em razão dos seguintes pontos:

- ♣ estão surgindo novos métodos de tratamento, programas e equipamentos médico-hospitalares a cada dia;
- ♣ o ambiente hospitalar continua a mudar, tornando obsoletos os processos que antes eram eficientes;
- ♣ as expectativas dos pacientes mudam;
- ♣ as pessoas que trabalham no processo desenvolvem capacidades sempre crescentes, criando oportunidades também crescentes para seu próprio desenvolvimento;
- ♣ não importa quão bom o processo seja hoje, sempre haverá um modo melhor; o profissional atua de forma positiva na tendência de melhoria pessoal, coletiva e, sobretudo, organizacional.

Para IBM (apud LIMA, 1998), o gerenciamento por processos é uma jornada de melhoria contínua, não podendo encerrar sua implantação na fase anterior. Os processos precisam de revisão periódica para atender, permanentemente, às mudanças do mercado e suplantá-las com novas tecnologias.

Portanto, faz-se necessário que a engenharia clínica, através da GTMH, faça um constante acompanhamento, com revisões críticas do que se pode melhorar continuamente nos métodos e procedimentos, visando ao aproveitamento da tecnologia utilizada nos estabelecimentos assistenciais de saúde.

3.6 CONSIDERAÇÕES

As limitações da aplicação da metodologia proposta estão diretamente relacionada com o nível de informações que a organização possui sobre seus processos, ou seja, dados atualizados, histórico das atividades realizadas, informações quanto às necessidades dos clientes (requisitos), objetivo do processo, entendimento dos diferentes elos entre cliente/fornecedor, histórico de insumos utilizados, recursos humanos capacitados disponíveis entre outros. Assim, quanto mais precisas e disponíveis as informações, maior o retorno das ações propostas neste trabalho.

Para a implementação da metodologia, é necessário a participação de profissionais envolvidos no processo e que sejam pessoas responsáveis não só pelas suas funções específicas mas, também tenham um compromisso com a melhoria contínua de produtos e processos. Em todas as fases da metodologia proposta, é necessário trabalho em grupo e comprometimento de todos dentro da organização. Para a melhoria contínua dos processos, é necessário ter um compromisso de longo prazo com a organização, utilizar um conjunto de ações disciplinadas e desenvolver um sistema de controle e feedback..

As modificações de melhoria nos processos, somente serão possíveis caso a organização possa desenvolver soluções eficazes que superem os limites dos atuais níveis de resultado. Depois de implementadas as ações de melhoria, é necessário acompanhá-las durante certo período, para assim, validá-las e padronizar os procedimentos sugeridos.

Como resultado, espera-se gerar ações de forma a reduzir ao máximo nos processos tecnológicos, as perdas por má utilização da tecnologia médico-hospitalar, desperdícios dos recursos, profissionais incapacitados, entre outros, que refletem diretamente na qualidade do serviço oferecidos para os pacientes e usuários.

4 ESTUDO DE CASO

Utilizando a metodologia proposta em um serviço de radiologia de um hospital público de Florianópolis – SC, serão identificados os impactos adversos potenciais decorrentes dos subprodutos resultantes dos processos de uso da TMH e serão levantadas as possíveis maneiras para minimizar a produção dos resíduos tecnológicos identificados.

Para realizar o estudo de caso, seguiu-se a estrutura do fluxograma da Figura 11. Primeiramente, foi determinado o setor de radiologia como o processo tecnológico para aplicação da metodologia. Esse setor foi escolhido porque em diversos trabalhos [COELLI, 2002], [YACOVENCO, 2000], [DATE, 2000], [BERNS et al., 1999] [AZEVEDO, 1998], [CÔRTE, 1989] evidenciaram-se problemas que acontecem nesse setor e em diferentes regiões do Brasil. Alguns dos problemas relatados manifestam-se nos resíduos gerados, como a produção de elevadas taxas de rejeição de filmes radiográficos e doses elevadas de radiação nos pacientes. Dentre outros problemas, tem-se o desempenho ineficiente de aparelhos de raio-x e imagens de baixa qualidade.

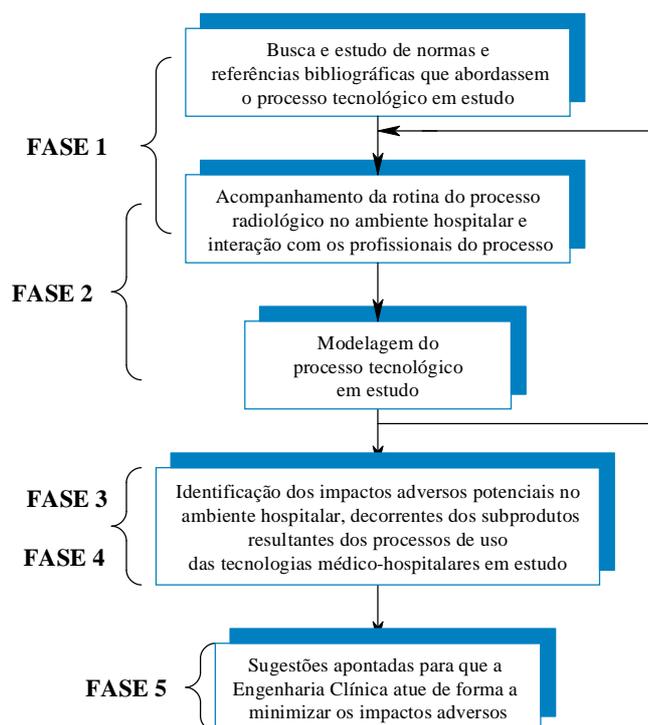


Figura 11 – Fluxograma representando a seqüência das ações realizadas para implementar a metodologia proposta

A aplicação das cinco fases da metodologia permitiu que a engenharia clínica apontasse sugestões para minimizar o impacto adverso potencial no ambiente hospitalar do processo em estudo. Na aplicação da metodologia proposta, foram necessárias várias

interações com os profissionais do processo radiológico, em busca de informações que permitissem essa aplicação.

4.1 APLICAÇÃO DA FASE 1: BASE METODOLÓGICA

A portaria nº 453 de 1998, emitida pela Anvisa [ANVISA, 1998], é o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispondo sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dando outras providências.

Essa portaria leva em consideração as recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica, as recentes Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica estabelecidas em conjunto pela Organização Mundial da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Internacional do Trabalho, Organização de Alimento e Agricultura, Agência de Energia Nuclear, Agência Internacional de Energia Atômica e do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão de referência nacional em proteção radiológica e metrologia das radiações ionizantes.

O regulamento técnico define os princípios básicos do sistema de proteção radiológica, tais como: justificção da prática com raio-x; otimização da proteção radiológica; limite de doses individuais; atribuição das responsabilidades de empregados e titulares no aspecto de licenciamento das instalações; a segurança e proteção dos pacientes e acompanhantes, quando necessário, e o correto funcionamento dos aparelhos de raios-x através de controles de qualidade, treinamento e reciclagem periódica dos técnicos; o controle periódico das doses recebidas pelos profissionais. As exigências incluem requisitos com relação às características gerais dos equipamentos de raios-x diagnósticos importado ou fabricado no país, requisitos específicos dos ambientes, dos procedimentos de trabalho e do programa de controle de qualidade com padrões de desempenho e periodicidade dos testes.

O setor de radiologia de um hospital da rede pública, que chamaremos de ‘Hospital H’, foi definido para aplicar a metodologia proposta. Nesse hospital há um programa de GTMH implementado pelo Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina IEB-UFSC. O Hospital H é de médio porte, com duzentos leitos, arquitetura vertical com 11 pavimentos e um total de 12.171 m².

Procurou-se colher informações de modo geral sobre o hospital no qual o estudo foi realizado, assim como do setor onde se encontra o processo radiológico. Essas informações

ajudam a visualizar e entender a demanda solicitada e a capacidade de operação instalada no setor. Para a busca dessas informações utilizaram-se os formulários I e II apresentados nos Anexos I e II.

Nessa fase, ainda, procurou-se também modelar de forma geral o processo tecnológico em estudo e representá-lo por diagramas de blocos. Segundo COELLI (2002), o sistema básico de obtenção de radiografias comercial, representado na Figura 12 através de diagramas de blocos, fornece como saída uma imagem plana da região examinada em filme radiográfico.

Esse diagrama permite uma visão básica do sistema de obtenção de radiografias, que pode ser dividido em três partes: o equipamento de raio-x, apresentando detalhadamente as partes que o compõem, objeto a ser radiografado, e a revelação, representada somente por um bloco. O sistema tem como saída apenas a radiografia.

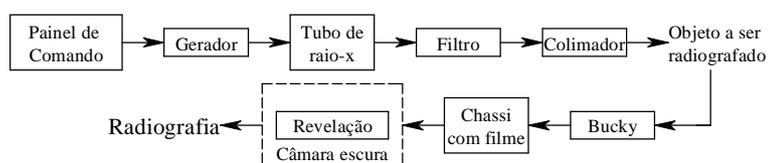


Figura 12 – Diagrama de blocos de um sistema básico de obtenção de radiografias clínicas [COELLI, 2002]

O serviço de radiologia não será representado apenas por um sistema básico de obtenção de radiografia, que foca somente os equipamentos, mas por um processo que considera todo o contexto do serviço prestado. Essa consideração é importante porque o resultado de um procedimento de assistência à saúde não depende apenas dos equipamentos médico-hospitalares, mas de um conjunto de elementos que, no trabalho, identificou-se como processo tecnológico.

Depois de várias interações com os profissionais da saúde do processo radiológico em estudo e do acompanhamento de suas atividades, o processo radiológico foi representado. Seguindo a orientação de HARRINGTON (1993), na qual a hierarquia do processo pode ser subdividida em subprocessos que são inter-relacionados de forma lógica, isto é, nas atividades que contribuem para o objetivo do processo, representou-se o processo radiológico em quatro subprocessos segundo a Figura 13: A -Protocolar exame; B -Realizar exame; C -Revelar filme e D -Analisar o exame.

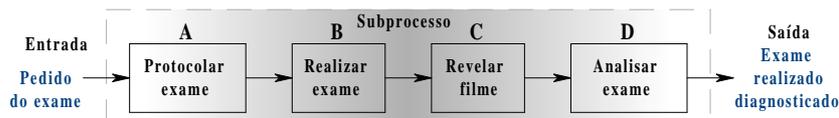


Figura 13 – Representação do processo radiológico através de diagramas de blocos

O principal objetivo desse processo é a obtenção de ótima qualidade radiográfica com a menor exposição do paciente, ou seja, fornecer uma qualidade adequada (imagem mais definida, nítida possível) para a obtenção de informação diagnóstica, com menor custo e mínima exposição do paciente às radiações.

O processo tecnológico representado na Figura 13 possui como entrada principal o pedido do exame de raio-x e, como saída principal, o exame realizado e diagnosticado. As demais entradas e saídas, assim como a modelagem detalhada do processo radiológico definido da Fase 1 serão tratadas na aplicação da Fase 2, seguindo as etapas contidas nessa mesma.

4.2 APLICAÇÃO DA FASE 2: MODELAGEM DO PROCESSO TECNOLÓGICO

Como sugerido na metodologia proposta, são utilizados nessa fase formulários que auxiliaram na organização das informações e na modelagem do processo em estudo.

O setor de imagem no qual se encontra o processo radiológico em estudo possui salas para ultra-som, angiografia e raio-x . Há um total de três salas para raio-x fixo (estando uma delas desativada há cinco anos), e uma câmara escura. O centro cirúrgico, a unidade de internação intensiva e as unidades de internação contam com três equipamentos de raio-x móvel; a emergência do hospital possui uma sala com equipamento de raio-x fixo, um equipamento de raio-x móvel e uma câmara escura com uma processadora, como mostra a Tabela 14.

Tabela 7 – Relação entre os setores e o número de equipamentos disponíveis

Quantidade	Equipamento	Setor
2	raio-x fixo	Imagem
1	raio-x fixo	Emergência
1	raio-x móvel	Centro cirúrgico
1	raio-x móvel	Unidade de internação intensiva
1	raio-x móvel	Unidades de internação
1	raio-x móvel	Emergência
2	processadora	Imagem
1	processadora	Emergência

Em 2002, quando se iniciou o estudo de caso, havia apenas uma processadora na

câmara escura do setor de imagem; a partir de março de 2003, o setor passou a contar com duas processadoras. Todos os exames realizados nos equipamentos da Tabela 14, de ultrassom e angiografia, são revelados na câmara escura do setor de imagem, inclusive o da emergência, pois a processadora desse setor encontra-se desativada.

O estudo concentrou-se nos procedimentos que eram realizados na sala de equipamento de raio-x fixo e na câmara escura, que, durante a pesquisa, possuía apenas uma processadora.

A modelagem do processo radiológico foi realizada através do acompanhamento das atividades e interação da pesquisadora com os profissionais do processo e que participaram da pesquisa. O formulário II da Figura 14 agrupa os seis participantes do grupo de estudo e apresenta a seqüência dos subprocessos, sua entrada e saída principal, definidos da Fase 1.

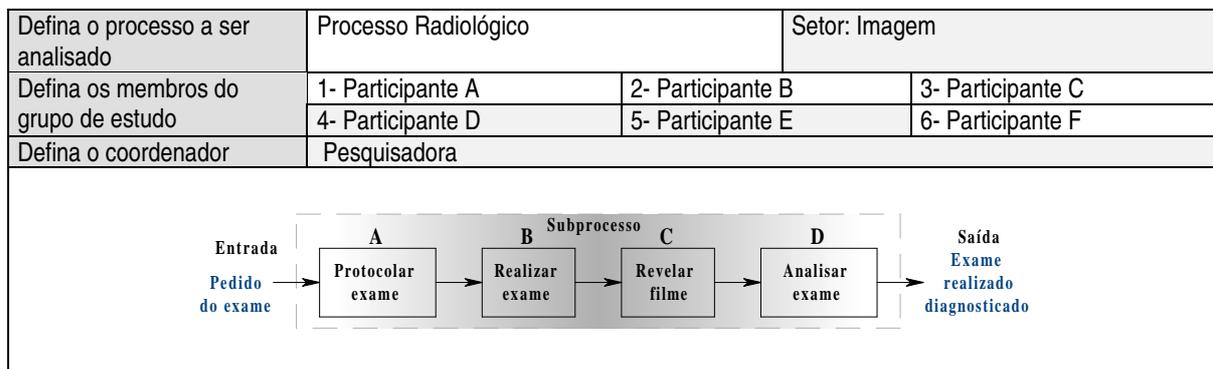


Figura 14 - Formulário II – Processo radiológico a ser modelado

A modelagem de cada subprocesso apresentado no formulário II da Figura 14, que representa o processo radiológico, será exposta separadamente, de forma a melhor apresentar os resultados obtidos.

Neste estudo de caso, também foram considerados os potenciais resíduos tecnológicos, ou seja, produtos que, no período do estudo, estavam na fase de utilização. O objetivo desta consideração é ampliar o estudo e levar a análise também para esses produtos, pois ao final do seu ciclo de vida eles serão um resíduo.

4.2.1 Modelagem do subprocesso A -Protocolar exame

Em um nível mais detalhado, o subprocesso **A -Protocolar exame** foi dividido em atividades que o compõem para atingir o objetivo do processo. São três as atividades identificadas: 1 -Preencher formulário, 2 -Encaminhar paciente e 3 -Encaminhar pedido (Figura 15).

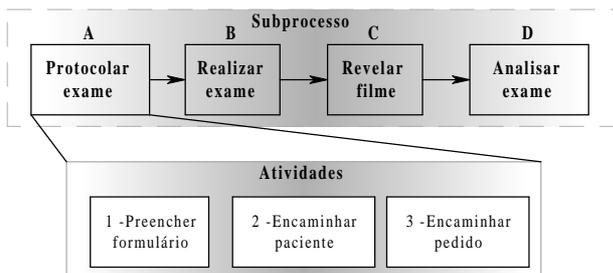


Figura 15 – Subprocesso A -Protocolar exame e suas atividades

Nesse subprocesso, os encarregados têm, entre outras, a função principal de identificar os exames radiológicos prescritos pelos médicos e encaminhar o pedido e o paciente para a próxima etapa do processo. As descrições detalhadas das entradas de cada atividade, os responsáveis (fornecedores) pelas entradas, os produtos fornecidos pela atividade, os respectivos clientes e os resíduos tecnológicos gerados no subprocesso foram levantados com o auxílio do formulário IV apresentados na Figura 16. As atividades são realizadas na seqüência numeradas apresentada no formulário. Esse subprocesso possui como entrada principal a prescrição do médico e, como saída principal, a solicitação do pedido.

Subprocesso analisado		Protocolar exame			
Fornecedor	Entrada	Atividade	Produto/ serviços	Cliente	Resíduo tecnológico
Externo (outros hospitais) ou Emergência , Ortopedia, Unidade de internação. EAS Almoarifado	Solicitação de exame Recepcionista Formulários	1-Preencher formulário – recepcionista identifica o exame e preenche os formulários	Exame solicitado protocolado	Subprocesso Protocolar exame	Papel
Externo (outros hospitais) ou Emergência , Ortopedia, Unidade de internação. EAS	Paciente Recepcionista	2- Encaminhar paciente – recepcionista encaminha o paciente para a sala de espera	Paciente na sala de espera	Subprocesso Protocolar exame	
Recepção EAS	Formulário preenchido Recepcionista	3-Encaminhar pedido - recepcionista encaminha o formulário para o próximo processo	Exame encaminhado	Subprocesso Realizar exame	

Figura 16 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso A -Protocolar exame

O processo inicia-se com a solicitação de exame encaminhada pelo paciente para realizar o exame prescrito pelo médico. O profissional da recepção identifica a procedência da solicitação, que pode ser externa (outros hospitais), emergência, ortopedia ou unidade de internação; identifica, protocola o exame solicitado e encaminha o paciente para a sala de espera, e o pedido para o próximo processo. Se for paciente da emergência, este tem prioridade.

Nessa etapa existem outras entradas que fazem parte do processo, como balcão da recepção, energia elétrica, entre outros. Este estudo restringiu-se apenas ao que era importante para a análise. Essa consideração também foi realizada na análise dos outros subprocessos.

O fluxograma das atividades do subprocesso, mostrado na Figura 17, foi traçado para representá-las graficamente e, posteriormente, auxiliar na análise realizada na Fase 3.

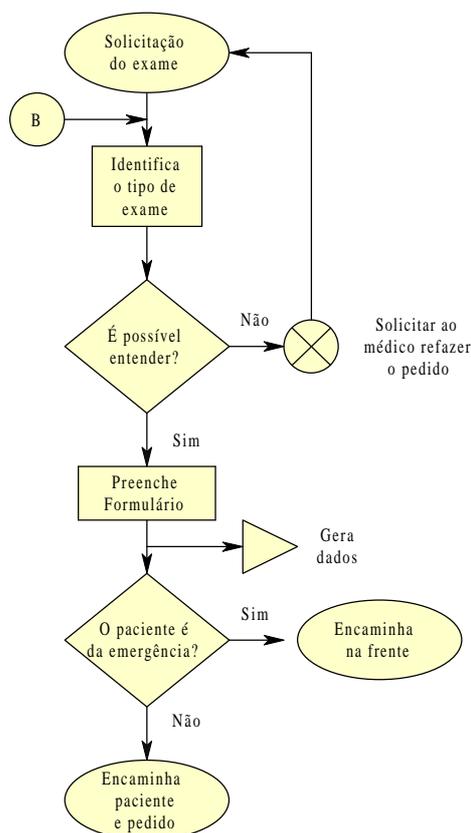


Figura 17 - Fluxograma do subprocesso A -Protocolar exame

4.2.2 Modelagem do subprocesso B -Realizar exame

O subprocesso **B -Realizar exame** foi modelado em quatro atividades: 1 -Analisar pedido, 2 -Preparar equipamento, 3 -Preparar paciente e 4 -Radiografar paciente (Figura 18).

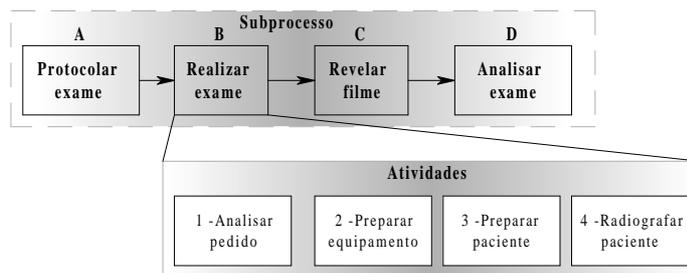


Figura 18 – Subprocesso B -Realizar exame e suas atividades

Nesse subprocesso, os técnicos radiologistas têm, entre outras, a função principal de radiografar o paciente. Nesse subprocesso, os pacientes e usuários estão expostos à radiação ionizante produzida pelo equipamento de raio-x.

O subprocesso é realizado em uma sala especial onde as paredes possuem barreiras arquitetônicas com blindagens e portas com placa de chumbo para limitar a dose de exposição aos profissionais de saúde e ao público. As descrições detalhadas das atividades, clientes, fornecedores e saídas do subprocesso foram levantadas utilizando-se o formulário IV, exposto na Figura 19.

Subprocesso analisado		Realizar Exame			
<p>Subprocesso</p> <p style="text-align: center;">Realizar exame</p> <p>Entrada: Exame Solicitado protocolado → [1] → [2] → [3] → [4] → Saída: Radiografia com a imagem latente</p>					
Fornecedor	Entrada	Atividade	Produto/ serviços	Cliente	Resíduo tecnológico
Subprocesso protocolar exame EAS	Solicitação do exame protocolado Técnico	1- Analisar pedido - técnico recebe o pedido, analisa e solicita o paciente	Solicitação do paciente e do chassi	Subprocesso Realizar exame	-----
Câmara escura EAS	Chassi com a película Técnico	2- Preparar equipamento – técnico coloca no chassi o número de identificação do paciente e coloca o chassi no equipamento	Equipamento preparado	Subprocesso Realizar exame	-----
Sala de espera ou corredor EAS	Paciente Técnico	3 –Preparar paciente – técnico posiciona paciente e solicita permanência	Paciente imóvel	Subprocesso Realizar exame	-----
Empresa responsável pela manutenção- Companhia fornecedora de energia EAS	Equipament o de raio-x , Energia elétrica Técnico	4- Radiografar paciente técnico prepara o equipamento na posição radiográfica, seleciona tensão, corrente/ tempo de exposição no painel de comando e realiza a exposição	Chassi com a imagem latente	Subprocesso Revelar filme	Radiação espalhada Tubo de raio-x Equipamento de raio-x Gerador Painel de comando

Figura 19 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso B -Realizar exame

As seqüências das atividades são realizadas segundo a indicação da figura no formulário. Esse subprocesso possui como entrada principal o exame solicitado protocolado e, como saída principal, radiografia com a imagem latente.

O fluxograma das atividades do subprocesso, apresentado na Figura 20, foi traçado para representá-las graficamente.

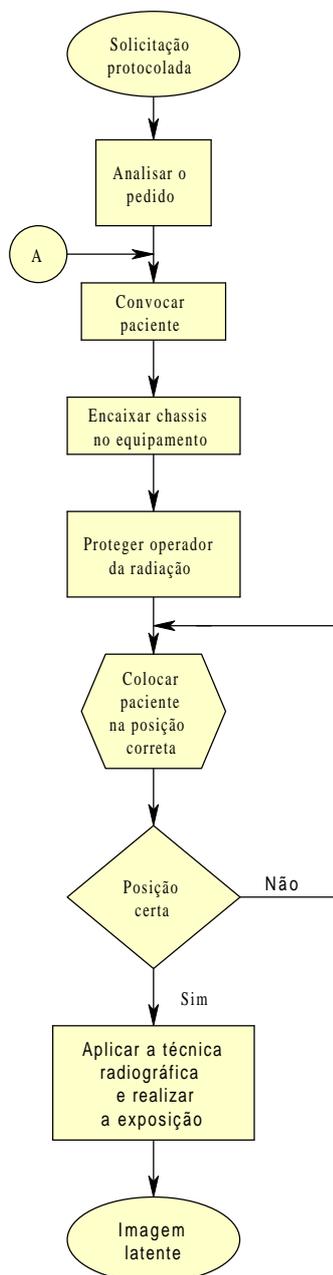


Figura 20 - Fluxograma do subprocesso B -Realizar exame

O processo **B -Realizar exame** inicia-se com a solicitação do exame realizada pelo subprocesso anterior. O técnico em radiologia analisa o pedido identificando a parte do corpo que será radiografada e solicita a presença do paciente. Em seguida, solicita o chassi

(com a película) para o exame a ser realizado, coloca o número de identificação do paciente no chassi e encaixa-o no equipamento. O técnico radiologista posiciona a parte do corpo do paciente de interesse para o exame e faz o alinhamento do raio central do equipamento de raio-x; toma as medidas de proteção, seleciona no painel de controle do equipamento de raio-x o nível de tensão, nível de corrente/ tempo de exposição, ou seja, realiza a combinação desses fatores (técnica radiográfica) e, em seguida realiza a exposição. O técnico retira do equipamento de raio-x o chassi que possui a radiografia com a imagem latente e entrega-a para o próximo subprocesso **C -Revelar filme**.

4.2.3 Modelagem do subprocesso C –Revelar filme

O subprocesso **C -Revelar filme** foi estruturado em cinco atividades que o compõem, conforme a Figura 21: 1- Limpar processadora, 2-Preparar solução, 3- Retirar o filme, 4- Reposição do filme e 5- Revelação.

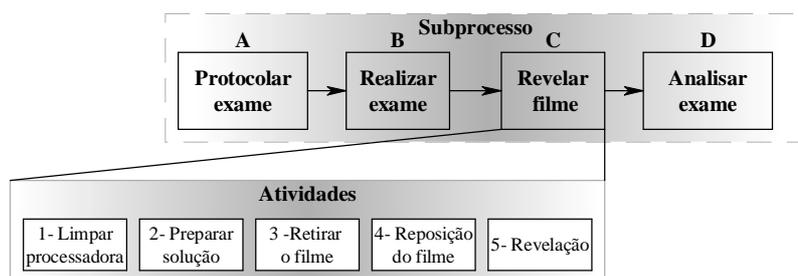


Figura 21 - Subprocesso C -Revelar filme e suas atividades

Nesse subprocesso, a imagem latente obtida do subprocesso anterior é transformada em imagem visível, ou seja, o filme radiográfico com a imagem anatômica do paciente para o diagnóstico. A sala onde ocorre a manipulação dos filmes é chamada de “câmara escura”. A parte da processadora onde são colocados os filmes a serem revelados encontra-se na câmara escura, e a saída da processadora com os filmes revelados encontra-se externa à câmara escura.

As descrições detalhadas das atividades, clientes, fornecedores e saídas do subprocesso foram levantadas utilizando-se o formulário IV, exposto na Figura 22. Esse subprocesso possui como entrada principal a película (filme) com a imagem latente e, como saída principal, o filme revelado.

Subprocesso analisado		Revelar filme			
<p>Subprocesso</p> <pre> graph LR Entrada[Entrada Imagem latente] --> Revelar[Revelar filme 1 → 2 → 3 → 4 → 5] Revelar --> Saída[Saída Filme revelado] </pre>					
Fornecedor	Entrada	Atividade	Produto/ serviços	Cliente	Resíduo tecnológico
Almoxarifado EAS	Produtos para limpeza Profissional da câmara escura	1- Limpar processadora – profissional realiza a limpeza da processadora	Processadora limpa	Subprocesso Revelar filme	Galão do produto Químico da limpeza
Almoxarifado EAS	Químicos Profissional da câmara escura	2- Preparar solução – profissional preparar a solução para revelação e fixação	Solução preparada	Subprocesso Revelar filme	Galões dos químicos Químicos misturados errado
Processo Realizar exame EAS	Imagem latente Profissional da câmara escura	3- Retirar filme – profissional retira o filme com a imagem latente e colocar na processadora	Processadora ativada	processadora	Filme estragado
Almoxarifado EAS	Filme Profissional da câmara escura	4- Reposição do filme - profissional faz a reposição da película no chassi	Chassi com a película	Subprocesso Revelar filme	Caixas de papelão Filme virgem estragado
Empresa responsável pela manutenção Câmara Escura	Processadora Químicos	5- Revelação - Processadora revela os filmes através dos procedimentos de revelação, fixação, lavagem pós-fixação e secagem	Filme revelado	Subprocesso Analisar exame	Gases resultantes do processamento Água usada na lavagem pós-fixação Filme radiográfico Químicos usados Processadora Umidade Temperatura anormal

Figura 22 - Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso C -Revelar filme

As atividades 1- limpar processadora e 2 –preparar solução também são realizadas na câmara escura, mas ocorrem em períodos menores, ou seja, depois de determinado número de radiografias processadas. Para a limpeza da processadora são utilizados alguns produtos químicos para a limpeza do tanque do fixador, revelador e tanque de lavagem pós-fixação, que são descritos na Tabela 8.

Tabela 8 – Químicos utilizados para limpeza da processadora do hospital H

Tanque	Conteúdo
Revelador	Fosfatos Sequestrante Hidróxido de sódio
Fixador	Cromados Ácido sulfúrico
Pós-fixação	Hidróxido de sódio EDTA

Esses químicos são diluídos com água e colocados nos tanques da processadora, onde agem por alguns minutos e posteriormente, retirados. Depois, os tanques são lavados (com a água e sabão neutro).

O mesmo técnico que faz a limpeza da processadora prepara os químicos para o processo de revelação. A Tabela 9 mostra o conteúdo das partes do revelador e fixador e o conteúdo de cada solução para preparar 76 litros, que é o volume universal. Todas as partes do revelador são misturadas, diluídas e preenchidos com água até alcançar o volume universal. O mesmo procedimento é realizado para o fixador.

Tabela 9 – Apresentação dos químicos utilizados na processadora automática

Químico	Partes	Solução	Conteúdo	Litros	Solução para preparar 76l (l)
Revelador	A	Alcalina	Hidroquinona	20	20
Revelador	B	Ácida	Ácido Acético	1	2
Revelador	C	Ácida	Glutaraldeído	1	2
Fixador	A	Ácida	Tiosulfato de Amônio	20	20
Fixador	B	Ácida	Ácido Sulfúrico	0,8	3,2

A atividade de reposição das películas (filme) no chassi é feita sempre que o filme com a imagem latente, fornecido pelo subprocesso anterior, é retirado do chassi e colocado na processadora para ser revelado, ou quando o subprocesso **B -Realizar exame** solicita.

Assim que a impressora se encontra pronta (com os químicos e em funcionamento), os filmes com a imagem latente são colocados na processadora automática para iniciar o processamento de revelação, que corresponde: primeiro, à passagem do filme no revelador, que transforma a imagem latente em visível; segundo, o fixador que transforma a imagem revelada em imagem permanente; terceiro, a lavagem pós-fixação, que tem a função de eliminar elementos que ainda podem reagir com a imagem e, por último, a secagem, que tem como função trazer ao estado normal a emulsão de modo uniforme.

Depois dessas etapas, o filme revelado é analisado pelo técnico, sendo verificado se é necessário realizar novamente o exame, ou seja, se existe algum erro de posicionamento do paciente, nível de densidade óptica das radiografias muito alto ou muito baixo, ou erros no processamento radiográfico que impossibilitem o médico de realizar o diagnóstico. Se houver necessidade de um novo exame, o técnico solicita novamente o paciente e realiza-o.

O fluxograma das atividades do subprocesso, apresentado na Figura 23, foi traçado para representá-las graficamente.

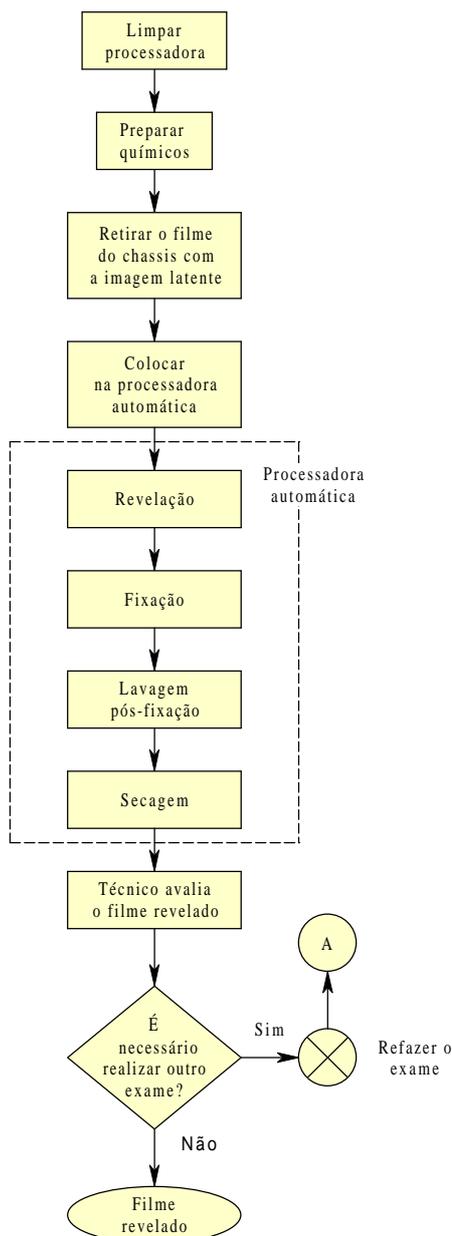


Figura 23 - Fluxograma do subprocesso C -Revelar filme

4.2.4 Modelagem do subprocesso D -Analisar o exame

O subprocesso **D -Analisar exame** foi modelado em atividades que o compõem para atingir o objetivo do processo radiológico. São quatro as atividades identificadas: 1 - Diagnóstico preliminar; 2 -Recolhimento das radiografias; 3 -Diagnóstico do médico especialista; 4 -Compilação das informações (Figura 24).

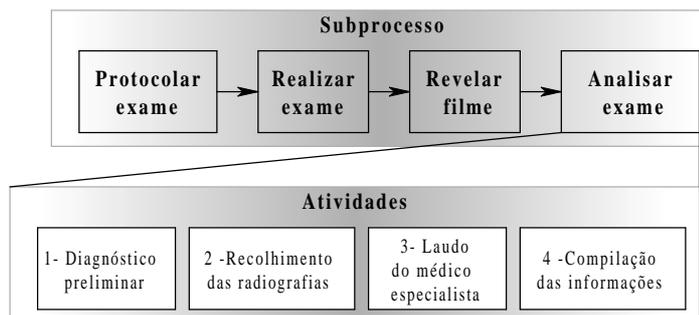


Figura 24 – Subprocesso D –Analisar exame e suas atividades

A função principal realizada nesse subprocesso é fornecer o diagnóstico das radiografias realizado pelo médico especialista para, posteriormente, serem disponibilizadas para os pacientes.

As descrições detalhadas das entradas de cada atividade, os responsáveis (fornecedores) pelas entradas, os produtos fornecidos pelas atividades, os respectivos clientes e os resíduos tecnológicos gerados no subprocesso foram levantados com o auxílio do formulário IV proposto no capítulo III e apresentado na Figura 25. Esse subprocesso possui como entrada principal o filme revelado e, como saída principal, as radiografias com o diagnóstico (exame pronto).

O processo inicia-se com a entrega da radiografia (realizada pelo técnico) para o paciente ou para o acompanhante (profissional da enfermagem) do setor solicitado. Caso a solicitação seja externa (outros hospitais), a radiografia é entregue diretamente para o médico especialista. Depois de 15 dias, prazo estipulado pelo setor para o cumprimento das atividades, o paciente retira o exame no setor de radiologia.

O paciente com a radiografia recebida do subprocesso anterior (Revelar filme) leva para o médico do setor do Hospital H que realizou a solicitação do exame. O médico faz uma análise inicial da radiografia e faz diagnóstico comunicando-o ao paciente. Nesta etapa, o médico pode solicitar um novo exame para obter informações adicionais.

Em seguida, o profissional do setor de radiologia passa pelos setores solicitantes recolhendo as radiografias para que o médico especialista realize o laudo. As radiografias recolhidas são levadas ao setor de radiologia, onde são distribuídas entre cinco médicos especialistas. Essas radiografias são colocadas no negatoscópio para a realização do laudo; em seguida, o especialista compara-as com o diagnóstico do médico que solicitou o exame. Essa ação é realizada em uma sala chamada de “câmara clara”, onde as paredes são

pintadas com uma cor de tinta que não reflita qualquer luz vinda de alguma fonte indesejável, de modo a garantir melhores condições de visualização das radiografias.

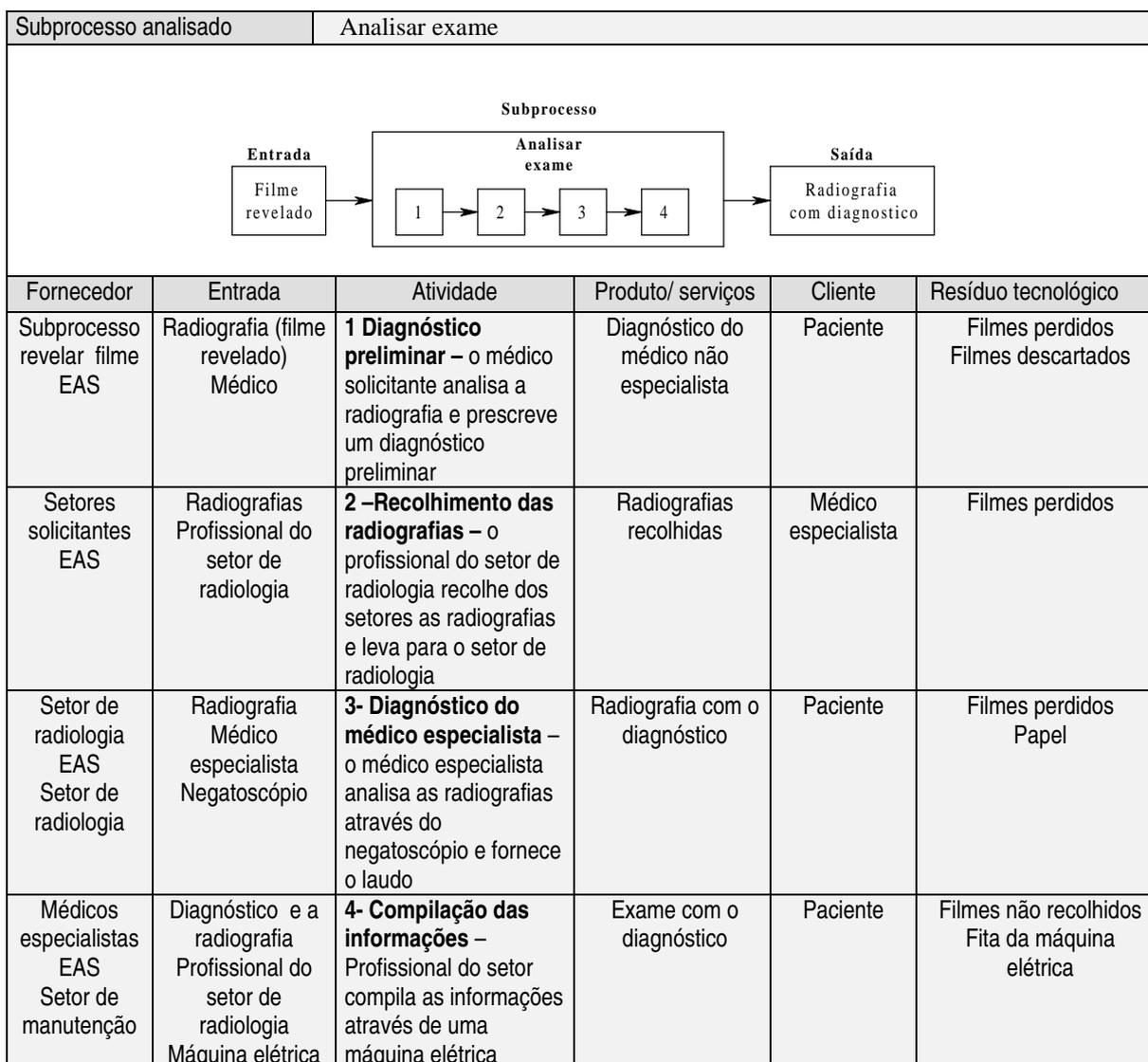


Figura 25 – Formulário IV - Descrição detalhada do subprocesso D -Analisar exame

As informações são repassadas para serem compiladas e digitadas numa máquina de escrever elétrica. O resultado final é grampeado junto com a radiografia e armazenado por ordem alfabética, ficando à disposição do paciente.

O fluxograma das atividades apresentado na Figura 26, do subprocesso **D -Analisar exame**, foi traçado para representá-las graficamente.

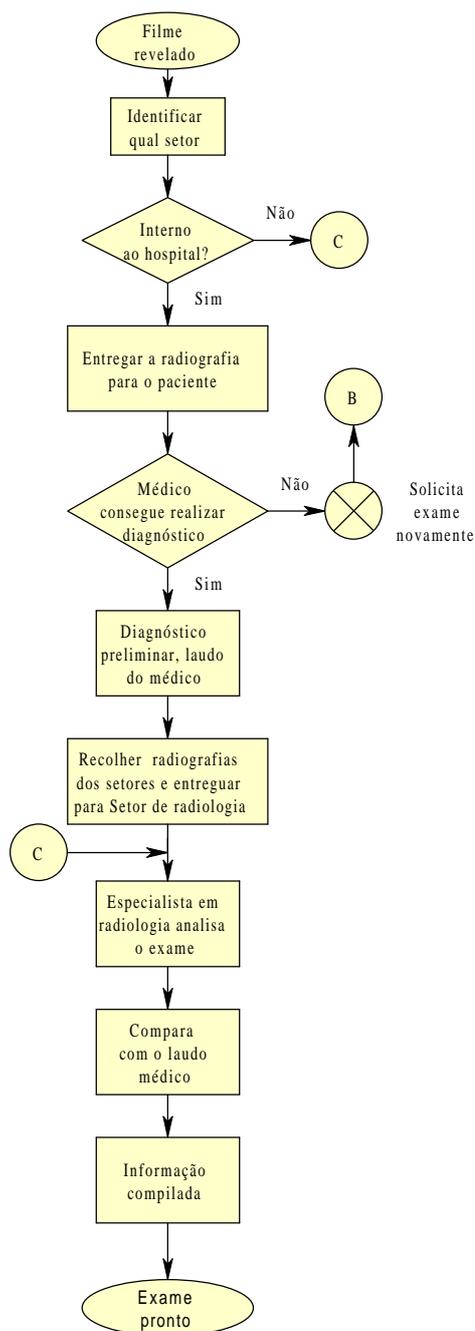


Figura 26 – Fluxograma do subprocesso D -Analisar exame

A Figura 27 mostra uma visão geral de todo o processo radiológico do Hospital H modelado, seus subprocessos e atividades identificadas.

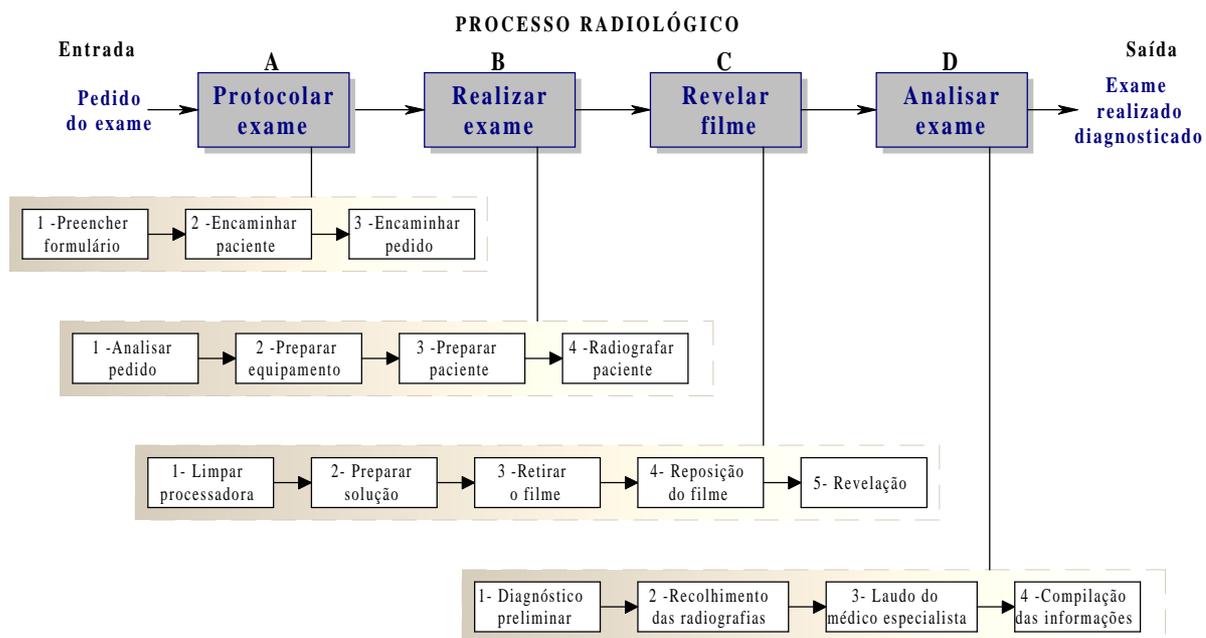


Figura 27 – Processo radiológico modelado

4.3 APLICAÇÃO DA FASE 3: ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO

Nos subprocessos modelados, observa-se que alguns resíduos são inerentes ao processo, ou seja, são produzidos durante a realização do mesmo, como a radiografia adequada ao diagnóstico e, outros resíduos são gerados devido a desvios no processo, como os resíduos gerados em consequência do mau posicionamento do paciente. Através da metodologia proposta, a engenharia clínica pretende atuar no processo antes que o resíduo, devido a desvios no processo, seja gerado, identificando as possíveis causas, visando apontar soluções para a minimização da sua produção e, depois que é gerado, identificando os impactos adversos potenciais que podem trazer no ambiente hospitalar.

Conhecidos os resíduos gerados de cada subprocesso, procurou-se identificar as possíveis causas de sua geração com o auxílio do diagrama de causa-efeito, interações com os profissionais da rotina e, busca de informações bibliográficas sobre o processo radiológico.

Foram construídos diagramas para análise dos seguintes resíduos: filmes, químicos do procedimento de revelação e radiações ionizantes. Outros resíduos levantados na modelagem dos subprocessos estão diretamente vinculados aos resíduos analisados, porque são gerados simultaneamente em função destes, sendo desnecessária a análise das causas de sua geração, como os gases resultantes desses químicos, os galões que são utilizados para seu armazenamento, as caixas de papelão que armazenam os filmes e os químicos.

Na construção do diagrama de causa-efeito, procurou-se identificar os fatores (causas) que poderiam contribuir para a produção de resíduos (efeito). Eles foram analisados por meio de itens, tais como equipamento, insumos, recursos humanos, infraestrutura, informação e paciente. Os elementos levantados foram agrupados nos itens de modo a facilitar a construção e o entendimento.

A Figura 28 apresenta as possíveis causas para a produção de resíduo filme.

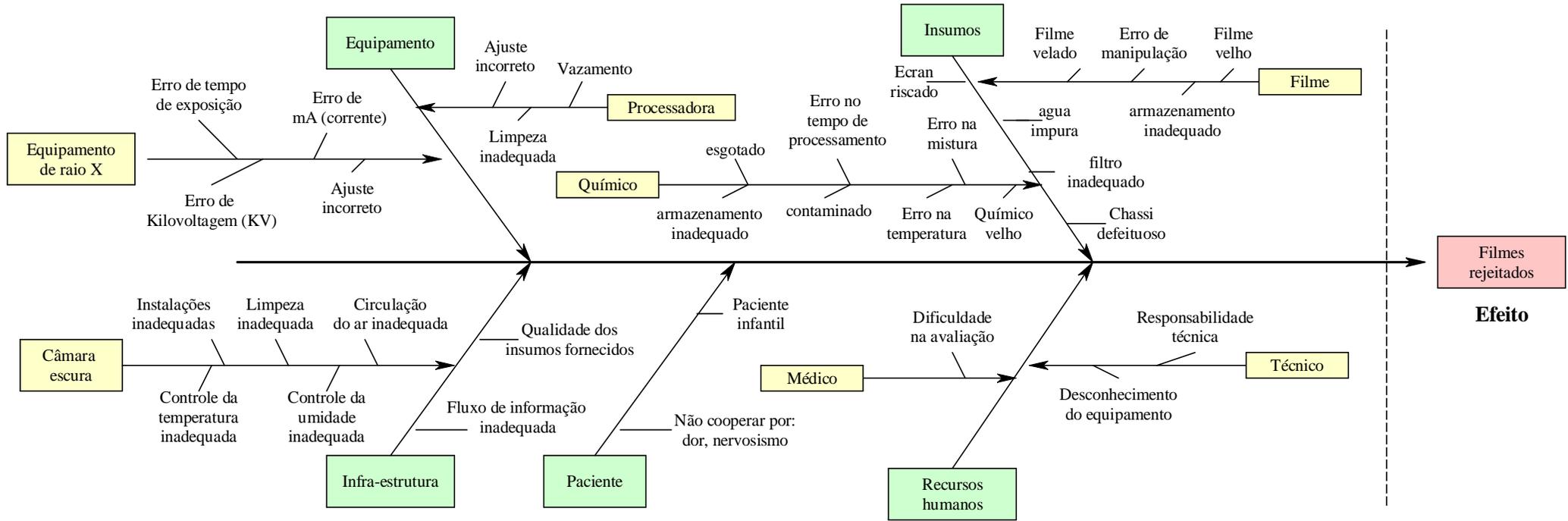


Figura 28 – Diagrama de causa –efeito para o resíduo filme

Os itens levantados que influenciam na geração do resíduo tecnológico radiações ionizantes são ilustrados na Figura 29.

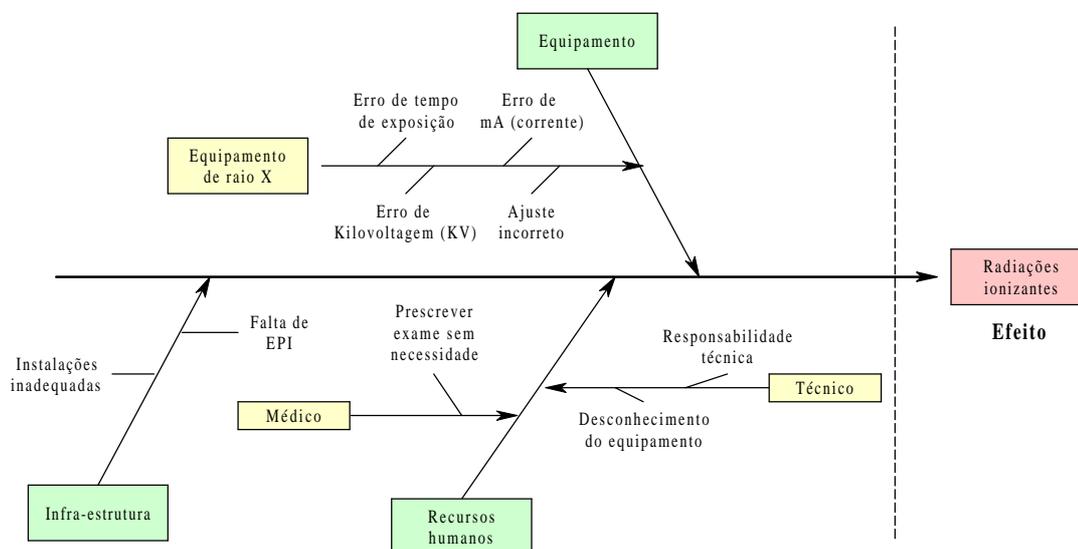


Figura 29 - Diagrama de causa –efeito para o resíduo radiações ionizantes

Para os químicos usados na revelação dos filmes, foram levantados os elementos que contribuem para a sua geração, apresentados na Figura 30.

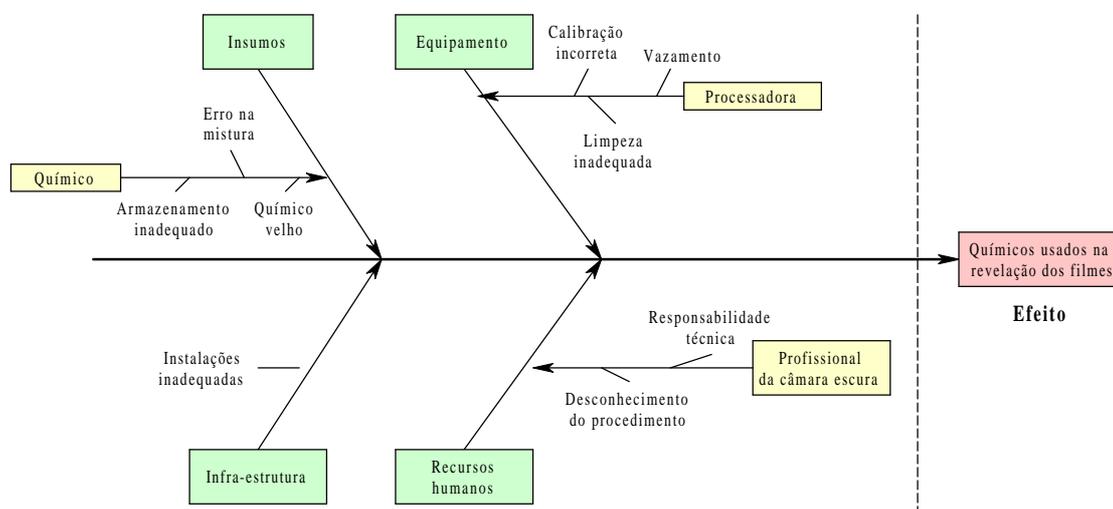


Figura 30 - Diagrama de causa –efeito para os resíduos químicos

Existem causas que são comuns na geração de resíduos filmes, radiações ionizante e químicos. Todos esses elementos fazem parte do processo e, no caso específico do processo radiológico, o produto final é obtido depois que a radiografia foi revelada. Se no final do processo o profissional do setor de radiologia analisa-a e, chega a conclusão que é

necessário a realização de um novo exame, essa repetição trará como consequência retrabalho dos profissionais, gastos com insumos e exposição desnecessária dos pacientes e profissionais às radiações ionizantes. Portanto, grande parte das causas que produzem o rejeito filme também irá contribuir para a geração de outros resíduos como as radiações e os químicos.

O Quadro 9 foi construído com base no diagrama de causa-efeito da Figura 28. O quadro mostra que todos os subprocessos estão envolvidos na produção do resíduo filme, em especial os subprocessos B e C, nos quais se concentra a maioria das categorias levantadas.

Quadro 9 – Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo filme

Categorias levantadas	Subprocesso A – Protocolar exame	Subprocesso B –Realizar exame	Subprocesso C –Revelar exame	Subprocesso D – Analisar exame
Equipamento		equipamento de raio-x	processadora	
Insumos			químico, filme, ecran Chassi	
Recursos humanos		técnico	profissional da câmara escura	médico
Infra-estrutura	fluxo de informações inadequado		câmara escura, qualidade dos insumos fornecidos	
Paciente		paciente infantil, paciente não cooperar por dor ou nervoso		

Os itens do Quadro 9 fazem relação entre os recursos (entradas) que interferem na produção de resíduo filme e os processos aos quais pertencem. Através desse levantamento, medidas podem ser direcionadas para os processos que mais interferem na produção dos resíduos. Os procedimentos/atividades realizados em cada subprocesso e que foram descritos na modelagem do processo radiológico também podem contribuir para a geração desses resíduos. Os procedimentos de trabalho sugeridos pela portaria 453 [ANVISA, 1998] e pelos fabricantes foram estudados e comparados com as atividades descritas na Fase 2, e o resultado dessa avaliação é apresentado na Fase 4. Esses procedimentos estão diretamente ligados às atividades dos recursos humanos.

O Quadro 10, construído com base na Figura 30, mostra que o subprocesso C é o que está diretamente envolvido na produção do resíduo químico.

Quadro 10 - Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo químico

Categoria avaliada	Subprocesso A –Protocolar exame	Subprocesso B – Realizar exame	Subprocesso C –Revelar exame	Subprocesso D – Analisar exame
Equipamento			processadora	
Insumos			Químico	
Recursos humanos			profissional da câmara escura	
Infra-estrutura			Instalações inadequadas	

O Quadro 11, construído com base na Figura 29, ilustra que os subprocessos B e D estão diretamente relacionados à produção do resíduo radiação ionizante. Procedimentos inadequados, como a realização de exames com portas abertas, também contribuem para que o resíduo radiação ionizante não seja minimizado.

Quadro 11 - Relação entre as entradas e os subprocessos que contribuem para a geração do resíduo radiação ionizante

Categoria avaliada	Subprocesso A –Protocolar exame	Subprocesso B – Realizar exame	Subprocesso C – Revelar exame	Subprocesso D – Analisar exame
Equipamento		equipamento de raio-x		
Insumos				
Recursos humanos		Técnico		médico
Infra-estrutura		instalações inadequadas, falta de EPI, falta de EPC		

Pelo acompanhamento da rotina do serviço radiológico prestado pelo Hospital H, percebeu-se acúmulo de filmes rejeitados e vazamento de químicos na processadora. Procurou-se, então, levantar no processo tecnológico em estudo informações quanto à quantidade de insumos gastos e de filmes inutilizados. Contudo, como o setor não possuía informações quanto aos filmes ou químicos utilizados, buscou-se a informação no setor de almoxarifado. Então, as solicitações de filmes e químicos realizadas pelo setor de radiologia no período de outubro a dezembro de 2001 e janeiro a setembro de 2002 foram levantadas e analisadas. Na Tabela 10 são apresentados o número de pacientes atendidos, o número de exames realizados, o número de filmes e a quantidade de químicos gastos durante esse período.

Com relação ao número de pacientes atendidos, só foram coletados dois valores, que foram levantados durante o acompanhamento da rotina; o setor não armazena dados com essa informação. Segundo o setor de radiologia do Hospital H, a quantidade de pacientes atendidos varia em torno de 3000 a 3700 por mês. O levantamento dessas informações poderia fornecer a média de exames realizados por mês e, assim, a média de exames por paciente.

Tabela 10 – Levantamento do número de atendimento do processo radiológico

	Nº de pacientes atendidos	Nº de exames realizados	Nº de filmes utilizados	M ² de filme utilizados	Químico gastos (l)	
					Fixador	Revelador
Out./ 2001	x	9651	9100	823,10	162,4	168
Nov./ 2001	x	8595	3225	364,2	232	240
Dez./ 2001	x	8178	23500	2.355,2	185,6	192
Jan./ 2002	x	9072	4500	428,8	69,6	165,6
Fev./ 2002	x	8034	6500	584,7	162,4	192
Mar./ 2002	x	8598	12500	1.244,3	139,2	192
Abr./ 2002	x	8277	4900	482,9	139,2	192
Mai./ 2002	x	8426	7500	762,2	185,6	192
Jun./ 2002	x	8118	500	36	23,2	72
Jul./ 2002	x	9244	16900	1.617,1	162,4	216
Ago./ 2002	3675	9279	9300	931	208,8	216
Set./ 2002	3615	9731	15200	1.486,7	278,4	288
Total	-----	105203	113625	11.116,2	1948,8	2325,6
Média por mês	-----	8767	9469	926,35	162,4	193,8

Analisando a Tabela 10, encontrou-se um índice médio de rejeição de filmes de 7,4%, valor que foi obtido dividindo-se a **média de filmes inutilizados (702 filmes inutilizados)** pela **média de filmes utilizados (9.469 filmes gastos)**. Com isso, a média de filmes inutilizados foi obtida subtraindo-se **a média de filmes utilizados da média de exames realizados por mês**.

Pode-se considerar ainda que o valor do índice obtido é mínimo, podendo este ser maior, pois o cálculo realizado para encontrar este valor considerou a média de exames realizados igual à média de filmes utilizados. Todavia, segundo informações obtidas no subprocesso **D -Analisar exame**, dois exames podem ser realizados utilizando-se um único filme e ser contadas duas incidências (dois exames) durante a compilação das informações; portanto, a média de filmes utilizados é menor que a média de exames realizados, conseqüentemente, a média de filmes inutilizados é maior.

O valor do índice de rejeição encontrado no processo radiológico encontra-se fora do recomendado, pois, segundo BURKHART [apud COELLI, 2002], o valor recomendável internacionalmente situa-se entre 3% e 5%.

A média de químicos utilizados foi de 162,4 litros para o fixador e de 193,8 litros para o revelador; se diluídos conforme o valor universal (76 litros), o valor encontrado foi de 532 e 613,7 litros, respectivamente. A processadora está regulada para utilizar 200 ml de revelador e 250 ml de fixador para processar o metro quadrado de filmes. Considerando os químicos gastos e a regulação da processadora, deveriam ser processados 3068,5 m² de filmes para o revelador e 2128 m² de filme para o fixador, mas foram consumidos apenas

926,35 m² de filmes, resultando em uma perda de **70%** de químicos. O fornecedor dos químicos recomenda que sejam utilizados para cada metro quadrado de filmes 400 ml de revelador e 500 ml de fixador. Se for comparado o total de químicos consumidos com o sugerido, seriam processados 1534,2 m² de filmes para o revelador e 1064 m² para o fixador; considerando o total de filmes gastos, tem-se uma perda de **40%** de químicos. Além de não seguirem a quantidade sugerida pelo fornecedor, o que pode estar prejudicando o processamento dos filmes, se for considerado o valor regulado na processadora, deveriam ser processados mais filmes, evidenciando-se, assim, perda de químico no processo.

Com base em um estudo realizado em um hospital público do Rio de Janeiro [COELLI, 2002], em que o custo das perdas por filme é calculado em metro quadrado de radiografia processada, observou-se um índice de rejeição de 7,43 %, ou seja, 106,97 m² de filmes inutilizados (**1.092,3** filmes inutilizados). Nesse trabalho, o custo dos filmes inutilizados foi calculado considerando o valor de US\$ 250,00 por metro quadrado de radiografia processada, que é uma estimativa para hospitais públicos brasileiros baseada em uma dissertação de mestrado [YACOVENCO, apud COELLI, 2002]. No hospital do Rio de Janeiro obteve-se uma média de custo de filmes rejeitados de R\$ 66.735,00 (sessenta e seis mil e setecentos e trinta e cinco reais, onde 1 dólar = 2,50 reais) por mês. Apesar das taxas de rejeição encontradas nesse hospital público e do estudo de caso se aproximarem, o número de filmes inutilizados no Hospital H foi acima da metade do número de filmes inutilizados do hospital do Rio de Janeiro. Pode-se, então, estimar que o valor para o custo de filme rejeitado para o hospital público de Florianópolis é acima de R\$ 33.367,0 (trinta e três mil e trezentos e sessenta e sete reais), que é a metade do valor determinado para o hospital público do Rio de Janeiro.

4.4 APLICAÇÃO DA FASE 4: AVALIAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO

Nessa fase, as causas que interferem na produção dos resíduos levantados na Fase 3 são avaliadas conforme o que estabelece a portaria 453 [ANVISA, 1998] e as sugestões dos fornecedores relacionadas a cada categoria.

Conforme o diagrama de causa-efeito da Figura 28 (resíduo filme), os elementos são avaliados seguindo o item ao qual pertencem. O Quadro 12 apresenta as possíveis causas levantadas para o item equipamento, o que ocorre no Hospital H e o que prescreve a portaria.

Quadro 12 – Causas levantadas para o item equipamento, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital – H	Portaria 453 exige
Equipamento de raio-x:		
Erro de mA	Incorreta regulagem do equipamento Equipamento não calibrado	Tabela com os parâmetros de exposição Testes de desempenho
Erro de Kilovoltagem	Incorreta regulagem do equipamento Equipamento não calibrado	Tabela com os parâmetros de exposição Testes de desempenho
Erro de tempo de exposição	Incorreta regulagem do equipamento Equipamento não calibrado	Tabela com os parâmetros de exposição Testes de desempenho
Ajuste incorreto	Não são realizados testes de verificação de desempenho	Realizar testes de: Exatidão do indicador de tensão Exatidão do tempo de exposição Linearidade da taxa de Kerma no ar Rendimento do tubo Reprodutibilidade de exposição Simetria do colimador e alinhamento vertical Alinhamento do eixo central do feixe de raio-x Camada semi-redutora Alinhamento do eixo central do feixe de raio-x Tamanho do ponto focal
Processadora		
Ajuste incorreto	Não são realizados testes de verificação de desempenho	Testes para a temperatura do sistema de processamento, tempo de revelação e taxa de reposição
Vazamento	Ocorre vazamento de químico nas conexões e internamente.	Manutenção preventiva periódica nas processadoras
Limpeza inadequada	Não existe padrão em procedimentos de limpeza	Manter procedimentos adequados de limpeza

A portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998] prescreve que, para assegurar o processamento correto dos filmes, devem-se seguir as recomendações do fabricante com respeito à concentração das soluções, tempo e temperatura, de modo a garantir uma revelação adequada.

No Quadro 13 são apresentadas as possíveis causas levantadas para os itens insumos, o que ocorre no Hospital H e as recomendações dos fornecedores.

Quadro 13 – Causas levantadas para o item insumos, possível situação do hospital e exigências dos fornecedores

Causas	Hospital - H	Recomendações dos Fornecedores
Químico		
Esgotado	Taxa de regeneração imprópria	Deve ser de 400ml para o revelador e 500ml para o fixador a cada m ² de filme revelado
Contaminado	Manipulação incorreta	Seqüência de operação.
Erro no tempo de processamento	Não há calibração periódica nas processadoras	Ajuste no tempo de processamento deve considerar o tempo de seco a seco selecionado e a taxa de regeneração.
Erro na temperatura		O ajuste na temperatura na faixa de 33.5 a 38.5 ° C depende do tempo de seco a seco selecionado
Erro na mistura	Não há procedimento padronizado	Adicionar as partes dos químicos e atingir o volume universal de 76 l.
Químico velho	Não há controle de insumo estocado	Se armazenado em condições ideais considerar a data de validade do produto. Para embalagem aberta o produto oxida em 15 dias.
Armazenamento inadequado	Temperatura para o armazenamento não é controlada.	Químicos devem ser armazenados com temperaturas mantidas entre 5° C a 38°C
Filmes		
Filme velho	Não há controle de insumo estocado	Se armazenado em condições ideais considerar a data de validade do produto
Filme velado	Velados por fontes de radiação	Proteger de fontes de radiação, manipular somente em câmara escura
Erro de manipulação	Não há procedimento padronizado Falta de treinamento	Deve-se ter cuidado na manipulação dos filmes, evitar qualquer atrito (eletricidade estática), carregar e descarregar chassis com máximo cuidado
Armazenamento inadequado	Temperatura e umidade para o armazenamento não é controlada, posicionamento incorreto dos filmes	Filmes devem ser armazenados na vertical e em ambientes com temperatura mantida entre 10°C a 21°C e umidade relativa do ar mantida entre 30-50%.
Outros		
Água impura	Filtro inadequado	Específico para cada modelo de processadora
Écran riscado	Não há verificação das condições desses elementos	Controle da integridade
Chassi defeituoso		

O Quadro 14 apresenta as causas levantadas para os itens de infra-estrutura, o que ocorre no Hospital H e o que prescreve a portaria 453.

Para os procedimentos realizados pelos técnicos modelados na Fase 2, foram levantadas as sugestões dos fornecedores dos equipamentos de raio-x. Este sugere a seguinte seqüência de operação:

- 1- ligar gerador;
- 2- colocar o paciente na posição requerida para exame;
- 3- posicionar o emissor de raio-x;
- 4- colocar o chassi na bandeja e introduzi-lo na mesa do equipamento;
- 5- regular distância foco- filme;
- 6- centralizar antidifusor na posição radiográfica;
- 7- ligar o visor luminoso do diafragma e proceder à diafragmagem do objeto da radiografia;
- 8- regular dados radiográficos no gerador;

9- efetuar o disparo através do disparador da mesa de comando (painel de comando).

A seqüência dos procedimentos realizados pelos técnicos segue o que sugere o fornecedor. Os itens 3, 5, 6 e 7 correspondem à atividade Radiografar paciente, descrita na modelagem do processo radiológico.

Quadro 14 - Causas levantadas para o itens de infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Câmara escura		
Instalações inadequadas	Não há teste de vedação da câmara escura.	Vedação apropriada contra a luz do dia ou artificial.
Controle da temperatura inadequada Controle da umidade inadequada	Não há controle desses parâmetros	Monitorar rotineiramente a temperatura e umidade da câmara escura
Circulação do ar inadequado	Sistema de exaustão inadequado	Sistema de exaustão de forma a manter uma pressão positiva no ambiente
Limpeza inadequada	Não há procedimentos de limpeza programados	Deve-se manter limpa a câmara escura
Outros		
Condições dos negatoscópios	Não há testes de luminância	Analisar as condições dos negatoscópios
Qualidade dos insumos fornecidos	Insumos fornecidos pelo EAS de má qualidade	Assegurar os recursos materiais adequados e necessários para realizar os exames.
Fluxo de informação inadequado	Formulários utilizados geram dúvidas. Não há armazenamento de dados	Os formulários devem gerar informações quanto aos dados dos pacientes, indicações do exame, tipo de procedimento radiológico utilizado e quantidade de filmes utilizados

O Quadro 15 apresenta uma comparação entre as causas levantadas para o item recurso humano, o que ocorre no Hospital H e o que prescreve a portaria 453.

Quadro 15 - Causas levantadas para o item recurso humano, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Médico		
Dificuldade na avaliação	Não há padronização na realização dos exames	Devem ser estabelecidos e implementados padrões de qualidade de imagem
Técnico		
Responsabilidade técnica	Regula os valores para os exames nos equipamentos incorretamente	Devem ser selecionados e combinados os parâmetros necessários para a realização dos exames
Desconhecimento do equipamento	Não utiliza o equipamento adequadamente, falta de treinamento	Devem ser implementados programas de treinamento e reciclagem periódicos para atualização das equipes

No Quadro 16 são apresentadas as possíveis causas levantadas para o item paciente, o que ocorre no Hospital H e o que a portaria exige.

Quadro 16 - Causas levantadas para o item paciente, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]

Paciente		
Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Infantil	Movimentam-se durante o exame	Atenção especial deve ser dada aos casos de radiologia pediátrica
Outros pacientes	Movimentam-se durante o exame, não recebem instruções.	Devem ser instruídos adequadamente

Para o diagrama de causa-efeito dos resíduos radiações ionizantes da Figura 29, tem-se a seguinte análise: para o equipamento de raio-x, as mesmas causas levantadas para o rejeito filme são para as radiações ionizantes; para os recursos humanos, as causas levantadas para o técnico também são as realizadas para o resíduo filme; para os demais itens, as causas levantadas serão tratadas nos Quadros 17 e 18.

Além dos procedimentos já mencionados, realizados pelos técnicos, observou-se a realização de exames com as portas de acesso à sala de raio-x abertas durante as exposições e, técnicos, pacientes e acompanhantes sem equipamentos de proteção radiológica; todos são procedimentos de trabalho inadequados que potencializam a dose recebida pelas pessoas expostas e são proibidos pela portaria 453.

No Quadro 17 são apresentadas as possíveis causas levantadas para o item médico, o que ocorre no Hospital H e o que a portaria exige.

Quadro 17 - Causas levantadas para o item médico, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Médico		
Prescrever exame sem necessidade	Muitos desses exames não são utilizados pelos médicos para dar o diagnóstico aos pacientes, exames prescritos sem necessidade	Nenhuma prática deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto de modo a compensar o detrimento que possa ser causado

No Quadro 18, são apresentadas as possíveis causas levantadas para os itens infraestrutura, o que ocorre no hospital H e o que a portaria exige.

Quadro 18 - Causas levantadas para o item infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Instalações inadequadas	Não há sistemas de sinalização, avisos.	Sinalização luminosa vermelha, quadro de avisos para o paciente e acompanhantes sobre proteção radiológica
Falta de EPI – Equipamento de proteção individual	Não há equipamentos de proteção individual para operadores e pacientes suficientes	Vestimentas plumbíferas de proteção individual para operadores e paciente (aventais, luvas, protetor de tireóide, protetor de gônadas e óculos) e biombos móveis.

Para o diagrama de causa-efeito para o resíduo químico da Figura 30, tem-se a seguinte análise: as causas para a processadora são as mesmas levantadas para a análise do resíduo filme; para os demais itens, as causas levantadas serão tratadas nos Quadros 19 e 20.

No Quadro 19 encontram-se ilustradas as possíveis causas levantadas para o item recurso humano, o que ocorre no Hospital H e o que a portaria exige.

Quadro 19 - Causas levantadas para o item recurso humano, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Profissional da câmara escura		
Incompetência técnica	Regula os valores para a revelação do filme incorretamente. Procedimentos inadequados de preparo dos químicos.	Devem ser selecionados e combinados os parâmetros necessários de acordo com o que prescreve o fornecedor para a realização adequada da revelação dos filmes e a seqüência de procedimentos adequados na preparação dos químicos.
Desconhecimento do equipamento	Não utiliza o equipamento adequadamente; falta de treinamento	Devem ser implementados programas de treinamento e reciclagem periódicos para atualização das equipes

Quanto aos procedimentos de trabalho realizados pelos profissionais da câmara-escura modelados na Fase 2, observou-se que não é efetuada adequadamente a seqüência de procedimentos sugeridas pelo fornecedor, o qual prescreve que devem ser adicionados, rigorosamente, à seqüência água, parte A, B, e C, para o revelador, e água, parte A e B, para o fixador, sempre sob agitação, devendo-se ter o cuidado para não contaminar o revelador com o fixador. Ao encher a processadora com as soluções de revelador e fixador, deverá ser enchido primeiro o tanque com o fixador. Também não são utilizados equipamentos de proteção individual sugeridos pelo fornecedor, como óculos e luvas de borracha.

No Quadro 20, são levantadas as possíveis causas para o item infra-estrutura, o que ocorre no Hospital H e o que a portaria exige.

Quadro 20 - Causas levantadas para o item infra-estrutura, possível situação do hospital e exigências da portaria 453 [ANVISA, 1998]

Causas	Hospital H	Portaria 453 exige
Instalações inadequadas	Não são fornecidas instalações necessárias para os procedimentos	Sistema de exaustão adequado, limpeza da câmara escura, equipamentos de monitoração dos parâmetros : temperatura e umidade.

Os Quadros 21 e 22 apresentam a relação entre os subprocessos e os tipos de resíduos (sólido, líquido, gasoso e os agentes físicos) levantados na modelagem dos subprocessos. Através dela é possível visualizar a concentração da geração de cada tipo de resíduo aos subprocessos.

Quadro 21– Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso radiológico

IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS NO PROCESSO			
Subprocesso	Resíduos sólidos	Resíduos líquidos	Resíduos gasosos
Listar os subprocessos que geram os resíduos tecnológicos.	Descrever os resíduos sólidos gerados em cada um do subprocesso listado.	Descrever os resíduos líquidos resultantes do subprocesso.	Descrever as emissões gasosas geradas em cada um dos subprocessos.
A -Protocolar exame	Papel,		
B – Realizar exame	Tubo de raio-x Equipamento de raio-x Gerador Painel de comando		
C – Revelar filme	Galão de plástico Filme virgem Filme revelado Caixas de papelão Processadora	Químico da limpeza Químicos (fixador, revelador, líquido da lavagem pós-fixação	Gases resultantes dos químicos
D – Analisar exame	Papel Filme radiográfico revelado		

No processo tecnológico analisado C- Revelar filme, avaliou-se como resíduo tecnológico potencial a processadora, pois esta ainda não estava no final do seu ciclo de vida ‘obsolescência’ para ser descartada. No setor de radiologia, em uma sala encontraram-se peças de diversos equipamentos médico-hospitalares, entre elas, um equipamento de raio-x, um gerador, um painel de comando e tubos de raio-x, todos desativados há cinco anos, mas que permanecem no setor sem que lhes seja dado um destino final.

Quadro 22 - Agrupamento dos resíduos produzidos em cada subprocesso radiológico

IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS NO PROCESSO						
Subprocesso	Ruído	Vibrações	Radiações ionizantes	Radiações não ionizantes	Temperatura anormais	Umidade
Listar os subprocessos que geram os resíduos tecnológicos.	Preencher na lacuna qual a procedência do respectivo resíduo tecnológico produzido no subprocesso analisado					
B – Realizar exame			Equipamento de raio-x			
C – Revelar filme	Processadora				Processadora	Câmara escura

Os demais resíduos levantados no processo radiológico do Quadro 21 possuem um ciclo de vida inferior ao equipamento médico-hospitalar, sendo descartados comumente na rotina do ambiente hospitalar, tendo, portanto, um destino final definido. O tubo de raio-x, que é parte integrante do equipamento de raio-x, apesar de possuir um ciclo de vida inferior ao equipamento de raio-x, pois este é trocado algumas vezes, não tem um destino final definido, sendo depositado na sala do setor de radiologia.

A classificação dos resíduos identificados no Quadro 21 é realizada de acordo com a resolução da Anvisa nº 33 de 2003, adotada no trabalho. No Quadro 23 são apresentados os resultados das classificações dos resíduos tecnológicos gerados no processo radiológico do Hospital H, o estado físico do resíduo e a indicação ou não da reciclagem ou reutilização.

Quadro 23– Classificação dos resíduos gerados no processo radiológico

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS TECNOLÓGICOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO ANVISA													
Subprocesso	Resíduo Tecnológico	Grupo					Estado Físico			Reciclar		Reutilizar	
		A	B	C	D	E	S	L	G	S	N	S	N
Escrever o subprocesso analisado	Escrever o resíduo em análise	Marcar com X o Grupo a qual pertence					S – Sólido L – Líquido G – Gasoso			Marcar com X se é possível reciclar		Marcar com X se é possível reutilizar	
A -Protocolar exame	Papel				X		X			X			
B – Realizar exame	Tubo de raio-x				X		X			X			
	Equipamento de raio-x				X		X			X			
	Gerador				X		X			X			
	Painel de comando				X					X			
C – Revelar filme	Galão de plástico				X		X			X		X	
	Filme virgem				X		X			X			
	Filme velado				X		X			X			
	Papelão				X		X			X			
	Químico da limpeza		X					X					
	Fixador		X					X		X			
	Revelador		X					X		X			
	Água de lavagem pós fixação		X					X					
	Gases dos químicos		X						X				
	Processadora				X					X			
D-Analisar exame	Papel				X		X			X			
	Filme revelado				X		X			X			

A, B, C, D, E – Classificação dos resíduos segundo resolução da Anvisa [ANVISA, 2003a]

O tratamento e destino final dado aos resíduos de serviço de saúde são estabelecidos de acordo com a classificação, adotada pelo EAS, que recebem. Para os químicos identificados no processo radiológico, com exceção do fixador, que é revendido para que dele se retire a prata, todos são jogados diretamente na rede de esgoto, inclusive a água de lavagem pós-fixação. Os filmes também são vendidos para a retirada da prata; as caixas de papelão são vendidas para reciclagem; o papel é jogado em recipientes para resíduo comum; os galões são reaproveitados para armazenar os reveladores que são vendidos.

O Ministério da Saúde [BRASIL, 2002] preconiza a reciclagem e reutilização como atividades para diminuir a geração da carga poluidora. Contudo, segundo a resolução do Conama nº 5/1993 [CONAMA, 1993], a responsabilidade não cessa mesmo após a transferência dos resíduos a terceiros, o que é conhecido como “princípio da co-responsabilidade”. No entanto, o Hospital H não acompanha os destinos dos resíduos vendidos.

A resolução nº 33 da Anvisa [ANVISA, 2003a] estabelece que os reveladores usados deveriam ser neutralizados e, só então, descartados com grande quantidade de água no sistema de esgoto sanitário com sistema de tratamento, todavia, no Hospital H, são descartados diretamente na rede de esgoto, sem neutralização, sem tratamento e sem grandes quantidades de água.

Essa mesma resolução prescreve que os resíduos contendo metais pesados devem ser encaminhados a aterro sanitário industrial para resíduos perigosos, ou ser submetidos a tratamento de acordo com as orientações do órgão local de meio ambiente. Apesar de o tubo de raio-x conter em sua composição chumbo, que é um metal pesado, este se encontra na forma sólida, não sendo necessário destiná-lo conforme a resolução; assim, a reciclagem seria o destino final mais adequado. Para os equipamentos identificados, a resolução nº 33 da Anvisa não faz referência, porém esses poderiam também ser vendidos para reciclagem em indústrias.

Para os resíduos do Quadro 22, o tratamento como a prevenção e/ou controle não são tomados; para o ruído que provém da processadora, não são medidos os níveis para comparar com os limites de tolerância estabelecidos pelo Ministério do Trabalho; para as radiações ionizantes, não são monitoradas as áreas circunvizinhas à sala onde se realizam os procedimentos radiológicos para verificação se os níveis de radiação são mínimos

segundo a Portaria 453 da Anvisa [ANVISA, 1998]; para a umidade e temperatura, não são monitorados os valores para controle segundo as sugestões dos fornecedores dos insumos.

No Quadro 24 são apresentados os tipos de riscos (risco físico, químico e biológico) associados aos resíduos tecnológicos gerados no processo radiológico e o efeito adverso relacionado a cada resíduo.

Quadro 24– Levantamento do efeito adverso relacionado aos resíduos gerados no processo de utilização da TMH no setor radiológico

Subprocesso	Tipo de resíduo	Tipo de Risco			Efeito adverso
		F	Q	B	
Realizar exame	Radiações ionizantes	X			Efeitos determinístico e/ ou estocástico [DIMENSTEIN, 2001].
	Tubo de raio-x		X		Composta por chumbo que é um metal pesado e pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente [BRASIL, 2002].
Revelar filme	Revelador		X		Pode ser fatal ou nocivo se ingerido causando efeitos adversos sanguíneo, testiculares e reprodutivos; causa queimaduras graves na pele e nos olhos [KODAK, 2003a]. Pode causar repercussões ecológicas [BRASIL, 2002].
	Fixador		X		Pode ser nocivo à saúde se ingerido, causa irritação na pele e nos olhos. O resíduo seco do produto pode atuar como agente redutor, a secagem sobre roupas ou outras matérias pode causar fogo [KODAK, 2003b]. Pode causar repercussões ecológicas [BRASIL, 2002].
	Químico da limpeza		X		Pode causar irritação nos olhos, e na pele. Perigoso se ingerido.
	Gases dos químicos		X		Vapor extremamente irritante para os olhos e aparelho respiratório [KODAK, 2003a], [KODAK, 2003b]. Também podem comprometer a qualidade dos filmes e dos químicos [BERNS, 1999].
	Ruído	X			Pode trazer sérias perturbações funcionais ao organismo, pode afetar o sistema nervoso, o aparelho digestivo e circulatório, traz desconforto e fadiga [BRASIL, 1995].
	Temperatura anormal (calor)	X			Pode causar os seguintes sintomas: colapso, convulsões, delírio, alucinações e coma sem aviso prévio. Aumento da pulsação e da temperatura do corpo. Fadiga, tonturas, náuseas, vômitos e câimbras musculares [BRASIL, 1995].
	Umidade	X			No processo radiológico a umidade presente compromete a qualidade e revelação dos filmes [NEGRETTI, 1999].

O conhecimento dos riscos e impactos relacionados aos resíduos resultantes dos processos tecnológicos é o primeiro passo para que a engenharia clínica, através da GTMH, atue no sentido de garantir a segurança no ambiente hospitalar.

O impacto adverso está relacionado com a presença dos agentes potenciais de riscos nos subprodutos identificados no processo radiológico e os efeitos adversos que esses

podem causar no ambiente hospitalar. Esses subprodutos são gerados nos processos de uso das tecnologias médico-hospitalar e podem causar riscos físico e químico, conforme o Quadro 24. A maneira como esses subprodutos são manejados na rotina do ambiente hospitalar e, extrapolando para fora dos EAS, como é realizado o seu destino final pode potencializar esses impactos, pois a ameaça que é a presença desses agentes existe. A vulnerabilidade vai depender do potencial de exposição desses subprodutos, da frequência com que ocorrem, da magnitude, das medidas de proteção adotadas, dos procedimentos e do efeito adverso desses no ambiente hospitalar e/ou aos usuários e pacientes. As ações de melhoria devem focalizar os processos tecnológicos que produzem impactos adversos críticos, os quais podem ser priorizados pela análise da ameaça e vulnerabilidade.

4.5 APLICAÇÃO DA FASE 5: APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO

Nesta etapa, ações serão sugeridas para reduzir a produção de resíduos e, assim, o impacto adverso potencial. No Quadro 25 são apresentadas as ações para reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos identificados no processo radiológico.

O Quadro 26 mostra sugestões de ações para reduzir os resíduos tecnológicos identificados no Quadro 22. Para esses, deverão ser analisadas medidas técnicas e preventivas que diminuam ou atenuem a sua presença.

A aplicação destas sugestões envolve elaboração de planos de ação e intervenções no processo que seriam as próximas etapas da metodologia proposta. Em virtude do longo prazo necessário para a elaboração e implementação do plano de ação, não foi possível aplicar as etapas finais da fase 5 da metodologia proposta. No entanto, sugere-se que tal implementação seja concretizada no projeto de extensão firmado entre o IEB-UFSC e os hospitais da SES de Santa Catarina.

Quadro 25 -Levantamento das ações para realizar o princípio dos 3 Rs no processo radiológico

	PROCESSO	AÇÃO
REDUZIR	Escrever o Subprocesso de atuação.	Lista as ações para a redução do consumo de água e energia, materiais de alto risco e geração de resíduos.
	Protocolar exame	Modificar o formulário de solicitação de exame dos médicos. Esta ação poderia impedir que informações sobre o tipo do exame a ser realizado fossem erroneamente interpretadas.
	Realizar exame	Poderiam ser implementadas manutenções preventivas que realizassem testes que garantissem o controle de parâmetros levantados no Quadro 12 dos equipamentos de raio-x. Esses testes poderiam ser realizados com o auxílio da resolução nº 64 da Anvisa [ANVISA, 2003b] ‘Guia de Procedimentos para Segurança e Qualidade de Imagem em Radiodiagnóstico’, que é uma proposta de como realizar os testes de segurança e desempenho preconizado pela portaria 453 [ANVISA, 1998]. Treinamentos devem ser administrados para melhorar a aplicação da técnica radiográfica e princípios de posicionamento que poderiam ser fixados em tabelas de exposições..
	Revelar filme	Instalação de dispositivos poderiam ser planejados para garantir a temperatura e umidade da câmara escura evitando-se assim que a qualidade dos filmes virgens seja prejudicada. A circulação do ar também deve ser revista com análise para instalação de filtros, pois os gases resultantes do processo influenciam na qualidade dos químicos, dos filmes e na saúde dos profissionais. A correta manipulação dos filmes poderá ser atingida com treinamentos. O armazenamento dos filmes no almoxarifado também poderia ser revisto, com o adequado controle da temperatura. Manutenções preventivas poderiam ser realizadas nas processadoras para verificar parâmetros levantados no Quadro 12. Treinamentos para os profissionais da câmara escura poderiam ser realizados para melhorar a limpeza e preparação dos químicos utilizados no processo de revelação. Outros parâmetros poderiam ser analisados e notificados como qualidade dos insumos fornecidos e da água usada no processo de revelação dos filmes.
REUTILIZAR	Analisar exame	O filme radiológico e o protocolo do exame poderiam ser colocados em envelopes, ou identificados de forma definida com os profissionais do setor de radiologia. Reuniões de técnicos e médicos poderiam ser realizadas para melhorar a técnica radiográfica, e assim, definir um padrão de qualidade de imagem. Treinamentos para os médicos mostrando os custos associados ao processo e os efeitos adversos da radiação, evidenciando o princípio da justificação da prática e das exposições médicas. Também a qualidade de luminância dos negatoscópios deve ser analisada.
	Revelar filme	Listar ações para a reutilização de materiais evitando a necessidade de descarte e reciclagem Os galões dos químicos poderiam ser re-utilizados para armazenagem dos químicos encaminhados para reciclagem.

RECICLAR		Listar as ações necessárias para otimizar o sistema de reciclagem do EAS, tais como segregação, coleta, parcerias com empresas que façam uso dos materiais reciclados.
	Protocolar exame Revelar filme Analisar exame	Para que ocorra a reciclagem é necessário que os resíduos sejam segregados corretamente no momento da sua geração. Em todos os itens identificados é necessário avaliar qual poderá ser comercializado e qual poderá ser aproveitado internamente. Mesmo que o resíduo for comercializado para outros o EAS, o gerador deverá acompanhar o que é feito com o resíduo até o destino final, pois a responsabilidade deste a geração até a disposição final é do EAS gerador [ANVISA, 2003].

Quadro 26 - Levantamento das ações preventivas para os resíduos do processo radiológico

RESÍDUOS TECNOLÓGICOS		
Subprocesso	Resíduo tecnológico	Controlar o resíduo
Escrever o subprocesso analisado	Descrever o resíduo em análise	Adotar medidas técnicas, administrativas, preventivas ou corretivas de diversas naturezas, que tendem a eliminar ou atenuar os agentes
1 – Realizar exame	Radiações ionizantes	As radiações podem ser reduzidas com a aplicação da técnica adequada buscando a menor radiação para o paciente, mas que ainda forneça qualidade de imagem. Os pacientes e profissionais poderiam se proteger da radiação através da utilização adequada de equipamentos de proteção individual (EPI). Procedimentos como fechar a portar durante a realização dos exames, poderiam evitar a exposição às radiações nos pacientes à espera pelos exames, acompanhantes e profissionais da saúde. Também, a realização de testes de desempenho no equipamento de raio-x, poderia aumentar a confiabilidade dos valores selecionados pelos técnicos nos equipamentos.
2 – Revelar filme	Temperatura anormal (calor)	A temperatura da câmara poderá ser controlada com dispositivos de calefação e refrigeração. Temperaturas é um fator importante no processo radiológico, seu monitoramento é necessário para garantir a qualidade nos filmes virgens e para não afetar os profissionais que trabalham na câmara escura. A temperatura deverá obedecer ao que especifica o fabricante de filmes, sendo indispensáveis dispositivos de calefação no inverno e refrigeração para o verão de tal forma que a temperatura permaneça na faixa de 15 °C a 22 °C na câmara escura [BERNS, 1998].
	Umidade	A umidade na câmara escura poderá ser controlada através de ar condicionado que deverá manter a umidade relativa dentro de limites definidos. Um suplemento de ar adequado deverá manter o controle de umidade relativa em níveis entre 40% e 60% [BERNS, 1998].
	Ruído	Os níveis de ruído máximo permissíveis são legalmente estipulados pela NR-15 da portaria nº 3214/1978. A avaliação deverá ser feita utilizando-se um decibelímetro. Se o ruído estiver acima do estipulado pela portaria este deverá ser controlado através de medidas: redução do ruído na fonte, modificação da metodologia de produção para outra mais silenciosa, redução ou prevenção da propagação e uso de equipamentos de proteção individual nos casos em que o ruído não possa ser controlado.

A elaboração de um plano de ação, contemplaria a escolha de indicadores que fornecessem uma visão quantitativa da situação atual (poderiam ser retirados do diagrama de causa e efeito ou dos fluxogramas das atividades), medições, definição de cronogramas para aplicação das sugestões, descrevendo como fazer e em que parte do processo atuar, comparações com medidas iniciais, com outros processos ou padrões, análise dos resultados, fiscalizações das instalações e ambiente, treinamento, volume de insumos inutilizados (ex. taxas de rejeição de películas), calibração do equipamento e testes de qualidade nos equipamentos. A constante monitoração do processo por meio de um conjunto de indicadores poderia ser alcançada pela atuação da engenharia clínica através da GTMH.

A metodologia proposta constitui-se como um primeiro ciclo de análise servindo de base para definições de ações de melhorias para aplicação no processo e futuras análises, constituindo-se, assim, em uma metodologia cíclica.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho constitui-se em uma proposta de metodologia para identificar os impactos adversos potenciais resultantes dos processos de uso da tecnologia médico-hospitalar. Para tanto, foi necessário conhecer os processos tecnológicos e as atividades que os compunham, para, então, identificar os subprodutos gerados por essas. Depois de identificados, os subprodutos foram classificados segundo o referencial teórico construído no capítulo 2, sendo feitas sugestões de intervenções no processo visando à maior segurança para pacientes e profissionais da área da saúde e ao aumento da qualidade desses processos.

Para auxiliar nessas análises, representou-se o sistema de prestação de saúde por meio da teoria geral de sistema conforme MEZOMO (1995). O sistema representado foi então modelado utilizando-se como base a metodologia Gerenciamento por Processos, que foi adaptada para a área da saúde e modificada com enfoque no estudo do subproduto gerado nos processos de uso da TMH. Tal metodologia foi empregada com o objetivo de definir, analisar e gerenciar as melhorias no desempenho dos processos que utilizam a TMH com a finalidade de atingir as condições ótimas para o cliente principal o paciente. A metodologia GP está embasada no conceito de qualidade introduzido por JURAN (1990), que considera qualidade como sendo a “adequação ao uso”, vindo, portanto, ao encontro do conceito de qualidade adotado para a engenharia clínica, conforme preconizado por BESKOW (2001) e GALEANO (1999).

Nesses termos, a metodologia proposta no trabalho constitui-se em uma importante ferramenta para o aprimoramento da GTMH, especialmente na condução das fases de utilização e obsolescência do ciclo de vida das tecnologias, pois as várias formas de implementar métodos para gerenciar a TMH até então utilizadas pela GTMH não contemplavam a preocupação com os processos de uso da TMH, como abordado neste estudo.

Com a utilização do Gerenciamento por Processos como ferramenta de avaliação do sistema, para auxiliar as EEC na GTMH, é possível alcançar uma melhor eficiência dos processos de uso da TMH, pois se deixa de gerenciar funções e passa-se a gerenciar processos. Além de identificar os impactos adversos potenciais, a metodologia também buscou conhecer os possíveis fatores da geração de resíduos para encontrar as não-

conformidades em relação às legislações e às recomendações existentes, visando melhorar a utilização da tecnologia.

Neste trabalho, a metodologia proposta foi aplicada em um serviço de radiologia de um hospital público de Santa Catarina. O processo radiológico foi modelado, do qual se obtiveram quatro subprocessos: Protocolar exame; Realizar exame; Revelar filme e Analisar o exame.

No processo radiológico, o resultado das radiografias só é observado depois que o filme é revelado, ou seja, mesmo que a imagem não forneça informações para o diagnóstico, terá de passar por quase todos os subprocessos para que o seu resultado possa ser conferido, resultando em gastos de filmes, químicos, energia elétrica, horas de trabalho especializado desperdiçado, entre outros, pelo EAS. Para implementar ações que reduzam os desperdícios, é necessário, primeiro, garantir o objetivo do processo, que é a qualidade da imagem para a obtenção de informações diagnósticas e mínima exposição de radiação no paciente. Essa qualidade dependerá de todas as etapas do processo radiológico, e não apenas da funcionalidade dos equipamentos.

Com a descrição dos subprocessos, avaliou-se cada etapa, concluindo-se que Realizar exame e Revelar filme são os subprocessos mais críticos em relação à segurança no ambiente hospitalar. No primeiro são escolhidos os parâmetros de exposição que definirão os níveis de radiação a que o paciente e os profissionais estão expostos; no segundo, os usuários são expostos aos químicos do processamento radiológico. São esses também os subprocessos que mais geram resíduos e que podem estar suscetíveis a gerar desvios de operação. Os demais subprocessos também podem contribuir para desvios, como no subprocesso Protocolar exame, onde a geração de informações incorretas compromete os demais subprocessos, podendo gerar novas solicitações de exames, e no subprocesso Analisar exame, em que a dificuldade na avaliação (pois no setor analisado não são definidos padrões de imagem para análise) ou a perda da radiografia podem ocasionar repetições de exames.

No subprocesso Realizar exame, o técnico em radiologia é o encarregado de empregar a técnica radiográfica para o exame. Nessa etapa é que serão controlados os níveis de exposição do paciente e a qualidade da imagem das radiografias. Não sendo essa adequada, haverá a necessidade de repetição de exame (doses desnecessárias), retrabalho e desperdício de material, o que gera aumento nos custos para os EAS. Sendo, portanto, importante a implantação de programas de treinamento periódico e atualizações dos

técnicos radiologistas. Também nesse processo é importante que o equipamento de raio-x esteja funcional, ou seja, atendendo aos requisitos tanto de desempenho como de segurança elétrica, pois, se o técnico em radiologia seleciona os valores e o equipamento estiver não ajustado (erro superior ao recomendado por norma, portaria) poderá expor pacientes a radiações de valores desconhecidos (não controlados) além de afetar a qualidade da imagem, causando repetições de exposições.

Dentre as atividades do processo radiológico analisadas, no último subprocesso, Analisar exame, a atividade realizada pelo médico especialista (apresentada na Figura 31 – Fluxograma do subprocesso D -Analisar exame) não agrega valor nenhum ao produto final do processo, já que esta ação, na maior parte dos exames, ocorre depois que o médico solicitante já realizou a análise da radiografia e prescreveu o diagnóstico para o paciente. De acordo com o setor de radiologia do Hospital H, radiografias com o diagnóstico do especialista permanecem no setor sem que os pacientes as retirem.

O estudo das causas que geram resíduos, no caso analisado, reforçou que a ineficiência do processo não está relacionada somente à funcionalidade do equipamento, mas também à qualidade dos insumos utilizados, a procedimentos realizados, aos recursos humanos, às condições apresentadas pela infra-estrutura do EAS, ao fluxo de informação, entre outros, ou seja, o desempenho do processo está relacionado a todo o contexto do uso da TMH e se reflete na geração de resíduos. Esses resíduos, que são os subprodutos gerados nos processos de uso das tecnologias, podem causar riscos físico e químico.

Modificações no ambiente hospitalar, resultantes da geração de resíduos, como as ações para garantir a proteção aos usuários e pacientes, gastos com tecnologias de tratamento, ações para o adequado manejo e destino final, são alguns dos impactos que os resíduos trazem para os EAS. A escolha do tratamento e da disposição final a ser dada para os resíduos de serviços de saúde envolve um cuidadoso processo de planejamento realizado pelo EAS gerador ou pelo grupo de geradores. Segundo a OPAS [1997], planejamento em saúde é a previsão para obter melhor utilização e aproveitamento dos recursos, com o objetivo de conseguir a maior satisfação possível das necessidades de uma determinada população.

Nesse planejamento devem ser levadas em consideração fatores internos, como qualidade e quantidade dos resíduos gerados, alternativas para a redução de resíduos perigosos e comuns, alternativas e viabilidade de reciclagem, alternativas de tratamento prévio, disponibilidade de recursos para investimento e custeio. Fatores externos também

devem ser levados em consideração, como oferta de serviços e equipamentos de coleta, tratamento e disposição final na região, possibilidade de formação de grupo de geradores centralizados para reduzir os custos, nível de participação e colaboração dos serviços municipais e exigências legais (legislação sanitária, ambiental e de limpeza urbana nos níveis municipal, estadual e federal).

Os processos de redução, reutilização e a reciclagem estendem o ciclo de vida dos produtos, fazendo com que a demanda pela extração de recursos naturais seja reduzida. As atividades relacionadas à reutilização e à reciclagem poderão gerar novos elos na cadeia produtiva, contribuindo, inclusive, para a geração de empregos. Vale ressaltar que qualquer ação que envolve os 3R (reduzir, reutilizar e reciclar) nos processos deverá ser projetada de forma a não causar danos à saúde dos trabalhadores envolvidos, principalmente à saúde dos pacientes, que são o objetivo principal dos processos realizados nos estabelecimentos assistenciais de saúde.

Os processos de reutilização e reciclagem poderão envolver novo dispêndio de energia, consumo de outros materiais e até produção de novos resíduos inerentes a esses processos, o que poderá torná-los pouco atraentes do ponto de vista econômico e ambiental. Há de se ressaltar ainda que certos resíduos gerados nos EAS poderão estar contaminados com agentes potenciais de risco, sendo necessário avaliar a relação risco-benefício para saber se vale à pena realizar os processos de reutilização e reciclagem nesses resíduos gerados.

A utilização da metodologia proposta neste estudo vem proporcionar o alcance dos objetivos do trabalho, permitindo um diagnóstico e sugestões de soluções de situações problemas visando à melhor utilização da tecnologia, com reduções de desperdícios e falhas no sistema.

As fases mais difíceis resultante da aplicação da metodologia proposta foi a Fase 2 e a Fase 3. Na Fase 2, a maior dificuldade foi a modelagem do processo tecnológico, pois as pessoas envolvidas no processo o viam de maneira diferente. Depois de várias interações, chegou-se em um modelo que representasse o processo radiológico conforme a sugestão e contribuição de cada profissional participante da equipe de trabalho. Na Fase 3, destaca-se a etapa 3.3 - Utilizar ferramentas de qualidade para analisar as oportunidades e causas identificadas; nessa etapa, a grande dificuldade foi a construção do diagrama de Ishikawa que, requeria conhecimentos de diferentes origens como: informações de outros hospitais, normas, informações com fornecedores, manuais dos equipamentos, modo de

funcionamento dos equipamentos, sua funcionalidade e segurança entre outros. Também a dificuldade de percepção de pequenos detalhes na rotina que são difíceis de serem identificados, mas que influenciavam no resultado final do processo.

A abordagem sistêmica deve ser bem entendida dentro do ambiente hospitalar, evidenciando a interdependência entre os mais variados processos e subprocessos existentes. Assim, a visão horizontal do processo e o entendimento da relação cliente-fornecedor mostram a dependência e importância das funções realizadas pelos profissionais da saúde, pois as saídas do processo podem gerar *feedback*, possibilitando a rastreabilidade do processo, para as avaliações dentro de cada subprocessos que devem ser realizadas nos diferentes níveis hierárquicos do processo. As decisões são tomadas sobre fatos, sobre bases de dados completos e atualizados, e as ações de melhoria devem focar para os processos mais críticos, que prejudicam a segurança e a qualidade no ambiente hospitalar.

A qualidade final do produto ou serviço é função direta da qualidade de cada atividade que participa do processo de operação. Para a EEC, o controle da geração de resíduos pode fornecer informações quanto a qualidade dos processos, pois desperdícios e retrabalhos refletem a ineficiência dos mesmos. Na busca da melhoria da qualidade dos processos através do envolvimento de todos do sistema, procura-se otimizar recursos que facilitem a correção de falhas de processamento, as quais se refletem diretamente na geração dos desperdícios. Assim, os EAS devem comprometer-se com seus profissionais possibilitando um ambiente adequado para que esses possam participar efetivamente no planejamento das atividades de forma contínua, com responsabilidade, integrando-se à política interna do EAS.

Para a aplicação da metodologia proposta em EAS por meio de EEC, este trabalho forneceu como produto final uma ferramenta de avaliação de sistema, para análise dos processos de utilização da TMH que se mostrou, através do estudo de caso, aplicável ao sistema de prestação de serviços de saúde.

A metodologia possibilita a análise de outras saídas, além dos subprodutos que foram estudados neste trabalho; como a qualidade da imagem dos exames radiológicos; a infra-estrutura oferecida; a qualidade do serviço oferecido aos pacientes; e outros.

Durante a aplicação da metodologia, a organização deve estar orientada pelo cliente externo “o paciente” buscando agregar o máximo de valor nos seus produtos e/ou serviços por meio dos seus processos. A organização deve estabelecer quais produtos são mais

significativos para a satisfação dos clientes (internos e externos) e, esta tarefa implica na avaliação do valor agregado destes produtos. Os profissionais devem estar prontos para atuar como solucionadores de problemas, para agir no sentido de realizar mudanças e melhorias.

Os formulários propostos neste trabalho podem contribuir para a análise dos serviços de saúde, gerando indicadores como: a capacidade instalada frente ao número de pacientes atendidos, a demanda de pacientes por determinado serviço refletindo a necessidade de uma região específica, desperdícios nas unidades ou serviços, leitos disponíveis e outros.

Apesar de os resultados apresentarem a realidade do processo radiológico no ambiente estudado, a metodologia proposta pode ser aplicada a outro processo tecnológico, sendo possível, ainda, a integração de outras ferramentas que auxiliem em cada estudo de caso.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

No decorrer desta pesquisa, observou-se alguns aspectos a serem tratados e incorporados na metodologia proposta.

Sugere-se, pois, para estudos futuros os seguintes itens:

1. Utilizar outras ferramentas para avaliar as causas da geração dos resíduos tecnológicos como FMECA (Análise dos Modos de Falha seus Efeitos e Criticidade).
2. Estudar o custo operacional do processo envolvendo uma avaliação dos custos de cada atividade, e comparar com o custo orçado pelo EAS, como por exemplo o método ABC.
3. Aplicar a metodologia proposta em outros processos tecnológicos e em outros EAS, como, por exemplo, na medicina nuclear.

ANEXOS

ANEXO I

MODELO DE FORMULÁRIO SUGERIDO PARA LEVANTAR DADOS SOBRE O EAS

Quadro 27- Formulário I: Dados Gerais do EAS

CARACTERIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE		
Dados Gerais - Identificação		
Razão Social – Hospital H		Tipo de Estabelecimento
Nome Fantasia		X Hospital
Quanto à propriedade: <input type="checkbox"/> Privado		<input type="checkbox"/> Lacen
<input type="checkbox"/> Filantrópico		<input type="checkbox"/> Hemorrede:
<input type="checkbox"/> Público Municipal		<input type="checkbox"/> Hemocentro
X Público Estadual		<input type="checkbox"/> Hemonúcleo
<input type="checkbox"/> Público Federal		<input type="checkbox"/> Unidade de coleta
<input type="checkbox"/> Outro: descrever		<input type="checkbox"/> Outro: descrever
_____		_____
_____		_____
Endereço: -----		Horários de funcionamento – 24 horas
Cidade: Florianópolis	Estado: SC	Referência em Neurocirurgia
País: Brasil	Fone ----	No. de leitos: 200
Fax:-----	Ramal:----	No. de leitos de UTI: 12
E-mail:-----		No. de salas cirúrgicas: 7
Município: Florianópolis	UF: SC	Capacidade de Atendimentos 9000 pacientes /mês
Nº de Habitantes 271 mil		
Diretor Geral: -----		
Diretor Clínico: -----		
Diretor Administrativo: -----		

ANEXO II

MODELO DE FORMULÁRIO SUGERIDO PARA LEVANTAR A CAPACIDADE OPERACIONAL DO
PROCESSO EM ESTUDO

Quadro 28- Formulário II: Capacidade operacional das unidades - modificado [BRASIL, 2002]

DESCRIÇÃO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DOS SETORES E/OU ESPECIALIDADES QUE FAZEM PARTE DO PROCESSO TECNOLÓGICO ANALISADO					
Unidade ou Serviço	Numero de Leitos		Pacientes / Mês		Considerações
	Instalada	Em uso	Instalada	Em uso	
Listar setores e/ou especialidades em que se encontra o processo tecnológico a ser analisado.	Para os setores que têm a capacidade de atendimento definida pelo número de leitos, descrever a capacidade projetada e a capacidade atual.		Para setores que têm a capacidade de atendimento definida pelo número de pacientes/mês atendidos, descrever a capacidade projetada e a capacidade atual.		Descrever a causa de a capacidade em uso não estar de acordo com a capacidade instalada (falta de pessoal, reformas, falta de equipamentos médicos hospitalares, etc).
Setor de Radiologia	----	----	4700	3000 a 3500	Falta de pessoal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORNOZ, L. J. C.; 2000. **Determinação do ciclo de vida útil de equipamentos eletromédicos.** Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- ALMEIDA, L. G. de.; 1995. **Qualidade: introdução a um processo de melhoria.** 1 ed. Rio de Janeiro : Qualitymark. 168p.
- ANTUNEZ, S.; 2000. **Planejamento Estratégico para Substituição e Incorporação de Tecnologias na Área de Saúde.** 90p. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 1998. **Portaria nº 453, de 01 de junho:** Diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2000. **Consulta Pública nº 48, de 4 de julho:** Regulamento técnico sobre diretrizes gerais para procedimentos de manejo de resíduos de serviço de saúde. Brasília.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2001a. **Tecnovigilância.** Brasília: ANVISA. Disponível: http://www.anvisa.gov.br/tecnovigilancia/plano_tecno.htm. Acesso em 24 de outubro de 2001.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2001b. **Consulta Pública nº 98, de 06 de dezembro:** Dispõe sobre produtos médicos de uso único e o reprocessamento do grupo de produtos médico-hospitalares que especifica e dá outras providências. Brasília.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003a. **Resolução RDC nº33, de 25 de fevereiro:** Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2003b. **Resolução RE nº 64, de 04 de abril:** Guia de Procedimentos para Segurança e Qualidade de Imagem em Radiodiagnóstico Médico. Brasília.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1993a. **Resíduos de Serviço de Saúde – Terminologia: NBR 12807.** Rio de Janeiro.

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1993b. **Manuseio de resíduos de serviços de saúde - Procedimento: NBR 12809**. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1993c. **Coleta de resíduos de serviços de saúde – Procedimento: NBR 12810**. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1993d. **Resíduos de Serviço de Saúde – Classificação: NBR 12808**. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1993e. **Sacos plásticos para acondicionamento de lixo: NBR 9190**. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; 1994. **Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais – Simbologia: NBR 7500**. Rio de Janeiro.
- AZEVEDO A. C.; 1998. Estudo da causa de rejeição de filmes radiográficos no Hospital Universitário da Universidade Federal do Rio de Janeiro. In. Congresso Latinoamericano de Ingenieria Biomédica. (1. :Nov. : Mazatlán). **Anais do 1º Congresso Latinoamericano de Ingenieria Biomédica**. México. p. 43-44.
- AZEVEDO, A. C. P.; FILHO, A. P.; SILVA, M. O. et al.; 2000. Waste cost in radiological services of Rio de Janeiro public hospitals. In: Word Congress on Medical Phisics and Biomedical Engineering. (Jul. : Chicago.) CD ROM. EUA.
- BARBOSA, A. T. R.; 1999. **Estudo de custo para implementar centros de engenharia clínica em unidades hospitalares**. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- BARBOSA, O. D.; GEWEHR, P. M.; 2000. Resultados preliminares da avaliação de serviços de raios-x em consultórios odontológicos. In Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. (17. :Set. 11 – 12 e 13 : Florianópolis). **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. Santa Catarina. Vol. 1. p. 414-417.
- BERNS, E.; 1998. **Procedimentos de ensaio de segurança e funcionalidade em radiologia diagnóstica**. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

- BERNS, E.; ANTUNEZ, S.; GARCIA, R. et al. 1999. Controle de filmes no setor de radiologia no Hospital Governador Celso Ramos. In: Primeras Jornadas de Ingeniería Clínica. (12. :Jun. 2 – 3 e 4 : Buenos Aires) . **Anais do XII Congresso Argentino de Bioingeniería**. Argentina. p. 225-228.
- BESKOW, W. B.; 2001. **Sistema de informação para o gerenciamento de tecnologia médico-hospitalar: Metodologia de desenvolvimento e implementação de protótipo**. Tese (Doutorado em engenharia elétrica); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- BONILLA, M. B.; GALÁN, A. P.; 2002. Evaluación de tecnologías de salud. **Revista Médica del Uruguay**, Uruguai, vol. 18, nº 1, p. 27-35, maio.
- BRANDSTETTER Jr., W. G.; 1998. **Estudo de segurança e funcionalidade de equipamentos de ultra-sonografia diagnóstica**. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 152p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego; 1978. **Portaria nº 3.214, de 08 de junho**: Aprova as normas regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da consolidação das leis do trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Segurança e Saúde no Trabalho.
- BRASIL. Ministério da Saúde; 1995. **Segurança no Ambiente Hospitalar**. Brasília : Secretaria de Assistência a Saúde. 195p.
- BRASIL. Congresso Nacional; 1998. **Projeto de Lei n. 4344**. Dispõe sobre a coleta, o tratamento e a destinação final do lixo tecnológico. Brasília.
- BRASIL. Ministério da Saúde; 2000. **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde**. Secretaria Executiva. Brasília: REFORSUS. 120p.
- BRASIL. Ministério da Saúde; 2002. **Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde**. Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde. 450p.
- BRONZINO, J. D.; 1992. **Management of Medical Technology**: a primer for Clinical Engineers. USA : Copyright. 451p.

- BRONZINO, J. D.; 1994. Clinical Engineering: evaluation of a discipline. In: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. **Anais**. Rio de Janeiro. P. 238.
- CATILHO Jr; A. B.;1998. **A disposição de resíduos sólidos em área degradada por rejeitos da mineração de carvão**: análise do aterro controlado de Forquilha – SC. Dissertação (Mestrado em geografia); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- CETESB, São Paulo.; 1997. **Resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde: tratamento e disposição final – texto básico**. – São Paulo : CETESB. 34p.
- CHENG, M.; 2002. **A Guide for the Development of Medical Device Regulations**: Draft Global Edition. World Health Organization, Abr., p. 56.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear; 1985. **Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas: CNEN-NE-6.05**. Rio de Janeiro. 49p.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear; 1998. **Licenciamento de instalações radiativas: CNEN-NE-6.02**. Rio de Janeiro. 19p.
- COELLI, F. C.; 2002. **Avaliação de desempenho de aparelhos de raios-X no Hospital Municipal Miguel Couto**. Dissertação (Mestrado em engenharia biomédica), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; 1991. **Resolução nº 006 de 19 de setembro**: Dispõe sobre a incineração de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos. Brasília.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; 1993. **Resolução nº 5 de 05 de agosto**: Define os procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes de serviços de saúde, portos e aeroportos. Estende exigências aos terminais rodoviários e ferroviários. Brasília.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; 1999. **Resolução no 257 de 30 de junho**: Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequado. Brasília.

- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; 2001. **Resolução nº 283 de 12 de julho:** Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. Brasília.
- CÔRTE, R. E. F.; ALEXANDRE, A. C.; 1989. Proposta para implantação de um programa de Garantia de Qualidade em Radiodiagnóstico. **Revista Brasileira de Engenharia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 127-130, set. 1989.
- CRAM, N.; 1999. Using medical technology assessment as a tool for strategic planning. **Journal of Clinical Engineering**, March/ April. Vol. 24, nº 2, p 113-123.
- CUNHA, L. R.; 1997. **Destinação Final de Resíduos de Serviços de Saúde em Conversão por Plasma:** Subsídios para encontro de especialistas sobre tratamento de resíduos de serviços de saúde . – Brasília : Ministério da Saúde, IBAMA, FNS, OPAS/OMS. 22 p.
- DATE, T.; 2000. Management of diagnostic x-ray radiation. In. International Congresses of IRPA-International Radiation Protection Association. (10. :Maio. : Hiroshima). **Proceedings of X International IRPA Congresses**. Japan. p.7-6. Disponível em < <http://www.irpa.net/pub/pr/index.html> >. Acesso em 20 de julho de 2002.
- De OLIVEIRA, S. T.; 1996. **Ferramentas para o Aprimoramento da Qualidade. Série Qualidade Brasil.** 2 ed. São Paulo : Pioneira. 115p.
- DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y. M. M.; 200. **Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico.** 1 ed. São Paulo : Editora SENAC São Paulo. 87p.
- EPA – Environment Protection Agency; 1992. **Alternate Treatment Technologies Fact Sheets:** Draft. EUA, Disponível em < <http://www.epa.gov/epaoswer/other/medical/download.htm>>. Acesso em 18 de agosto de 2002.
- EPA – Environment Protection Agency; 1993. **Guidance for Evaluating Medical Waste Treatment Technologies:** Final report. EUA, Disponível em < <http://www.epa.gov/epaoswer/other/medical/download.htm>>. Acesso em 20 de setembro de 2002.

- ESTRELLA LARA L. O.; 1994. Visión Integral de la Gestión de Tecnologías en Salud; In. III Coloquio Venezolano de Bioingeniería. (3. :Jan. : Caracas). **Anales del III Coloquio Venezolano de Bioingeniería**. Venezuela.
- FRANCO, H. A.; HILL R.; 2000. Tecnologías para el Procesamiento de Resíduos Biomédicos. In. Jornadas de Ingeniería y Mantenimiento Hospitalario. (6. :Out. 19 - 20 e 21 : Entre Ríos). **Anais da VI Jornadas de Ingeniería y Mantenimiento Hospitalario**. Argentina. p. 1-11.
- FREEMAN, James J. et. al.; 1979. Safety Program. In: WEBSTER, John G. COOK, Albert M. **Clinical Engineering: principles and practices**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, p. 143-194.
- GALEANO, J. C. V.; 1999. **Procedimentos de Aquisição de Equipamentos Médico-Assistenciais – Uma Ferramenta Computadorizada de Apoio**. 164p. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- GONÇALVES, J. E. L.; 2000. As empresas são grandes coleções de processos. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo: FGV, v. 40, n. 1, p. 6-19, jan./mar.
- GULLIKSON, M. L.; 1995. Risk Factors, Safety, and Management of Medical Equipment. In: BRONZINO, J. D. **The Biomedical Engineering Handbooks**. USA : CRC Press. p. 2522-2536.
- HARRINGTON, H. J.; 1997. **Gerenciamento Total da Melhoria Contínua: a nova geração da melhoria de desempenho**. Tradução de José Carlos Barbosa dos Santos. São Paulo : Makron Books. 494p. Título original: Total improvement management.
- HARRINGTON, H. J.; 1993. **Aperfeiçoando processos empresariais**. Tradução de Luiz Liske. São Paulo : Makron Books. 343p. Título original: Business Process Improvement.
- HRONEC, S. M.; 1994. **Sinais Vitais: Usando Medidas de Desempenho da Qualidade, Tempo e Custos para Traçar a Rota para o Futuro de Sua Empresa**. Tradução Kátia Aparecida Roque. São Paulo : Makron Books. 240p.

- ISHIKAWA, K.; 1997. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro : Campus. 221p.
- JCAHO – Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organization; 2002. **Sentinel Event Glossary of Terms** . Disponível em: <http://www.jcaho.org>. Acessada em 07 de jun 2002.
- JURAN, J. M.; 1990. **Juran Planejando para a qualidade**. Tradução de João Mário Csillag, Cláudio Csillag. São Paulo : Pioneira. 394p. Título original: Juran on Planning for Quality.
- KODAK; 2003a. **Material Safety Data Sheets**. Disponível em <<http://www.kodak.com/cgi-bin/webCatalog.pl?cc=BR&lc=pt&product=Reforçador+do+Revelador+RP+X-OMAT>>. Acesso em 2003
- KODAK; 2003b. **Material Safety Data Sheets**. Disponível em <<http://www.kodak.com/cgi-bin/webCatalog.pl?cc=BR&lc=pt&product=Fixador+++reforçador+RP+X-OMAT+LO>>. Acesso em 2003.
- LIMA, A. D. C.; 1998. **Gerenciamento de processos na execução do macroprocesso construtivo: um estudo de caso aplicado no processo estrutural**. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- MACHADO, N. L.; MORAES, L. R. S.; 2001. Sistemas de tratamento e destino final de resíduos sólidos de serviços de saúde. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. (21. :Set. : João Pessoa). **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Paraíba. 1-9.
- MALIK, A. M.; SCHIESARI, L.M.C.; 1998. **Qualidade na Gestão Local de Serviços e Ações de Saúde. Saúde & Cidadania**. 1 ed. São Paulo : Fundação Peirópolis Ltda. 227p.
- MARTIN, J.; MCCLURE, C.; 1991. **Técnicas estruturadas e CASE**. Tradução de Lúcia Faria Silva. São Paulo : Makron, McGraw-Hill. 854p. Título original: Structured Techniques – The Basis for CASE.
- MCCLAIN, J. P.; 1995. Quality Improvement and Team Building. In: BRONZINO, J. D. **The Biomedical Engineering Handbooks**. USA : CRC Press. p. 2566-2584.

- MECUM, V.; 1994. **Estudo e aperfeiçoamento de processos (EPA)**. Rio de Janeiro : Finep. 72p.
- MEZOMO, J. C.; 1995. **Gestão da Qualidade na Saúde: Princípios Básicos**. São Paulo: J. C. Mezomo. 301p.
- NEGRETTI, A.; 1999. **Técnicas de processamento de filmes radiológicos: Manual e automático**. São Paulo : BRAFOX. 84p.
- OGATA, k.; 1990. **Engenharia de Controle Moderno**. Tradução de Ivan José de Albuquerque. Rio de Janeiro : Prentice Hall do Brasil Ltda. 781p. Título original: Modern Control Engineering.
- OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde; 1997. Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente, Divisão de Saúde e Ambiente. **Guia para manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde**. 65p.
- OROFINO, F. V. G.; 1996. **Aplicação de um sistema de suporte multicritério - Saaty For Windows - Na gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde - Caso do Hospital Celso Ramos**. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- OTA – Office of Technology Assessment. 1990. Finding the Rx for Managing Medical Wastes, OTA-O-459. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September. Disponível em < <http://www.epa.gov/epaoswer/other/medical/download.htm>>. Acesso em 18 de agosto de 2002.
- PANERAI, R. B.; MOHR, J.P.; 1990. **Evaluacion de tecnologias en salud – Metodologias para paises en desrrollo**. Organización Panamericana de la Salud. 113p.
- PRÜSS, A.; GIROULT, E.; RUSHBROOK, P.; 1999. **Safe management of wastes from health-care activities**. Geneva : World Health Organization. 230p.
- RIBEIRO FILHO, V. O. R.; 2000. Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. In: FERNANDES, A. T. **Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde**. São Paulo : Atheneu. v 1. p. 1156-1200.

- ROTONDARO, R. G.; 1997. Gerenciamento por Processos. In: CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações: a Engenharia de Produção a Serviço da Modernização da Empresa.** 2 ed. São Paulo : Editora Edgard Blücher Ltda. 593p.
- SANCHES, C. S.; 2000. Gestão ambiental proativa. **Revista de Administração de Empresas.** São Paulo : FGV, v. 40, n.1, p. 76-87, jan./mar.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Saúde. 1997. Programa Estadual de Controle de Infecção Hospitalar. **Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde.** Florianópolis, SC.
- SERPRO.; 2002. Congresso regulamenta entulho eletrônico. Tema, ano XXVI, edição 160, março. Disponível em: <<http://www.serpro.gov.br/publicacoes/tema/160/index.htm>>. Acesso em: 16 de abril 2002.
- SILVA, M. M. A. C.; 2000. **Avaliação do crescimento microbiológico em resíduos hospitalares infecciosos.** Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental); Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. et al.; 1997. **Administração da Produção.** Tradução de Ailton Bomfim Brandão; Carmem Dolores; Henrique Corrêa et al. 1. ed. São Paulo : Atlas S.A. 725p. Título original: Operations management.
- VARVAKIS, G. J.; DIAS, M. P.; ÑAURI, M. et al.; 2001. **Gerenciamento de Processos.** Apostila da disciplina Gerenciamento de Processos - (Programa de pós-graduação em engenharia de produção), UFSC.
- VARVAKIS, G. J.; DIAS, M. P.; NERES, W. A. et al.; 1998. **Gerenciamento de Processos e a Variável Ambiental.** Apostila do curso Gerenciamento de Processos e Variável Ambiental – (Programa de pós-graduação em engenharia de produção), UFSC.
- VELASQUES, O.; MOTA, H.; 1993. **Notas do curso básico de licenciamento e fiscalização em radiologia médica e odontológica.** Rio de Janeiro : IDR/ CNEN.
- WALD, A.; 1995. A Standards Primer for Clinical Engineers. In: BRONZINO, J. D. **The Biomedical Engineering Handbooks.** USA : CRC Press. p. 2522-2536.

- WERKEMA, M. C. C; AGUIAR, S.; 1996. **Otimização estatística de processos: como determinar a condição de operação de um processo que leva ao alcance de uma meta de melhoria.** 1 ed. V 9. Minas Gerais : Azul Comutação Gráfica Ltda. 331p.
- YACOVENCO, A.; TAUHATA, L.; INFANTOSI, A. F. C.; 2000. Impacto da implantação de um sistema de Garantia da Qualidade na Radiologia Odontológica no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. (17. :Set. 11 – 12 e 13 : Florianópolis). **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica.** Santa Catarina. Vol. 2. p. 320-325.
- ZANON, U.; 2001. **Qualidade da Assistência Médico-Hospitalar. Conceito, avaliação e discussão dos indicadores de qualidade.** 1. ed. Rio de Janeiro : Médica e Científica Ltda. 205p.