



**FÁBIO STAUDE**

Inovação e geração de conhecimento nas redes de cooperação: desafios para a regulação na área de segurança nuclear no Brasil

**Tese de doutorado**

**Junho de 2014**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

ESCOLA DE COMUNICAÇÃO - ECO

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IBICT

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - PPGCI

**FÁBIO STAUDE**

INOVAÇÃO E GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NAS REDES DE COOPERAÇÃO:  
DESAFIOS PARA A REGULAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA NUCLEAR NO  
BRASIL

RIO DE JANEIRO

2014

**FÁBIO STAUDE**

**INOVAÇÃO E GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NAS REDES DE COOPERAÇÃO:  
DESAFIOS PARA A REGULAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA NUCLEAR NO  
BRASIL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Convênio entre o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia e Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Escola de Comunicação, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência da Informação.

Orientadora: Profa. Dra. Liz-Rejane Issberner

Rio de Janeiro

2014

Staude, Fábio  
S798 Inovação e geração de conhecimento nas redes de  
cooperação: desafios para a regulação na área de segurança  
nuclear no Brasil / Fábio Staude. -- 2014.  
199 f.

Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Informação em  
Ciência e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência da  
Informação, Rio de Janeiro, 2014.

Orientadora: Liz-Rejane Issberner.

1. Ciência da informação. 2. Inovação. 3. CNEN. 4. Redes de  
cooperação. I. Issberner, Liz-Rejane (Orient.). II. Universidade  
Federal do Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Informação em  
Ciência e Tecnologia. III. Título.

CDD:

**FÁBIO STAUDE**

**INOVAÇÃO E GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NAS REDES DE COOPERAÇÃO:  
DESAFIOS PARA A REGULAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA NUCLEAR NO  
BRASIL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Convênio entre o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia e Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Escola de Comunicação, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência da Informação.

Rio de Janeiro, 05 de junho de 2014.

---

Profa. Dra. Liz-Rejane Issberner – IBICT/ UFRJ  
Orientadora

---

Profa. Dra. Maria Nélida González de Gómez – IBICT/ UFRJ  
Membro interno

---

Profa. Dra. Maria Lucia Álvares Maciel – IBICT/ UFRJ  
Membro interno

---

Prof. Dr. Paulo Bastos Tigre – UFRJ  
Membro externo

---

Dr. Ivan Pedro Salati de Almeida – CNEN  
Membro externo

À minha esposa, companheira e amiga,  
Patrícia, pelo amor e carinho que me dedica  
em todos os momentos de sua vida.

Aos nossos dois filhos (meus melhores  
companheiros), Raphael e Bruno, fonte  
principal do entusiasmo na elaboração deste  
trabalho.

À querida e amada afilhada, Pietra, pela  
paciência e compreensão pelas horas que não  
lhe dediquei em função deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Com carinho e respeito, aos meus pais, que com amor, dedicação, renúncia e orientação me conduziram ao crescimento pessoal e profissional.

A amiga Profa. Liz-Rejane Issberner, pela enorme contribuição, dedicação e paciência na orientação para elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Matias Ramirez, por sua contribuição para o aprimoramento da pesquisa, como supervisor, durante o período de realização do doutorado sanduíche no *Science and Technology Policy Research (SPRU)*, na Universidade de Sussex.

Aos membros examinadores da banca de qualificação, pelas críticas e reflexões que permitiram o direcionamento do presente trabalho.

Ao amigo Ivan Salati, pelo apoio, estímulo e valiosas contribuições na elaboração da Tese.

Aos amigos Laercio Vinhas, Ricardo Gutterres, Hilton Chi, André Quadros, Roberto Xavier, Alexandre Gromann, Patricia Wieland, Natanael Bruno, Márcia Bettencourt, Josilto de Aquino, Alessandro Facure, Jorge Eduardo, Paulo Metri, Patrícia Prado, Janaina Ferreira, Bethânia Almeida, Erika Aragão, Thiago Messena, Veronica Roa, Jose Christian, Edwin Cristancho, Julian Ramirez, Diego Chavarro, Guadalupe Tinoco, Tomas Saieg, Eugenia Anova, Yusuf Dirie, Kieron Swift, Sandra Pointel, Jonathan Dolley e Johannes Rauch, pelo apoio e contribuições na realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação - IBICT/UFRJ, que possibilitaram um aprendizado robusto e uma estadia prazerosa durante o Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa pelo Programa Institucional de Bolsas de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE).

## RESUMO

STAUDE, Fábio. Inovação e geração de conhecimento nas redes de cooperação: desafios para a regulação na área de segurança nuclear no Brasil. Rio de Janeiro, 2014. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A importância da cooperação interorganizacional dentro do processo de inovação tem sido cada vez mais reconhecida. De fato, todas as organizações, em algum momento, precisam considerar fontes externas de recursos como insumos para o processo de construção de competência tecnológica. Nesse sentido, através de um estudo de caso detalhado, esta tese analisa teórica e empiricamente como iniciativas colaborativas têm apoiado o órgão regulador nuclear brasileiro no desenvolvimento e implementação de inovações, a fim de verificar a relação positiva entre a colaboração e o desempenho inovativo organizacional. Ressaltando a importância tanto de fontes internas de conhecimento como da participação externa, o presente estudo envolveu a análise de documentos, levantamento preliminar de dados e entrevistas semiestruturadas com técnicos do órgão regulador responsável pela inspeção e controle de instalações e atividades associadas à utilização de fontes de radiação nas áreas médica, industrial e de pesquisa. A tese demonstra que as inovações desenvolvidas e implementadas na área de proteção radiológica e segurança nuclear brasileira estão associadas a iniciativas colaborativas voltadas ao aprimoramento da capacidade organizacional para cumprir suas obrigações de segurança, fornecendo algumas implicações significativas para os gestores envolvidos com a gestão da inovação. Os resultados também identificaram atores com um grau significativo de influência no processo de inovação. O estudo revela que o apoio prestado por esses atores tem uma forte influência sobre o desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro, o que sugere que o Brasil deve adotar modelos mais interativos de inovação e transferência de conhecimento. Além disso, os resultados da pesquisa demonstram que esses atores-chave podem ter um papel relevante no contexto dos regimes de informação vigentes em sistemas setoriais de inovação.

**Palavras-chave:** Inovação. Transferência de conhecimento. Redes de cooperação. Intermediários.

## **ABSTRACT**

STAUDE, Fábio. Inovação e geração de conhecimento nas redes de cooperação: desafios para a regulação na área de segurança nuclear no Brasil. Rio de Janeiro, 2014. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The importance of inter-organisational cooperation within the innovation process has been increasingly recognized. In fact, all organisations, at some point, need to look to external sources for inputs to the process of building up technological competence. In this sense, through a detailed case study, this thesis examine theoretical and empirically how collaborative initiatives have supported the Brazilian nuclear regulatory body in the development and implementation of innovations, in order to verify the positive relationship between the collaboration and the organisational innovation performance. Emphasizing the importance of both internal sources of knowledge and external participation, the study encompasses documentary analysis, a preliminary survey and semi-structured interviews with the regulatory body employers in charge of controlling medical and research facilities and activities involving radiation sources. The thesis demonstrates that innovations developed and implemented in the Brazilian nuclear safety and security area are associated with collaborative initiatives, in order to improve the organizational capability to fulfill safety obligations, providing some important implications for regulatory body managers concerned with the management of innovation. The findings also identified actors with a significant degree of influence in the innovation process. The result reveals that the support provided by these actors has a significant influence on the innovation performance of the Brazilian nuclear regulatory body, suggesting that Brazil should adopt more interactive models of innovation and knowledge transfer. In addition, the findings show that these key actors can play a very distinctive role in the context of sectoral systems of innovation information regime.

**Keywords:** Innovation. Knowledge transfer. Collaborative networks. Intermediaries.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                 |                                                                              |     |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1</b> | A Área Nuclear no Brasil.....                                                | 28  |
| <b>Figura 2</b> | Estrutura Organizacional da Área de Regulação Nuclear no Brasil.             | 38  |
| <b>Quadro 1</b> | Características dos conhecimentos tácito e explícito.....                    | 44  |
| <b>Quadro 2</b> | Epistemologias do conhecimento.....                                          | 46  |
| <b>Quadro 3</b> | Fontes de tecnologia mais utilizadas pelas empresas.....                     | 87  |
| <b>Quadro 4</b> | Fontes para transferências de conhecimento e tecnologia.....                 | 88  |
| <b>Quadro 5</b> | Elementos da metodologia utilizada na investigação.....                      | 97  |
| <b>Figura 3</b> | Organograma CGMI.....                                                        | 106 |
| <b>Quadro 6</b> | Instalações radiativas na área médica: panorama atual.....                   | 108 |
| <b>Quadro 7</b> | Síntese das informações obtidas na coleta de dados.....                      | 116 |
| <b>Quadro 8</b> | Resumo dos estudos sobre intermediários no processo de inovação              | 140 |
| <b>Quadro 9</b> | Formulário utilizado para o levantamento de informações<br>preliminares..... | 193 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                              | <b>14</b> |
| 1.1      | RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....                                                                           | 15        |
| 1.2      | OBJETIVOS.....                                                                                      | 19        |
| 1.3      | QUESTÕES DE PESQUISA.....                                                                           | 20        |
| 1.4      | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....                                                                        | 21        |
| <b>2</b> | <b>O SETOR NUCLEAR.....</b>                                                                         | <b>22</b> |
| 2.1      | O SETOR NUCLEAR BRASILEIRO.....                                                                     | 22        |
| 2.1.1    | <b>Aplicações pacíficas da energia nuclear.....</b>                                                 | <b>23</b> |
| 2.1.1.1  | Aplicações da energia nuclear na medicina.....                                                      | 23        |
| 2.1.1.2  | Aplicações da energia nuclear na agricultura e no meio ambiente.....                                | 24        |
| 2.1.1.3  | Aplicações da energia nuclear na indústria.....                                                     | 25        |
| 2.1.1.4  | Aplicações da energia nuclear para a geração de energia elétrica.....                               | 26        |
| 2.1.2    | <b>Estrutura do setor nuclear no Brasil.....</b>                                                    | <b>27</b> |
| 2.1.3    | <b>Caracterização do setor nuclear.....</b>                                                         | <b>29</b> |
| 2.2      | PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E SEGURANÇA NUCLEAR.....                                                       | 30        |
| 2.2.1    | <b>Os riscos das radiações.....</b>                                                                 | <b>30</b> |
| 2.2.2    | <b>Diferença entre proteção radiológica, segurança nuclear, proteção física e salvaguardas.....</b> | <b>31</b> |
| 2.2.3    | <b>Princípios fundamentais de segurança.....</b>                                                    | <b>32</b> |
| 2.2.4    | <b>As funções do órgão regulador.....</b>                                                           | <b>34</b> |
| 2.2.5    | <b>A trajetória da regulação nuclear no Brasil.....</b>                                             | <b>36</b> |
| 2.2.6    | <b>Atribuições legais do órgão regulador brasileiro.....</b>                                        | <b>37</b> |
| 2.2.7    | <b>Estrutura do órgão regulador brasileiro.....</b>                                                 | <b>38</b> |
| <b>3</b> | <b>INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO, APRENDIZAGEM E INOVAÇÃO.....</b>                                       | <b>40</b> |
| 3.1      | INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO E APRENDIZAGEM.....                                                        | 41        |
| 3.1.1    | <b>Tipos de conhecimento.....</b>                                                                   | <b>43</b> |
| 3.1.2    | <b>Epistemologias do conhecimento.....</b>                                                          | <b>45</b> |
| 3.1.2.1  | Perspectiva objetivista do conhecimento.....                                                        | 46        |
| 3.1.2.2  | Perspectiva do conhecimento baseada na prática.....                                                 | 49        |

|         |                                                                                                       |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2     | APRENDIZAGEM.....                                                                                     | 54  |
| 3.2.1   | <b>Capacidade Absortiva.....</b>                                                                      | 56  |
| 3.2.2   | <b>Tipos de Aprendizagem.....</b>                                                                     | 57  |
| 3.2.3   | <b>Aprendizagem no contexto da perspectiva baseada na prática.....</b>                                | 58  |
| 3.2.4   | <b>Redes de Cooperação.....</b>                                                                       | 61  |
| 3.2.4.1 | A dinâmica das redes de cooperação.....                                                               | 62  |
| 3.2.4.2 | Redes de cooperação na área de proteção radiológica e segurança nuclear.....                          | 65  |
| 3.2.5   | <b>Regime de Informação.....</b>                                                                      | 67  |
| 3.2.6   | <b>Tecnologias de informação e comunicação – TIC.....</b>                                             | 70  |
| 3.3     | INOVAÇÃO.....                                                                                         | 74  |
| 3.3.1   | <b>Conceito de inovação.....</b>                                                                      | 74  |
| 3.3.2   | <b>Tipos de inovação.....</b>                                                                         | 77  |
| 3.3.3   | <b>Sistemas setoriais de inovação.....</b>                                                            | 79  |
| 3.3.4   | <b>Difusão de inovações.....</b>                                                                      | 82  |
| 3.3.5   | <b>Fontes de inovação.....</b>                                                                        | 86  |
| 3.3.6   | <b>A inovação como um processo interativo.....</b>                                                    | 89  |
| 4       | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                                               | 91  |
| 4.1     | OPÇÃO METODOLÓGICA.....                                                                               | 91  |
| 4.1.1   | <b>Abordagem da pesquisa.....</b>                                                                     | 92  |
| 4.1.2   | <b>Tipo de pesquisa.....</b>                                                                          | 93  |
| 4.1.3   | <b>Método de pesquisa.....</b>                                                                        | 93  |
| 4.1.4   | <b>Variáveis de interesse.....</b>                                                                    | 94  |
| 4.1.5   | <b>Fontes de evidência.....</b>                                                                       | 96  |
| 4.1.6   | <b>Síntese dos elementos que caracterizam a opção metodológica.....</b>                               | 97  |
| 4.2     | PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NA COLETA E ANÁLISE DE DADOS                                                 | 97  |
| 4.2.1   | <b>Primeira Etapa: escolha da unidade de análise.....</b>                                             | 98  |
| 4.2.2   | <b>Segunda Etapa: identificação dos objetos de investigação.....</b>                                  | 100 |
| 4.2.3   | <b>Terceira Etapa: obtenção de informações preliminares associadas às variáveis de interesse.....</b> | 101 |
| 4.2.4   | <b>Quarta Etapa: detalhamento das informações associadas às variáveis de interesse.....</b>           | 103 |
| 4.2.5   | <b>Quinta Etapa: análise de dados.....</b>                                                            | 104 |

|          |                                                                                                                       |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>ESTUDO DE CASO: A DINÂMICA DA INOVAÇÃO NA ÁREA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E SEGURANÇA NUCLEAR.....</b>                | <b>105</b> |
| 5.1      | A UNIDADE DE ANÁLISE.....                                                                                             | 105        |
| 5.2      | APRESENTAÇÃO DOS CASOS.....                                                                                           | 110        |
| 5.2.1    | <b>Caso A – Limite de dose.....</b>                                                                                   | <b>111</b> |
| 5.2.2    | <b>Caso B - Consulta mútua.....</b>                                                                                   | <b>111</b> |
| 5.2.3    | <b>Caso C – Indústria de reciclagem.....</b>                                                                          | <b>113</b> |
| 5.2.4    | <b>Caso D – Instalações com ciclotrons.....</b>                                                                       | <b>114</b> |
| 5.2.5    | <b>Quadro resumo dos casos considerados na pesquisa.....</b>                                                          | <b>115</b> |
| 5.3      | DISCUSSÃO: ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS DO ESTUDO DE CASO.....                                                              | 117        |
| 5.3.1    | <b>Considerações iniciais.....</b>                                                                                    | <b>117</b> |
| 5.3.2    | <b>Antecedentes.....</b>                                                                                              | <b>119</b> |
| 5.3.3    | <b>Produção de conhecimento.....</b>                                                                                  | <b>121</b> |
| 5.3.4    | <b>Aprendizagem.....</b>                                                                                              | <b>123</b> |
| 5.3.4.1  | A aprendizagem como um processo interativo.....                                                                       | 123        |
| 5.3.4.2  | Redes de Cooperação.....                                                                                              | 126        |
| 5.3.5    | <b>Tecnologias de informação e comunicação.....</b>                                                                   | <b>129</b> |
| 5.3.6    | <b>Desenvolvimento de inovações.....</b>                                                                              | <b>131</b> |
| 5.3.7    | <b>Difusão de inovações.....</b>                                                                                      | <b>134</b> |
| 5.4      | CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....                                                                                 | 136        |
| <b>6</b> | <b>O PAPEL DOS INTERMEDIÁRIOS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO.</b>                                                            | <b>139</b> |
| 6.1      | TERMINOLOGIAS E FUNÇÕES EXERCIDAS PELOS INTERMEDIÁRIOS.....                                                           | 139        |
| 6.2      | FUNÇÕES EXERCIDAS PELOS INTERMEDIÁRIOS NO ESTUDO DE CASO.....                                                         | 147        |
| 6.2.1    | <b>Análise da influência da atuação dos intermediários no desempenho inovativo do órgão regulador brasileiro.....</b> | <b>147</b> |
| 6.2.2    | <b>Considerações sobre o papel dos intermediários na área de proteção radiológica e segurança nuclear.....</b>        | <b>152</b> |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                | <b>154</b> |
| 7.1      | CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....                                                                           | 155        |
| 7.2      | LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....                                                                                           | 159        |

|     |                                                                    |            |
|-----|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3 | IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA OS GESTORES DA ÁREA DE<br>REGULAÇÃO..... | 160        |
| 7.4 | QUESTÕES EM ABERTO PARA FUTURAS PESQUISAS.....                     | 161        |
| 7.5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                          | 162        |
|     | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                            | <b>164</b> |
|     | <b>APÊNDICES.....</b>                                              | <b>176</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As relações de cooperação entre as organizações, associadas de alguma forma ao processo de geração de conhecimento e de inovação tecnológica, vêm sendo estudadas nos mais variados contextos, fortemente influenciadas pelos ambientes em que estão inseridas.

Nesses ambientes, é observada uma crescente complexidade das bases de conhecimento, além de transformações, cada vez mais intensas, que impõem o estabelecimento de relações efetivas de produção e distribuição de informação e conhecimento (LUNDVALL, 1996; TEECE, 2005; WENGER, 2000).

É nesse contexto que os pesquisadores da área de inovação destacam que a produção de conhecimento novo é favorecida pelo esforço compartilhado, incluindo os situados em contextos nacionais e internacionais, mostrando a importância de ações colaborativas e iniciativas conjuntas para a solução de questões e problemas comuns (AMIN; ROBERTS, 2008; MACIEL; ALBAGLI, 2010; SANTOS, 2003). Nesse ambiente, as pesquisas na área de inovação foram identificando, ao longo do tempo, a substituição do tradicional modelo linear de inovação por um modelo interativo (FORAY; LUNDVALL, 1996), que destaca a importância das redes de cooperação, embora, com consequentes transformações na dinâmica de geração, difusão e apropriação de conhecimentos e nos processos de aprendizagem. Tais colocações sugerem que as interações e interdependências entre organizações certamente têm um papel importante nos processos de produção de conhecimento e inovação. No entanto, são vários os fatores que condicionam o efetivo estabelecimento de vínculos entre as organizações envolvidas em processos de cooperação.

Para compreender a dinâmica de inovação dentro desses contextos é necessário considerar a estrutura das relações estabelecidas e as interações no âmbito das redes onde as práticas informacionais efetivamente ocorrem.

Cada setor apresenta especificidades associadas a fatores institucionais, ritmo e direção das mudanças tecnológicas, interações e acesso ao conhecimento (MALERBA, 2002). Grande parte das tecnologias, principalmente as associadas às áreas de conhecimento intensivo, estão baseadas em diferentes disciplinas, dificultando que as organizações detenham internamente toda a capacitação, habilidade, conhecimento e recursos necessários para o desenvolvimento de inovações significantes (POWELL; GRODAL, 2005). Esses fatores motivam o estabelecimento de uma dinâmica própria de inovação fortemente vinculada às conexões da organização com outros atores externos, priorizando iniciativas que permitam o efetivo acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos.

Em função de sua forma peculiar de produção, circulação e apropriação de informação e conhecimento, a área de proteção radiológica e segurança nuclear é um campo fértil para a investigação dos processos de compartilhamento de conhecimento, de aprendizagem, das redes colaborativas e da difusão e gestão de inovações em áreas de conhecimento intensivo. Além disso, é uma área sensível, sujeita a uma série de desafios associados à sua capacidade de lidar de forma eficaz com a informação, para transformá-la em conhecimentos que possam assegurar o aumento contínuo dos níveis de segurança na utilização das radiações ionizantes.

Levando em conta essas considerações iniciais, o objetivo deste capítulo introdutório é contextualizar o tema da pesquisa. Nele é apresentada a justificativa da relevância do estudo, os seus objetivos, a delimitação de seu escopo e a sua estruturação.

## 1.1 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Tem sido observado ao longo dos últimos anos o aumento progressivo da utilização da tecnologia nuclear no Brasil. O crescente número de instalações nucleares e radiativas<sup>1</sup> existentes no país é devido principalmente à expansão na utilização de técnicas nucleares nos campos da medicina, indústria, energia, agricultura e meio ambiente.

Atualmente, são controlados no País, além dos dois reatores de potência em Angra dos Reis, 4 reatores nucleares de pesquisa localizados nos institutos de pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN<sup>2</sup>, o reator do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica da Marinha, 13 instalações nucleares do ciclo do combustível nuclear e cerca de 4.170 instalações que utilizam materiais radioativos, fontes radioativas ou geradores de radiação, como aceleradores e raios-X industriais. Esse número inclui as 17 unidades produtoras de radiofármacos existentes ou em processo de licenciamento (CNEN, 2013).

Na área médica existem atualmente mais de 300 clínicas e hospitais que realizam procedimentos de medicina nuclear. A previsão é de um aumento significativo deste número nos próximos anos, principalmente em função do surgimento de novas técnicas de combate ao câncer, com maior eficácia e menores efeitos colaterais, bem como de novos procedimentos associados a diagnósticos e terapias, para a avaliação e o tratamento de neoplasias, cardiopatias, neuropatias e outras enfermidades. É uma área onde as aplicações de tecnologia

---

<sup>1</sup> Instalação radiativa é definida como o “espaço físico, local, sala, prédio ou edificação de qualquer tipo onde pessoa jurídica, legalmente constituída, utilize, produza, processe, distribua ou armazene fontes de radiação” (CNEN, 2012). É um termo estabelecido nas Normas da CNEN (Grupo 6), que não utilizam a palavra “radioativa”, para caracterizar esse tipo de instalação. O dicionário Aurélio apresenta os termos “radiativo” e “radioativo” como sinônimos (FERREIRA, 1999).

<sup>2</sup> Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>>

nuclear crescem a uma taxa em torno de 8% ao ano. Apesar disso, o atendimento no Brasil ainda é inferior ao de muitos países. Para que seja possível obter o mesmo número de atendimentos, por exemplo, da Argentina ou de países da União Europeia (cerca de 5.000.000 de exames por ano), é necessário que o número de procedimentos médicos no País seja multiplicado por um fator de 2,5 (CNEN, 2013).

Adicionalmente, existem vários empreendimentos no setor com projetos já em andamento. Dentre eles estão o término da construção da Usina Nuclear Angra 3, a construção do primeiro Reator Multipropósito Brasileiro – RMB, a ampliação da capacidade de enriquecimento de urânio, a construção de um reator protótipo para propulsão naval e a construção do Laboratório Nacional de Fusão Nuclear – LNF. Estão previstas ainda a construção do Repositório Nacional para Rejeitos de Baixa e Média Atividade e a construção do repositório para armazenamento de combustível usado (CNEN, 2013).

A entrada de novos atores, associados ao aumento da quantidade e da variedade de novas instalações, deve estar vinculada ao fortalecimento e adequação contínua das atividades de licenciamento, inspeção e controle de instalações e atividades que utilizam radiações ionizantes, visando a garantia do uso seguro da energia nuclear no País.

O surgimento de novas aplicações, equipamentos e tecnologias associadas tem impacto direto nas atividades de regulação nuclear, exigindo o desenvolvimento permanente de novos procedimentos de fiscalização e controle e de novos padrões de segurança.

Nesse ambiente, o controle do uso seguro e pacífico da energia nuclear no País é de responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, por meio de sua Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear – DRS, referida nesta tese como órgão regulador nuclear brasileiro.

A principal finalidade da regulação radiológica e nuclear é permitir que a sociedade possa usufruir dos benefícios dos usos pacíficos da energia nuclear e das radiações ionizantes, assegurando a devida e necessária proteção aos trabalhadores, à população e ao meio ambiente com relação aos efeitos da exposição às radiações ionizantes.

As atividades desenvolvidas pela área de regulação estão relacionadas principalmente ao controle da exposição das pessoas à radiação, ao controle da liberação de material radioativo para o meio ambiente, à diminuição da probabilidade de ocorrência de eventos que possam levar à perda de controle sobre o núcleo do reator nuclear, da reação em cadeia e de fontes radioativas e, ainda, à mitigação de consequências no caso de ocorrência de eventos (CNEN, 2011, p. 19).

Na área nuclear, como em qualquer atividade industrial, o risco e a incerteza não podem ser completamente eliminados. Estão presentes em menor ou maior escala. No entanto, devem ser geridos de maneira a evitar a ocorrência de acidentes.

Ao contrário de várias outras atividades industriais, que normalmente são associadas à probabilidade de ocorrência de acidentes de baixo impacto, algumas atividades relacionadas à energia nuclear, principalmente aquelas associadas aos reatores de potência, são caracterizadas pela baixa probabilidade de ocorrência de acidentes que, no entanto, podem ter consequências de alto impacto para as pessoas e o meio ambiente.

Ainda sobre os aspectos associados aos riscos da energia nuclear, é válido observar que os acidentes ocorridos em Chernobyl e Fukushima, aparentemente, provocaram uma percepção de risco elevado na sociedade, contribuindo para colocar a energia nuclear em uma posição desfavorável em relação às outras fontes disponíveis para a geração de energia elétrica.

A percepção de risco relacionada à energia nuclear envolve uma série de fatores, incluindo a exposição involuntária ao risco, sensação de dificuldade de controle sobre o risco e a incerteza ou desconhecimento com relação às consequências, que podem envolver um elevado número de vítimas (BRASIL, 2007, p. 71).

Por outro lado, o risco e a incerteza podem ser reduzidos a partir da melhoria contínua e do desenvolvimento permanente de novos procedimentos e padrões de segurança. Podem ser minimizados em função de adequações introduzidas sucessivamente nos processos operacionais e nos procedimentos de verificação e controle das condições de segurança dos equipamentos e das instalações.

Assume-se, dessa forma, que todo e qualquer requisito de segurança não deve ser considerado satisfatório, no sentido de que sempre há algo por melhorar.

É interessante inserir nessa discussão uma colocação recorrente de um dos profissionais da área nuclear, Leonam dos Santos Guimarães, que em suas palestras sugere que:

Segurança é uma profissão de humildade. O dia em que se ficar satisfeito com o nível de segurança alcançado, é a véspera da complacência. Segurança se constrói a cada dia, buscando permanentemente oportunidades de melhoria. (GUIMARÃES, 2011).

O caminho para a melhoria da segurança é contínuo e depende dos resultados de uma aprendizagem progressiva, de ordem tecnológica, institucional e social. O aprimoramento dos processos de licenciamento, controle e fiscalização de atividades relacionadas ao uso das

radiações ionizantes envolve, portanto, o monitoramento, o desenvolvimento e a implementação de processos inovadores, representados por práticas e procedimentos cada vez mais efetivos para a garantia da segurança.

Continuamente os procedimentos e padrões de segurança são aprimorados. O material relacionado ao conhecimento codificado na área está acessível em diversas bases de dados fomentados por organismos nacionais e internacionais e são vários os canais estabelecidos para a interação entre os profissionais da área, representados por suas redes de cooperação, formais e informais.

As pesquisas realizadas na área de informação, conhecimento, aprendizagem, inovação e cooperação em redes, sugerem que a participação ativa dos profissionais da área de proteção radiológica e segurança nuclear, seja participando do desenvolvimento, interagindo com os produtores de conhecimento ou simplesmente acessando conhecimentos codificados, pode influenciar diretamente a melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no Brasil. Sugerem, ainda, que dinâmica de inovação da área de segurança deve priorizar o estabelecimento de vínculos interorganizacionais com atores dedicados a soluções de questões e problemas comuns, uma vez que esses *links* são críticos para a difusão de conhecimento, aprendizagem e desenvolvimento tecnológico, bem como para o desenvolvimento contínuo de novas competências.

No entanto, não existem evidências empíricas que demonstrem adequadamente essa relação, bem como a relevância dos fluxos de informação e conhecimento para a inovação na área. Tal lacuna deixa em aberto respostas para uma série de questionamentos, válida para a compreensão adequada da dinâmica da inovação na área. Por exemplo: Quais fatores interferem nesses fluxos, inibindo ou potencializando a produção, o compartilhamento e a apropriação dessas informações e conhecimentos pelo órgão regulador nuclear brasileiro? Como o órgão regulador brasileiro participa dessas redes? Quais as características dos agentes que participam das interações proporcionadas pelas redes de cooperação? Que tipos e formas de interação são criadas? Quais as características dessas interações? Que canais e mecanismos são utilizados pelo órgão regulador para interagir com os outros agentes? Qual a intensidade dos fluxos de conhecimento nessas interações? Como o órgão regulador se apropria dos conhecimentos disponíveis nessas redes? Qual o impacto da interação na melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no Brasil?

Tais questionamentos demonstram a importância da identificação de evidências empíricas que permitam uma melhor compreensão da dinâmica de inovação na área de

proteção radiológica e segurança nuclear, bem como a identificação adequada dos principais agentes envolvidos com a produção de conhecimento.

Nesse sentido, alguma luz sobre as questões apresentadas pode ser obtida a partir da análise das conexões entre os atores do sistema de inovação estabelecido nessa área, das esferas de interações, de seus mecanismos de aprendizado, de seus diversos dispositivos de comunicação, das formas de apropriação de conhecimento, dos mecanismos utilizados para as construções de consenso e das condições de produção e circulação de informações e conhecimentos.

A expectativa é de que os elementos identificados nessas análises possam fornecer subsídios para a adequação da política de inovação da área, a partir da identificação de elementos que permitam melhorar a efetividade das atividades vinculadas ao licenciamento, inspeção e controle de instalações e atividades com materiais nucleares e radioativos. Nesse contexto, assume-se que a habilidade de identificação de oportunidades de melhorias pode contribuir diretamente para a redução de riscos e incertezas associadas às atividades e instalações do setor nuclear no País.

Com base nos argumentos apresentados, um dos pressupostos iniciais desta tese é de que a investigação do regime de informação no qual o órgão regulador nuclear brasileiro está inserido pode fornecer evidências empíricas que permitam entender a dinâmica da inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear e identificar elementos que possam contribuir para a melhoria desse processo.

Finalmente, as considerações apresentadas nesta seção são relevantes na medida em que demonstram a importância de se investigar as razões que levam o órgão regulador nuclear a empreender iniciativas inovadoras associadas à melhoria da proteção radiológica e segurança nuclear no País, bem como as forças que conduzem as atividades de inovação na área.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é “investigar a relação entre as ações colaborativas empreendidas na área de proteção radiológica e segurança nuclear e o desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro, examinando a influência dos mecanismos de interação entre agentes na melhoria dos procedimentos de segurança no País”.

O objetivo da pesquisa, dessa forma, prioriza o processo social onde as práticas informacionais efetivamente ocorrem, bem como as condicionantes e estruturas que

influenciam esse processo. Nesse contexto, a tese está direcionada à investigação das características e funções dos vários elementos associados à dinâmica de inovação da área.

O desdobramento do objetivo desta tese está representado pelos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os principais agentes do sistema de inovação da área;
- b) Examinar as estruturas de coordenação e cooperação entre esses agentes, identificando, com base nas práticas colaborativas, as características das interações e interdependências entre o órgão regulador nuclear brasileiro e agentes externos;
- c) Identificar os principais canais de acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos, ou seja, as fontes de inovação priorizadas pelo órgão regulador nuclear brasileiro; e
- d) Identificar o impacto das colaborações interorganizacionais no desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro.

De uma forma geral, com foco na melhoria da capacidade da organização em apresentar resultados satisfatórios e sustentáveis, a proposta desta tese é identificar fatores que podem contribuir diretamente para a ampliação de iniciativas proativas relacionadas ao aprimoramento contínuo de padrões de segurança, fornecendo elementos para a construção de mecanismos de apoio à gestão da inovação pelo órgão regulador nuclear brasileiro, visando o fortalecimento e o direcionamento adequado de suas ações internas, para melhor servir à sociedade.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Assumindo que a inovação não ocorre de forma isolada, ou seja, é um processo social resultante de várias interações entre diferentes agentes (MALERBA, 2002; ABAGLI; MACIEL, 2009; DOLOREUX, 2004), e utilizando uma abordagem baseada na prática (BROWN; DUGUID, 2001; LAVE; WENGER, 1991), que sugere que processos de aprendizagem são fenômenos intrinsecamente sociais e coletivos, uma vez que é a prática que habilita a circulação de conhecimento, expandindo as fronteiras da organização, são apresentadas a seguir as questões de pesquisa que norteiam as investigações priorizadas pelo estudo:

Q1 - Qual o impacto da participação brasileira nas ações colaborativas e iniciativas conjuntas da área de proteção radiológica e segurança nuclear na melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no País?

Q2 - Quais são os principais agentes do sistema setorial de inovação investigado e qual a influência desses agentes na criação e manutenção de espaços de interação e de estruturas de articulação na área de proteção radiológica e segurança nuclear?

Q3 - Qual a influência das ações empreendidas por esses agentes na melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no Brasil e no desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro?

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta tese está estruturada em sete capítulos, incluindo o presente capítulo, que tem a finalidade de situar o tema da pesquisa e dar uma ideia de seu escopo, apresentando a relevância do tema, os objetivos previstos, as questões de pesquisa e a estrutura do trabalho.

Com a finalidade de contextualizar o processo de inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear, o Capítulo 2 começa apresentando o setor nuclear, destacando os usos pacíficos da energia nuclear e os principais atores desse setor, para em seguida mostrar a trajetória da área de segurança nuclear no Brasil e as características, critérios e conceitos vinculados aos processos de licenciamento, inspeção e controle de instalações e atividades com materiais nucleares e radioativos.

No Capítulo 3 são apresentados os referenciais teóricos utilizados na pesquisa, indicando as fontes privilegiadas associadas aos conceitos de informação, conhecimento, aprendizagem e inovação, assinalando as noções e abordagens que sustentam a investigação.

O Capítulo 4 detalha a metodologia utilizada para a investigação da dinâmica de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, apresentando a opção metodológica adotada neste estudo e os procedimentos aplicados na coleta e análise de dados.

O Capítulo 5 tem a finalidade de apresentar e discutir os resultados obtidos na coleta de dados, detalhando, com base em informações relacionadas às principais inovações da área de medicina nuclear, as características da dinâmica de produção, circulação e apropriação de informações e conhecimentos desta área.

O Capítulo 6 expande o escopo da pesquisa demonstrando como a literatura apresenta a questão da intermediação nos processos de inovação e, com base nisso, examina empiricamente a contribuição dos agentes encarregados por funções intermediárias, tanto nos processos de compartilhamento de conhecimentos, quanto nas formas de aprendizado e na difusão e implementação de inovações, bem como na configuração do regime de informação vigente na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões, as limitações e contribuições da pesquisa. Adicionalmente, analisa as implicações práticas para os gestores da área e termina com uma breve reflexão sobre a importância do trabalho e com a apresentação de possíveis direcionamentos para futuras pesquisas sobre o tema.

## **2 O SETOR NUCLEAR**

O objetivo deste capítulo é inserir a área de proteção radiológica e segurança nuclear no contexto da investigação proposta, mostrando as suas especificidades, os principais atores do setor nuclear no País, a estrutura do setor, a trajetória da área no Brasil, bem como funções, características e conceitos associados à regulação nuclear.

### **2.1 O SETOR NUCLEAR BRASILEIRO**

Esta seção tem por finalidade contextualizar o tema da tese no setor nuclear brasileiro, primeiramente apresentando os usos pacíficos da energia nuclear e depois descrevendo como o setor está organizado no Brasil. São destacados, dessa forma, os principais atores da área nuclear no País, bem como oferecidas referências sobre o tamanho do setor e os principais tipos de instalações consideradas nucleares e radiativas.

A presente seção também apresenta os desafios associados à perspectiva de crescimento das atividades nucleares e da expansão na utilização dessa tecnologia no Brasil. Tais desafios também estão vinculados às mudanças provocadas pela introdução de novas tecnologias na área, que podem exigir novos mecanismos de regulação. Dessa forma, é destacada nesta seção a importância das instâncias responsáveis pela regulação nuclear estarem preparadas para o aumento da quantidade de atores no setor, assegurando a utilização da energia nuclear dentro de rigorosos padrões de segurança, empreendendo, de forma complementar, ações associadas ao fortalecimento e adequação contínua das atividades de

licenciamento, inspeção e controle de atividades e instalações nucleares e radiativas, visando garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear e das radiações ionizantes no País.

### **2.1.1 Aplicações pacíficas da energia nuclear**

Entre os usos pacíficos da energia nuclear, além de sua utilização para a geração de energia, estão várias aplicações nas áreas de saúde, indústria, agricultura e meio ambiente. Os isótopos radioativos ou radioisótopos, em função de sua propriedade de emitirem radiações, podem atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que permite a sua utilização nos diversos campos da atividade humana. Continuamente, novas técnicas nucleares são desenvolvidas, viabilizando a execução de atividades que não podem ser realizadas pelos meios convencionais (CARDOSO, 2008).

Algumas dessas aplicações são apresentadas a seguir, destacadas por campo de utilização.

#### **2.1.1.1 Aplicações da energia nuclear na medicina**

Algumas aplicações importantes da energia nuclear na medicina são observadas na utilização de radiofármacos para o tratamento e diagnóstico de diversas doenças. Esses produtos são obtidos a partir de radioisótopos produzidos em reatores nucleares ou aceleradores de partículas. Quando injetado no paciente, o radiofármaco se associa a determinados órgãos ou tecidos do corpo humano, em função do tipo de composto químico utilizado em sua produção, se concentrando na parte a ser examinada. Dessa forma, ele emite radiação possível de ser detectada por equipamentos específicos, que podem transformar essa informação em imagens. As imagens produzidas, por sua vez, permitem a observação do funcionamento do órgão a ser examinado (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

As radiações emitidas pelos radioisótopos também podem ser utilizadas para destruir células nocivas e impedir a sua multiplicação, podendo ser aplicadas em diversas terapias, principalmente no tratamento do câncer.

Em 2011, foram viabilizados cerca de 3.800.000 procedimentos médicos com produtos e técnicas nucleares no Brasil, considerando somente os radioisótopos e radiofármacos fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, pelo Instituto de Energia Nuclear – IEN, pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear –

CDTN e pelo Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE, todos pertencentes à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN (CNEN, 2012).

Atualmente existem no País 17 unidades produtoras de radiofármacos, em funcionamento ou em processo de licenciamento. No entanto, a tendência é que esse número aumente significativamente nos próximos anos, em função da entrada de produtores privados de radioisótopos de meia-vida curta no mercado, com base na Emenda Constitucional nº 49, que excluiu do monopólio da União a produção, a comercialização e a utilização de radioisótopos de meia-vida curta, para usos médicos, agrícolas e industriais (BRASIL, 2006).

#### 2.1.1.2 Aplicações da energia nuclear na agricultura e no meio ambiente

As técnicas nucleares têm sido bastante empregadas na agricultura. Permitem, por exemplo, o aumento da variabilidade genética das plantas, visando a melhoria da produtividade, da qualidade e de sua adaptabilidade ao meio ambiente.

Outro exemplo é a utilização de radioisótopos para a verificação da absorção de nutrientes e do efeito de microrganismos em plantas. Com o uso de traçadores radioativos é possível investigar o metabolismo das plantas, a partir da verificação do que é absorvido pelas folhas e raízes e da identificação de locais onde elementos químicos podem ser retidos, estabelecendo melhores condições para o cultivo e o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, é possível determinar, por exemplo, se um agrotóxico fica retido nos alimentos, ou até mesmo a quantidade de agrotóxico que vai para o solo, para água ou para a atmosfera (CARDOSO, 2008).

O uso de traçadores também viabiliza o estudo do comportamento de insetos, permitindo, por exemplo, a localização de formigueiros, a partir da possibilidade de localização de insetos marcados, bem como de seu “raio de ação”. A marcação é útil, ainda, para a eliminação de pragas, com a identificação de predadores de insetos nocivos às plantas. Outra técnica relacionada ao controle de pragas é à esterilização de insetos machos por radiação. Esses insetos, depois de esterilizados, são soltos no ambiente, reduzindo a sua reprodução até a eliminação da praga. Tais técnicas evitam a utilização de produtos químicos, uma vez que podem substituir o uso de inseticidas nocivos à saúde (CARDOSO, 2008).

Ainda no campo dos alimentos, é utilizada a irradiação de alimentos para a conservação de produtos agrícolas. Trata-se de um tratamento que consiste em submeter os alimentos a uma quantidade controlada de radiação ionizante. Esse processo não contamina os alimentos (IAEA, 1992). O objetivo da irradiação é inibir a maturação de algumas frutas e

legumes a partir de alterações no processo fisiológico dos tecidos vegetais, impedindo a multiplicação de microrganismos que provocam a deterioração do alimento, prolongando a sua validade.

Com relação às aplicações da energia nuclear no meio ambiente, também são utilizados traçadores radioativos para mapeamento da origem de vazões da água em aquíferos, permitindo a determinação do tempo de recarga, viabilizando o seu uso racional. Os traçadores permitem, ainda, verificar o comportamento de contaminantes nesses aquíferos.

Entre outras aplicações da energia nuclear no meio ambiente, podem ser destacadas: a análise por ativação, que permite a medição de poluentes, mesmo em quantidades extremamente reduzidas; a verificação dos processos de infiltração de água no solo (lixiviação) e de filtragem (percolação), facilitando a verificação da qualidade do terreno e das formas de melhorar a sua produtividade; e a esterilização de lixo e dejetos orgânicos, útil no tratamento de esgotos e de lixo hospitalar (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

#### 2.1.1.3 Aplicações da energia nuclear na indústria

Nesse campo de aplicação, as técnicas nucleares são utilizadas principalmente para a melhoria de processos industriais, a partir da utilização de fontes radioativas: para a medição de espessuras e de vazões de líquidos, no controle da qualidade de junções de peças metálicas e na detecção de problemas de vazamentos na indústria química.

Na área de exploração de petróleo, as técnicas nucleares são utilizadas para a determinação do perfil do solo, bem como da quantidade de água, gás e óleo existentes no material extraído, otimizando o processo de exploração (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

A aplicação mais comum na indústria é a gamagrafia industrial (radiografia de peças metálicas), muito utilizada no controle de qualidade de soldas e partes metálicas, verificando a integridade das soldas e a existência de fadiga em estruturas metálicas, permitindo, dessa forma, a identificação de defeitos ou rachaduras em peças (CARDOSO, 2008).

É cada vez mais comum a utilização de fontes radioativas de grande porte na indústria, ou seja, dos irradiadores industriais de grande porte, que são equipamentos onde os materiais a serem tratados são expostos à radiação para a eliminação de bactérias e microrganismos, também sendo utilizados em processos de esterilização (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

A indústria farmacêutica geralmente utiliza essas instalações para a esterilização de seringas descartáveis, cateteres, luvas cirúrgicas, gaze, implantes, pinças e material farmacêutico descartável, devido à impossibilidade de utilização de métodos convencionais de

esterilização, que necessitam de altas temperaturas, o que danificaria a maior parte desses materiais. A grande quantidade de materiais compatíveis com a radiação por ionização, como, por exemplo, termoplásticos, borrachas, têxteis, metais, pigmentos, vidros, adesivos e tintas, torna extensa a relação de produtos esterilizáveis comercialmente por esse processo. Outros exemplos que estão associados à utilização desse processo são observados na indústria de cosméticos e de reagentes.

#### 2.1.1.4 Aplicações da energia nuclear para a geração de energia elétrica

Uma das principais aplicações da energia nuclear é para a geração de energia elétrica. O funcionamento de uma usina nuclear é similar ao de outras usinas térmicas, que utilizam o vapor de água para movimentar as turbinas que produzem eletricidade.

A diferença está na utilização do calor produzido pela fissão nuclear para a geração de vapor, ao contrário das outras térmicas, que geralmente utilizam algum tipo de combustível fóssil, como petróleo, gás natural ou carvão.

Os reatores existentes no Brasil são do tipo PWR (sigla, em inglês, para reator a água pressurizada). Seu combustível é o urânio, encontrado na natureza com apenas 0,7% do isótopo  $^{235}\text{U}$  que, para ser utilizado no reator, precisa ser enriquecido a cerca de 3,5% (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

O conjunto de etapas do processo industrial que transforma o mineral urânio, desde quando ele é encontrado na natureza até sua utilização como combustível nuclear em uma usina, é chamado de ciclo do combustível nuclear.

O ciclo do combustível nuclear compreende as seguintes etapas: a **mineração e beneficiamento**, que envolve atividades de prospecção e de extração do minério do solo e o seu beneficiamento, para separação do urânio de outros minérios (produção do “yellowcake”); a **conversão**, que é a transformação do yellowcake ( $\text{U}_3\text{O}_8$ ) em hexafluoreto de urânio ( $\text{UF}_6$ ), em estado gasoso; o **enriquecimento isotópico**, no qual a concentração de  $^{235}\text{U}$  é aumentada para os níveis desejados; a **reconversão** do hexafluoreto de urânio ( $\text{UF}_6$ ) em dióxido de urânio ( $\text{UO}_2$ ), ou seja, o retorno do gás ao estado sólido, sob a forma de pó; a **fabricação de pastilhas** a partir da compactação do pó ( $\text{UO}_2$ ); a **fabricação de elementos combustíveis**, quando as pastilhas são montadas em tubos metálicos, formando os elementos combustíveis

do núcleo do reator; e a **geração de energia**, que é a produção de energia elétrica a partir da fissão do núcleo do átomo<sup>3</sup>.

O Brasil é um dos poucos países do mundo a dominar a tecnologia necessária para a produção de combustível para usinas nucleares. Além disso, as reservas brasileiras de urânio estão entre as sete maiores do mundo, com apenas um terço do País prospectado, o que coloca o Brasil entre os três únicos países do mundo a terem domínio do ciclo do combustível nuclear e terem reservas de urânio significativas, junto com os Estados Unidos e Rússia (GONÇALVES, 2011).

### 2.1.2 Estrutura do setor nuclear no Brasil

As atividades brasileiras na área nuclear começaram no início dos anos 50, com a implementação de ações voltadas à promoção do desenvolvimento da tecnologia nacional no setor. Foi quando o Governo brasileiro estabeleceu reservas e estoques de minérios estratégicos e passou a controlar as exportações desses minérios<sup>4</sup>.

Em outubro de 1956, foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, diretamente subordinada à Presidência da República, encarregada de propor as medidas julgadas necessárias à orientação da política geral da energia atômica.

Atualmente, as principais atividades do setor nuclear brasileiro estão distribuídas entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, o Ministério de Minas e Energia – MME e o Ministério da Defesa - MD.

No MCTI estão a CNEN e suas 14 unidades vinculadas, localizadas em nove estados brasileiros, responsáveis pelo fornecimento de produtos e serviços com tecnologia nuclear, desenvolvimento de pesquisas na área e acompanhamento das diversas aplicações da energia nuclear no País.

Além disso, a CNEN é responsável pelo licenciamento e controle de instalações nucleares e radiativas e pelo credenciamento dos profissionais que atuam nessas instalações. É responsável, ainda, pelo destino final dos rejeitos radioativos gerados nessas atividades.

As atividades de pesquisa e desenvolvimento da CNEN são realizadas em seus cinco institutos de pesquisa: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN, em Belo Horizonte; Instituto de Engenharia Nuclear – IEN, no Rio de Janeiro; Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, em São Paulo; Instituto de Radioproteção e Dosimetria –

---

<sup>3</sup> Indústrias Nucleares Do Brasil – INB. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br>>

<sup>4</sup> Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>

IRD, no Rio de Janeiro; e Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE, em Pernambuco.

Além dos institutos de pesquisa, a CNEN possui um laboratório em Poços de Caldas e distritos regionais nas cidades de Angra dos Reis, Caetité, Fortaleza, Goiânia, Brasília, Resende e Porto Alegre.

Também fazem parte do MCTI a Indústrias Nucleares do Brasil - INB, que é responsável pelo ciclo do combustível nuclear, e a NUCLEBRÁS Equipamentos Pesados - NUCLEP, fabricante dos principais componentes mecânicos e equipamentos pesados para centrais nucleares de potência.

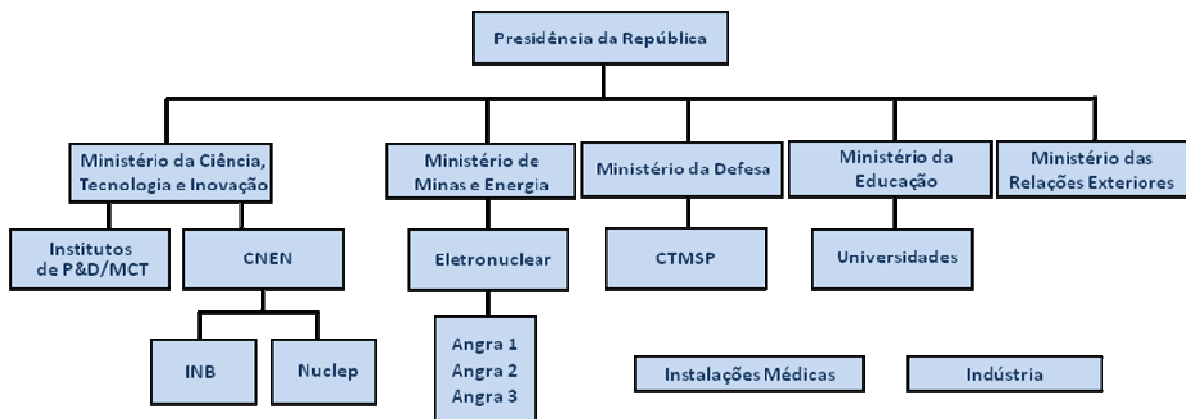
A ELETRONUCLEAR<sup>5</sup>, pertencente ao Ministério das Minas e Energia – MME, é responsável pela construção e operação de usinas nucleares no País. Atualmente, opera as usinas nucleares Angra 1 e Angra 2 e é responsável pela construção de Angra 3.

O Ministério da Defesa - MD, através da Marinha Brasileira, também desenvolve pesquisas na área nuclear, destacadamente as associadas ao enriquecimento e à propulsão naval, tendo como principal projeto um submarino nuclear.

Além dos três ministérios citados, também exercem funções de destaque: o Ministério da Educação – MEC, contribuindo para a formação na área nuclear através de suas universidades; e o Ministério das Relações Exteriores – MRE, que atua especialmente nas relações de instituições brasileiras com organizações e organismos internacionais.

Complementam o setor nuclear as diversas empresas e órgãos que, de alguma forma, lidam com aplicações de técnicas nucleares e com radiações ionizantes na medicina, indústria, agricultura e meio ambiente.

Figura 1 – A Área Nuclear no Brasil



Fonte: ALMEIDA, 2010

<sup>5</sup> ELETRONUCLEAR. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br>>

O tamanho do setor pode ser representado, ainda, pela quantidade de instalações nucleares e radiativas no Brasil. Atualmente, são controlados no País, além dos 2 reatores de potência em Angra dos Reis, 4 reatores nucleares de pesquisa localizados nos institutos de pesquisa da CNEN, o reator do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica da Marinha (em construção), 13 instalações nucleares do ciclo do combustível e 1.884 instalações médicas e industriais ativas, que utilizam materiais ou fontes radioativas (CNEN, 2012).

O número de instalações informado não contempla instalações com equipamentos de emissão de Raio-X para diagnóstico médico e odontológico, cujo controle é de responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

### 2.1.3 Caracterização do setor nuclear

O número de instalações radiativas no País tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, principalmente em função da expansão na utilização de técnicas nucleares na indústria e medicina.

A quebra do monopólio para a produção de radioisótopos de meia-vida curta, a modernização dos equipamentos e da melhoria dos métodos de produção de radiofármacos, e as novas técnicas de combate ao câncer, com maior eficácia e menos efeitos colaterais, estão proporcionando um aumento considerável na demanda por produtos para a área médica.

Na área industrial, a exigência de novas técnicas de controle de processos e de qualidade, também tem levado as indústrias a utilizarem cada vez mais técnicas nucleares relacionadas aos processos de análise não destrutiva com radiações (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

Além disso, o atual Programa Nuclear Brasileiro – PNB, contempla uma série de empreendimentos a serem concluídos em curto e médio prazos.

Entre os projetos previstos para o setor nuclear brasileiro está o término da construção da Usina Nuclear Angra 3, a ampliação da capacidade de enriquecimento de Urânio, e a construção do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica – LABGENE, no Centro Experimental Aramar/ Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP<sup>6</sup>.

Sob responsabilidade da CNEN, está a construção do Reator Multipropósito Brasileiro – RMB, que visa principalmente a produção de radioisótopos para aplicação na saúde,

---

<sup>6</sup> Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/ctmsp>>

indústria e meio ambiente; a construção do Repositório para Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação, para armazenamento de materiais de consumo, ferramentas e outros itens com baixo e médio níveis de radiação utilizados em usinas nucleares e rejeitos de instalações radiativas; o desenvolvimento de recipientes para transporte e para armazenagem de combustíveis irradiados, que visa a construção de um recipiente para armazenagem de combustíveis irradiados de centrais nucleares de potência; e a implantação do Laboratório Nacional de Fusão Nuclear – LNF (CNEN, 2012).

Todos os empreendimentos apresentados, somados ao aumento da utilização da tecnologia nuclear nas áreas da saúde, indústria, agricultura e meio ambiente, representam um desafio para a regulação do setor, criando uma demanda adicional para as atividades relacionadas com a segurança nuclear.

A finalidade da próxima seção é apresentar os processos vinculados ao licenciamento de instalações nucleares e à inspeção e controle das atividades que utilizam radiação ionizante no País.

Os dados apresentados, relacionados ao tamanho e características do setor nuclear brasileiro, em conjunto com as informações associadas aos processos que envolvem a regulação desse setor, formam uma base de informações útil para situar o projeto de pesquisa.

## 2.2 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E SEGURANÇA NUCLEAR

O objetivo dessa seção é apresentar a estrutura regulatória do setor nuclear no Brasil, destacando sua trajetória, os objetos de controle e os critérios e conceitos vinculados aos processos de licenciamento, inspeção e controle de instalações e atividades com materiais nucleares e radioativos no País.

### 2.2.1 Os riscos das radiações

As radiações ionizantes têm sido utilizadas desde a descoberta do raio X, em novembro de 1895. No entanto, bastaram menos de 12 meses de utilização do raio X para que pudessem ser percebidos os riscos e os efeitos adversos da exposição indevida às radiações ionizantes. Pouco tempo após a sua descoberta, vários países reportaram simultaneamente a ocorrência de dermatites e lesões nas mãos e dedos de pesquisadores que lidavam diretamente com esse tipo de radiação. Não demorou também para que se descobrisse que os efeitos das radiações poderiam ser letais. Nos primeiros anos de utilização do raio X foram registradas

centenas de mortes, em vários países, dos primeiros radiologistas e pesquisadores envolvidos com a atividade, devido à falta de conhecimento sobre os riscos das radiações ionizantes (CLARKE; VALENTIN, 2009, p. 77).

A experiência adquirida desde aquela época mostra que os riscos das radiações aos trabalhadores, ao público e ao meio ambiente devem ser avaliados e controlados. Esse controle deve ser realizado porque a exposição à radiação pode danificar células vivas, causando a morte de algumas delas e modificações em outras. Quando um indivíduo é submetido a uma dose muito alta de radiação, e essas doses excedem um determinado limite, certamente ocorrerão danos nos órgãos afetados, o que pode levar o indivíduo à morte. Esses efeitos são denominados “efeitos determinísticos”. No entanto, a radiação pode provocar outros tipos de danos nas células, que não morrem, mas se modificam. Nesse caso, geralmente o efeito é reparado por mecanismos de defesa do corpo humano. Caso o organismo não consiga reagir a essa alteração, a modificação resultante pode ser transmitida para outras células, ocasionando um câncer. Se as células modificadas forem responsáveis pela transmissão de informações hereditárias, podem aparecer distúrbios hereditários nos descendentes do indivíduo exposto. Efeitos como esse, de natureza probabilística, representados por processos malignos e efeitos hereditários, são denominados “efeitos estocásticos”. É importante destacar que os efeitos hereditários da exposição à radiação nunca foram detectados no organismo humano. No entanto, presume-se que possam ocorrer, uma vez que foram observados em outros mamíferos (ALMEIDA, 2005, p. 157).

Os riscos relacionados às radiações ionizantes não dizem respeito apenas aos efeitos prejudiciais à saúde, mas também a quaisquer outros riscos relacionados com a segurança, inclusive para os ecossistemas no meio ambiente. Estão relacionados às consequências diretas de: exposição à radiação; a presença de material radioativo (incluindo os rejeitos radioativos) ou o seu lançamento para o ambiente; bem com a perda de controle sobre o núcleo de um reator nuclear, da reação nuclear em cadeia, de uma fonte radioativa ou de qualquer outra fonte de radiação (IAEA, 2006, p. 1).

### **2.2.2 Diferença entre proteção radiológica, segurança nuclear, proteção física e salvaguardas**

De uma forma geral, o objetivo da regulação nuclear é assegurar a devida e necessária proteção aos trabalhadores, à população e ao meio ambiente com relação aos efeitos da exposição às radiações ionizantes (CNEN, 2011, p. 19).

Tal objetivo orienta tanto as ações relacionadas à proteção radiológica quanto as de segurança nuclear. No entanto, existem diferenças conceituais entre os dois termos.

A proteção radiológica está associada a um conjunto de medidas que visam a proteger o ser humano contra possíveis efeitos indesejáveis causados pela radiação ionizante. O princípio básico da proteção radiológica ocupacional estabelece que “todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis”<sup>7</sup>.

A segurança nuclear diz respeito à obtenção de condições adequadas de operação, à prevenção de acidentes ou à mitigação das consequências de acidentes, visando a proteção dos trabalhadores, do público e do meio ambiente contra os perigos de uma emissão excessiva de radiação. Trata dos riscos decorrentes de eventos não intencionais, iniciados por ocorrências naturais (tais como terremotos, tornados ou inundações), falhas em equipamentos, eventos internos ou interrupções (como incêndio, rompimento de tubulações ou perda de abastecimento de energia elétrica), ou erros humanos, tais como a aplicação incorreta de procedimentos (IAEA, 2010, p. 3).

A proteção física está relacionada à prevenção, detecção e resposta a roubo, sabotagem, acesso não autorizado às instalações, transferência ilegal ou outros atos maliciosos envolvendo material nuclear ou substâncias radioativas (IAEA, 2010, p. 3).

Salvaguardas, por sua vez, está relacionada à prevenção da utilização de materiais nucleares para fins não autorizados, por meio do controle e da contabilidade dos estoques desses materiais.

Os conceitos de segurança no setor nuclear foram desenvolvidos principalmente para a área de reatores. No entanto, foram gradativamente introduzidos nas instalações, equipamentos e ambientes em que se lida com radiações ionizantes (ALMEIDA, 2005, p. 160).

### **2.2.3 Princípios fundamentais de segurança**

Os principais conceitos aceitos internacionalmente sobre proteção radiológica e segurança nuclear, estão representados na documentação elaborada pela Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA (ALMEIDA, 2005, p. 154).

---

<sup>7</sup> Princípio ALARA – “Preceitos para proteção radiológica adotados internacionalmente, os quais recomendam serem mantidas as exposições em níveis tão baixos quanto exequíveis, respeitando-se as condições sócio-econômicas” (TAUHATA et al., 2003, p. 240).

Esses conceitos são produto da discussão e da experiência acumulada pelos países membros desse órgão, que é uma organização independente, da família das Nações Unidas, que serve como ponto focal para a cooperação global nuclear.

A Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA coordena o desenvolvimento e disponibiliza um vasto material de referência, relacionado a guias, boas práticas, critérios e padrões adotados internacionalmente, que tratam da segurança nuclear, proteção radiológica, gerenciamento de rejeitos radioativos, transporte de materiais radioativos, segurança das instalações do ciclo do combustível nuclear e garantia de qualidade. Com base nesses documentos e ações de cooperação, promove a realização e manutenção dos elevados níveis de segurança em aplicações da energia nuclear, bem como a proteção da saúde humana e do ambiente contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes.

Em 2008, foi adotada pela AIEA uma nova estrutura de padrões de segurança, que hierarquiza os padrões em três categorias: Fundamentos de Segurança (*Safety Fundamentals*), Requisitos de Segurança (*Safety Requirements*) e Diretrizes de Segurança (*Safety Guides*). A publicação primária, Fundamentos de Segurança, define o objetivo fundamental da segurança e os princípios fundamentais de proteção e segurança. Os Requisitos de Segurança estabelecem os requisitos que devem ser cumpridos para garantir a proteção das pessoas e do meio ambiente, tanto no presente como no futuro. Representam o detalhamento do objetivo e o dos princípios fundamentais de segurança estabelecidos no documento primário. As Diretrizes de Segurança, por sua vez, fornecem recomendações e orientações sobre como cumprir com os requisitos de segurança. Essas publicações refletem um consenso internacional sobre o que constitui um elevado nível de segurança para proteger as pessoas e o ambiente dos efeitos nocivos da radiação ionizante. As normas de segurança da AIEA são aplicáveis durante toda a vida de instalações e atividades, novas e existentes, utilizadas para fins pacíficos, e para as ações de proteção voltadas para a redução dos riscos inerentes às radiações (IAEA, 2012).

A AIEA controla a atualização desses documentos, que são continuamente revistos, incorporando a experiência acumulada pelo setor na aplicação desses padrões e guias.

De acordo com o documento *Fundamental Safety Principles* (IAEA, 2006), os princípios fundamentais de segurança, que servem como referência para todos os documentos da estrutura de padrões normativos da AIEA, são os seguintes:

**Princípio 1: A responsabilidade pela segurança** – O primeiro responsável pela segurança é a pessoa ou organização responsável por instalações e atividades que dão origem aos riscos da radiação.

**Princípio 2: Papel do governo** - Uma efetiva estrutura jurídica e governamental voltada à segurança deve ser constituída e sustentada pelo Estado, que deve incluir um órgão regulador independente.

**Princípio 3: Liderança e gestão para a segurança** – Uma efetiva liderança e gestão para a segurança deve ser estabelecida e sustentada pelas organizações envolvidas, principalmente nas instalações e atividades que dão origem aos riscos inerentes às radiações.

**Princípio 4: Justificação de instalações e atividades** – Os benefícios proporcionados pelas instalações e atividades devem superar os riscos relacionados às radiações.

**Princípio 5: Otimização da proteção** – A proteção deve ser otimizada para fornecer o mais alto nível de segurança que possa ser razoavelmente alcançado.

**Princípio 6: Limitação de riscos para os indivíduos** – As medidas estabelecidas para minimizar os riscos de radiação devem assegurar que nenhum indivíduo assuma um risco inaceitável de dano.

**Princípio 7: Proteção das gerações presentes e futuras** - As pessoas e o meio ambiente, presentes e futuros, devem ser protegidos contra os riscos das radiações.

**Princípio 8: Prevenção de acidentes** - Todos os esforços operacionais devem ser empreendidos para prevenir e mitigar acidentes nucleares ou radioativos.

**Princípio 9: Preparação e resposta a emergências** - Devem ser adotadas todas as medidas necessárias relacionadas à preparação e resposta a emergências vinculadas a acidentes nucleares ou radioativos.

**Princípio 10: Medidas de proteção para redução dos riscos associados às radiações existentes ou não regulamentados** – As medidas de proteção para a redução dos riscos associados às radiações existentes (por exemplo, naturais) ou não regulamentadas (por exemplo, que não foram objeto de controle) devem ser justificadas e otimizadas.

#### 2.2.4 As funções do órgão regulador

Em diversos documentos estabelecidos pela AIEA, são apresentadas informações relacionadas ao papel do órgão regulador nuclear. Esses documentos fornecem recomendações úteis para que cada País defina sua própria estrutura de regulação.

O documento que trata das atribuições do órgão regulador, apresentando os requisitos mínimos e uma série de recomendações relacionadas à estrutura de regulação é o *Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transportation Safety- Requirements* (IAEA, 2000).

Tal publicação estabelece as principais funções do órgão regulador, destacando que estas devem estar expressas no arcabouço legal da área nuclear dos países que desenvolvem atividades nucleares.

De acordo com o documento, as principais funções do órgão são as seguintes:

- a) **Autorização:** Pode ser concedida pelo órgão regulador que deverá, antes, empreender criteriosa análise das condições de segurança da instalação ou da atividade sob responsabilidade do regulado, que deve comprovar a conformidade do objeto de análise com os critérios estabelecidos nos atos normativos vigentes. A amplitude do controle deve ser proporcional à magnitude e natureza dos riscos envolvidos. São vários os tipos de autorizações concedidas, dentre elas, as de construção de instalações nucleares, operação, transporte de material radioativo, importação de fontes etc..
- b) **Exame e avaliação:** Consiste na análise criteriosa de informações fornecidas pelos regulados, com a finalidade de determinar se a instalação ou atividade atende, durante todo o ciclo de atividades, aos objetivos, princípios e critérios de segurança pertinentes. O objetivo é verificar se as informações fornecidas são consistentes e suficientes para demonstrar a segurança da instalação ou atividade sob responsabilidade do regulado.
- c) **Inspecções e ações coercitivas:** As inspeções, que podem ser anunciadas ou não anunciadas, são realizadas com o objetivo de certificar o cumprimento das condições estabelecidas, por exemplo, nas autorizações concedidas e nos padrões de segurança vigentes (leis, regulamentações, códigos, guias, especificações e práticas pertinentes). As medidas coercitivas podem ser aplicadas no caso de descumprimento de condições e requisitos de segurança e devem ser proporcionais à gravidade da não conformidade. Dessa forma, podem estar relacionadas a advertências, penalidades e, em casos extraordinários, à retirada da autorização.
- d) **Elaboração de regulamentos e guias:** Fornecem orientações práticas de como os requisitos de segurança podem ser atendidos. O objetivo principal dos regulamentos é estabelecer os requisitos que devem ser cumpridos pelos regulados. São baseados na experiência acumulada pelo setor nuclear, expressa em normas e recomendações reconhecidas internacionalmente. A AIEA coordena a atualização desses documentos, onde gradativamente são incorporados novos requisitos de segurança. Os guias devem ser produzidos sob coordenação do órgão regulador, baseados em padrões que considerem a experiência acumulada internacionalmente.

Além das quatro principais funções apresentadas, o órgão regulador também tem funções e responsabilidades relacionadas à preparação para emergências e informação pública. É responsável por fornecer *feedback* sobre a experiência operacional obtida no exercício de suas atribuições. Deve estar estruturado de forma que seja possível tirar o máximo de proveito das lições aprendidas, tanto de seu país quanto de outros países (IAEA, 2002, p. 7).

O órgão regulador também deve estar envolvido com atividades de pesquisa e desenvolvimento e de cooperação internacional. As pesquisas fomentadas podem ser de natureza confirmatória ou antecipatória, atendendo necessidades de curto ou longo prazos. A cooperação internacional pode estar relacionada à troca de informação, assistência mútua em atividades regulatórias, treinamento de pessoal, reuniões sobre assuntos específicos e outras atividades. Além disso, o órgão é também responsável pela função de salvaguardas, relacionada ao controle de tecnologias e materiais nucleares, buscando evitar o seu uso indevido e proibido pelos acordos internacionais (ALMEIDA, 2005, p. 164).

#### **2.2.5 A trajetória da regulação nuclear no Brasil**

A regulação nuclear no Brasil teve início com a aquisição do primeiro reator nuclear para a geração de energia elétrica. A complexidade do processo exigiu o estabelecimento de padrões nacionais de regulação. Em 1969, foi elaborada a estrutura normativa para a seleção e aprovação de local de construção, constituindo o primeiro ato oficial da CNEN como órgão regulador nuclear. Em 1972, foram estabelecidas as regras para o licenciamento de reatores de potência, que tomou como referência o modelo americano de licenciamento (ALMEIDA, 2005, p. 155).

Na área de proteção radiológica, a evolução foi gradativa no Brasil, semelhante à evolução da área em diversos outros países, onde a prática antecedeu a regulação, ou seja, os procedimentos de controle foram estabelecidos após a introdução de métodos e equipamentos no País. Na fase inicial, as boas práticas dependiam do conhecimento do usuário, que buscava nas recomendações de organismos internacionais alguma referência para o estabelecimento de procedimentos relacionados à segurança. Aos poucos, foram sendo implantados e melhorados os padrões de segurança exigidos pelo órgão regulador brasileiro. O primeiro ato normativo nessa área foi elaborado em 1969, estabelecendo a exigência de aprovação prévia do projeto pela CNEN para a importação de fontes para teleterapia.

O evento mais marcante na área de proteção radiológica no Brasil foi o acidente de Goiânia, em 1987, que forçou a revisão e aperfeiçoamento do sistema brasileiro de regulação. Na época, foi realizado um levantamento criterioso de todas as fontes radioativas artificiais existentes no País, foram recolhidas as fontes que não tinham uso definido e foi aprimorado o processo de cadastramento de fontes e responsáveis. O processo de emissão de autorizações nessa área foi aperfeiçoado de forma contínua ao longo da existência da CNEN (ALMEIDA, 2005, p. 155).

#### **2.2.6 Atribuições legais do órgão regulador brasileiro**

A Constituição brasileira estabelece que é de responsabilidade da União o controle do uso seguro e pacífico da energia nuclear no Brasil, ficando a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), por meio de sua Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), a implementação de medidas que assegurem o cumprimento dessa atribuição.

Os processos de regulação nuclear abrangem o controle e fiscalização de todas as atividades que envolvam radiações ionizantes no País, incluindo as instalações, os procedimentos, os equipamentos e o pessoal envolvido com essas atividades. Incluem o licenciamento de instalações nucleares e radiativas; a fiscalização de atividades relacionadas à extração e à manipulação de matérias-primas e minerais de interesse para a área nuclear; o estabelecimento de normas e regulamentos; a fiscalização das condições de proteção radiológica de trabalhadores nas instalações nucleares e radiativas; a regulamentação e o controle do transporte, tratamento e armazenamento de rejeitos radioativos; e o atendimento a solicitações de auxílio, denúncias e emergências envolvendo fontes de radiações ionizantes.

Esses processos são realizados com base em normas e regulamentos de segurança nuclear e proteção radiológica, estabelecidos pelo órgão regulador. Envolvem a realização de auditorias, inspeções, análise de documentação, cálculos independentes, exames de suficiência e controle de prazos de validade das autorizações (CNEN, 2011, p.19).

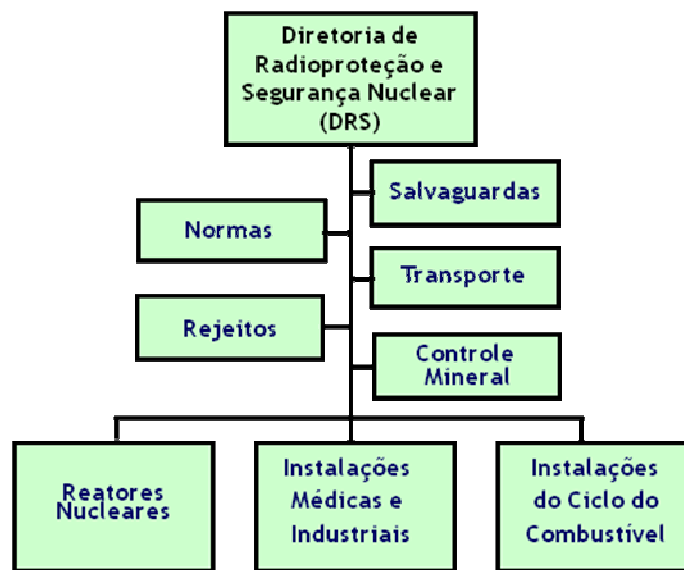
O controle do material nuclear existente no País também é de responsabilidade da CNEN, a fim de garantir que seu uso seja exclusivamente destinado a fins pacíficos, a partir do controle e da verificação das informações de projeto das instalações e dos inventários dos materiais nucleares. Além disso, o Órgão tem a função de credenciar os profissionais responsáveis pela segurança, que, por lei, devem ter um vínculo formal ou fazer parte do corpo de funcionários da instalação regulada (CNEN, 2011, p.19).

### 2.2.7 Estrutura do órgão regulador brasileiro

A estrutura organizacional de órgãos reguladores varia de país para país. É estabelecida conforme a estrutura legal de cada país e das práticas de regulação adotadas.

No Brasil, as ações de regulação são executadas pelas várias unidades subordinadas à Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), e abrangem todo o território nacional. Do ponto de vista funcional, estão subdivididas em oito áreas de atuação: instalações médicas e industriais, reatores nucleares, instalações do ciclo do combustível nuclear, salvaguardas de material nuclear e proteção física de instalações nucleares e radiativas, licenciamento de depósitos e controle da gerência de rejeitos radioativos, fiscalização e controle mineral, transporte de materiais radioativos e normas nucleares (CNEN, 2012).

Figura 2 – Estrutura Organizacional da Área de Regulação Nuclear no Brasil



Fonte: ALMEIDA, 2010

A área de instalações médicas e industriais é responsável pela coordenação e execução das atividades de fiscalização, de controle e de concessão de autorizações relativas às instalações radiativas, controle e inventário das fontes e equipamentos de radiação no País, coordenação e execução do programa de inspeções regulatórias em instalações radiativas e condução dos processos de certificação da qualificação e registro de pessoal dessas instalações.

A área de reatores nucleares é responsável pelas atividades relacionadas ao licenciamento e controle de reatores de potência, de pesquisa e de testes, verificando o cumprimento das normas de proteção radiológica e segurança nuclear nas instalações nucleares e executando as atividades de inspeção regulatória. Adicionalmente, realiza o licenciamento de operadores de reatores de potência e de pesquisa e de testes, bem como os processos de certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica para as instalações nucleares.

A área de instalações do ciclo do combustível nuclear coordena a execução dos processos de licenciamento de instalações do ciclo do combustível nuclear e propõe ações coercitivas relativas a essas instalações. Coordena ainda o processo de fiscalização do cumprimento das normas de proteção radiológica e segurança nuclear e fiscaliza a construção, operação e descomissionamento de instalações nucleares do ciclo do combustível. Coordena, ainda, a realização de estudos voltados à proposição e atualização de regulamentos técnicos de segurança nuclear e radiológica e participa do processo de elaboração desses regulamentos, bem como dos processos de certificação de qualificação de supervisores de proteção radiológica para as áreas do ciclo do combustível nuclear.

Salvaguardas de material nuclear e proteção física de instalações nucleares e radiativas é a área responsável pelos aspectos de licenciamento e controle referentes à utilização de material nuclear e à proteção física de unidades operacionais da área nuclear. Também é responsável por verificar o cumprimento dos compromissos de salvaguardas assumidos pelo Brasil junto à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e à Agência Brasil-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC). As atividades de salvaguardas envolvem a aplicação de critérios e procedimentos para a contabilidade e o controle de materiais nucleares, a verificação das informações de projeto das instalações e dos inventários dos materiais nucleares, por meio de inspeções realizadas nas instalações nucleares e da avaliação independente das informações declaradas pelos operadores das instalações. As atividades de proteção física envolvem a realização de inspeções e auditorias de instalações nucleares / radiativas e unidades de transporte, bem como a análise dos planos de proteção física dessas instalações e das operações de transporte de material nuclear em território nacional. Além disso, acompanha e registra eventos de tráfico ilícito de materiais nucleares e radioativos ocorridos em território nacional.

A área de licenciamento de depósitos e controle da gerência de rejeitos radioativos é responsável pelos processos de avaliação de segurança da gerência de rejeitos das instalações nucleares, radiativas e minero-industriais, incluindo a fiscalização e o controle das atividades

relacionadas à gerência dos rejeitos radioativos oriundos de instalações nucleares e radiativas, bem como o licenciamento e a fiscalização de depósitos de rejeitos radioativos iniciais, intermediários, finais e provisórios.

A área de fiscalização e controle mineral é responsável pelas atividades relacionadas ao comércio de concentrados de minérios nucleares, minérios de interesse nuclear, minerais e minérios com urânio e tório associados, seus concentrados, produtos e subprodutos, bem como pelas atividades vinculadas à segurança e proteção radiológica de instalações minero-industriais que processam, armazenam minérios, resíduos e escórias, estéreis e rejeitos contendo radionuclídeos, além de controlar a movimentação de minérios e minerais nucleares e outros materiais de interesse para a indústria nuclear. A área coordena ainda o processo de fiscalização do cumprimento das normas de proteção radiológica, fiscaliza a operação e o descomissionamento de instalações minero-industriais.

A área de transporte é responsável pela avaliação da segurança no transporte de materiais nucleares e radioativos em todo o território nacional.

Adicionalmente, todas as áreas do órgão regulador participam das atividades vinculadas à área de normas e regulamentos técnicos, realizando estudos e acompanhando a evolução de bases normativas em seus campos de atuação, visando a proposição e atualização de regulamentos técnicos de proteção radiológica e segurança nuclear, participando ainda do processo de elaboração desses regulamentos. Prestam ainda suporte ao atendimento de emergências nucleares e radiológicas.

### **3 INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO, APRENDIZAGEM E INOVAÇÃO**

Neste capítulo, são apresentadas as referências teóricas que alicerçam as discussões conduzidas nos capítulos subsequentes. Seu objetivo é apresentar os conceitos, as definições e as abordagens necessárias para a investigação da dinâmica de produção, circulação e apropriação de conhecimento e de desenvolvimento de inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear. Sem a pretensão de elaborar um trabalho de síntese exaustiva da literatura nesses temas, a ideia aqui é construir e estabelecer um diálogo entre a literatura e as questões de pesquisa, apresentando os fundamentos teóricos essenciais relacionados aos temas conhecimento, aprendizagem e à inovação e sua gestão. A finalidade dessa síntese é construir um enquadramento para o trabalho empírico desenvolvido na pesquisa, priorizando

uma abordagem que permita realizar a investigação das práticas relacionadas ao processo de inovação do órgão regulador brasileiro.

### 3.1 INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO E APRENDIZAGEM

Os termos ‘dado’, ‘informação’ e ‘conhecimento’ se confundem pela proximidade de seus significados. Uma prova disso é que freqüentemente esses termos são utilizados como sinônimos na literatura (PINHEIRO, 2004).

No caso específico desta pesquisa, é útil que seja apresentada uma clara diferenciação desses conceitos, construindo uma abordagem que colabore para a clareza dos assuntos apresentados e discutidos nos próximos capítulos desta tese. Assim, para efeitos deste estudo, ‘dado’, ‘informação’ e ‘conhecimento’ são considerados como categorias distintas, porém estreitamente relacionadas.

Os conceitos estabelecidos para esses termos são, na maioria das vezes, divergentes na literatura. Dessa forma, mais do que sugerir que existe uma definição simples, verdadeira e consensual para cada um desses conceitos, o objetivo aqui é apresentar a natureza fragmentada do debate atual sobre o assunto e mostrar algumas definições e descrições relacionadas com a abordagem de investigação proposta pela tese.

Yuxiao (apud PINHEIRO; LOUREIRO, 1995, p. 5), por exemplo, dá uma ideia da dificuldade encontrada em se conceituar o termo informação, quando afirma que informação caracteriza-se como um “conceito controverso e enganoso de variadas definições, que se forma por uma série de conceitos heterogêneos com complexos relacionamentos”. O autor baseia o seu argumento na necessidade da informação em quase todas as profissões, ciências e culturas. Além disso, o desenvolvimento de pesquisas sobre informação, por vezes, a caracteriza como um fenômeno e, outras vezes, como um processo.

Etimologicamente, informação vem do latim *formatio* e *forma*, sendo sinônimo de notícia. Expressa a “ideia de dar a forma a alguma coisa” (PINHEIRO, 1995, p. 5).

O termo informação é utilizado de forma ampla em várias áreas do conhecimento. Pode estar num diálogo entre cientistas, em uma comunicação informal, numa inovação para o setor produtivo, em patentes, numa fotografia ou objeto, no registro magnético de uma base de dados ou numa biblioteca virtual ou repositório, na *Internet* (PINHEIRO, 2002, p. 2).

Para tratar das definições relacionadas à “informação e conhecimento”, alguns autores consideram, ainda, a importância da compreensão de um terceiro elemento, o “dado”. Para esses autores, a definição de “dado” é útil para o entendimento adequado do que significa

informação, articulando a cadeia “dado, informação e conhecimento”. Sustentam que é impossível pensar num desses conceitos sem a compreensão dos outros dois.

Para Hoshovsky e Massey (apud PINHEIRO, 2004, p. 6), dados “denotam fatos não avaliados para qualquer uso específico. São passíveis de serem avaliados para validação”. Já Informação é “o dado mais a avaliação para uso futuro antecipado”, enquanto que o termo conhecimento, “equivale ao termo informação comumente usado na discussão técnica”.

Com base nessas considerações, Hoshovsky e Massey (apud PINHEIRO, 2004, p. 6), assinalam que informação é “...o processo que ocorre, na mente humana, quando um problema e um dado útil para sua solução estão juntos numa união produtiva”. Para os autores, para alguma coisa ser informação, é necessário definir o que se pretende com a informação, e que a mesma faça sentido e seja entendida pelo receptor, no contexto de uma visão que envolva a sua aplicabilidade.

Alinhado com as definições apresentadas por Hoshovsky e Massey, McGarry (apud PINHEIRO; LOUREIRO, 1995, p. 5) também estabelece uma relação entre dado, informação e conhecimento ao sustentar que informação seria um tipo de “matéria-prima de que deriva conhecimento”, assim como os dados são a matéria-prima a partir da qual se estruturam ou se baseiam informações.

Considerando as especificidades das informações relacionadas ao tema da pesquisa e à natureza das atividades de proteção radiológica e segurança nuclear, também é válido considerar a definição de Capurro e Hjørland (2007, p. 155) para o termo informação. Para esses autores, informação é o que é informativo para uma determinada pessoa, uma vez que tal condição está relacionada às necessidades interpretativas e habilidades do indivíduo.

A definição de Capurro e Hjørland é útil quando consideramos que a troca de informações é facilitada entre aqueles que já consolidaram práticas e vocabulários comuns, uma vez que a sua assimilação, no contexto da área de segurança, depende de habilidades acumuladas ao longo do tempo.

O conceito para o termo “conhecimento” também é divergente na literatura. São várias as definições aplicáveis, e na maioria das vezes, são discordantes no seu significado. De acordo com Spender (2001, p. 27), conhecimento é um termo fluido e difícil de ser definido.

Uma das definições mais tradicionais do conhecimento, formulada por Nonaka e Takeuchi (1997, p. 63), identifica o conhecimento como “uma crença verdadeira justificada”, o considerando como “um processo humano dinâmico de justificar a crença pessoal com relação à verdade”. Com essa definição, os autores se contrapõem à abordagem do

conhecimento que enfatiza a natureza absoluta, estática e não-humana do conhecimento, que coloca apenas a “verdade” como atributo essencial do conhecimento.

Os autores apontam que a informação é um produto capaz de gerar conhecimento. O conhecimento, por sua vez, é identificado como a crença produzida pela informação. Em outras palavras, a informação é basicamente um fluxo de mensagens. Já o conhecimento, é criado por esse fluxo de informação, com base nas crenças e compromissos de quem o possui (NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p. 64).

Davenport e Prusak (1998, p. 4) consideram que conhecimento é uma mistura de diferentes experiências, valores, informações contextuais que fornecem um quadro para avaliar e incorporar novas experiências e informações. Nas organizações, está representado não apenas nos documentos ou repositórios, mas também nas rotinas organizacionais, processos, práticas e normas.

### **3.1.1 Tipos de conhecimento**

De uma forma geral, a literatura relacionada ao conhecimento concorda com a distinção proposta por Michael Polany (apud NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p. 65), que identifica dois tipos diferentes de conhecimento: explícito e tácito.

Fundamentadas no argumento de que “podemos saber mais do que podemos dizer” (POLANY apud NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p. 65), foram estabelecidas as bases conceituais para caracterizar cada um dos dois tipos de conhecimento.

O conhecimento explícito, ou codificado, refere-se ao conhecimento que pode ser reduzido e convertido em informação, de forma que possa ser facilmente verificado, reproduzido, armazenado e transmitido (LUNDVALL; BORRÁS, 1998, p. 31). Trata-se do conhecimento que pode ser representado e transmitido a partir de documentos, desenhos, cálculos, bases de dados, procedimentos e manuais, pois se refere ao conhecimento que já foi codificado ou declarado. Grant (1996, p. 111), por exemplo, sugere que “o conhecimento explícito é transmitido pela sua comunicação. Essa facilidade de comunicação é sua propriedade fundamental”.

Já o conhecimento tácito é o tipo de conhecimento difícil de ser articulado na forma explícita, é considerado mais informal e altamente subjetivo. Está embutido em valores culturais e nas suposições dos indivíduos que o possuem (HISLOP, 2009). Está baseado nas ações e experiências de um indivíduo, bem como nos ideais, valores ou emoções que esse

indivíduo adota (NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p. 8). Sua transmissão exige comunicação pessoal e interação.

As habilidades físicas e cognitivas de um indivíduo também são consideradas conhecimento tácito, uma vez que o indivíduo segue padrões que não são estabelecidos como regras (POLANYI apud LUNDVALL; BORRÁS, 1998, p. 31). O conhecimento tácito inclui, além de habilidades, a experiência, a visão, a intuição e o julgamento do indivíduo. É o “know-how” acumulado na mente de uma pessoa (IAEA, 2011, p. 3).

Para Nonaka e Takeuchi (1997, p. 66), o conhecimento da racionalidade tende a ser explícito, metafísico e objetivo, enquanto que o tácito, que se refere ao conhecimento da experiência, tende a ser físico e subjetivo.

Quadro 1 – Características dos conhecimentos tácito e explícito

| <b>Conhecimento Tácito</b>                | <b>Conhecimento Explícito</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| Não pode ser expresso de forma codificada | Pode ser codificado           |
| Subjetivo                                 | Objetivo                      |
| Pessoal                                   | Impessoal                     |
| Depende do contexto                       | Independente do contexto      |
| Difícil de ser compartilhado              | Fácil de ser compartilhado    |

Fonte: HISLOP, 2009

Outra taxonomia, utilizada para o detalhamento desses dois tipos de conhecimento, é apresentada por Lundvall (1996, p. 5), que apresenta definições para os conhecimentos relacionados a “saber o quê”, “saber por que”, “saber como” e “saber quem”.

O autor (LUNDVALL, 1996, p. 6) identifica que o “saber o quê” e o “saber por que” são os tipos de conhecimento associados ao conhecimento explícito, que podem ser obtidos em livros, palestras ou em base de dados. Podem ser mais facilmente codificados e transferidos como informação. Para o autor, a literatura dá mais atenção à transferência desse tipo de conhecimento por serem mais fáceis de serem tratados como produtos.

O “saber o quê” é o conhecimento sobre “fatos”. O número de inspeções realizadas no País em um ano, o número de supervisores de proteção radiológica certificados e o número de atendimentos a emergências são exemplos de conhecimentos sobre fatos.

Já o “saber por que”, se refere ao conhecimento sobre princípios e leis de movimento da natureza na mente humana e na sociedade. O conhecimento sobre a reação em cadeia e sobre os efeitos da exposição à radiação são exemplos desse tipo de conhecimento. São fundamentais para o desenvolvimento de requisitos de segurança na área de segurança nuclear

e proteção radiológica, considerando que essa é uma área em que o avanço do conhecimento não deveria ser obtido a partir da experiência observada a partir de procedimentos relacionados à tentativa e erro. Assim, de alguma forma, esse tipo de conhecimento pode evitar a ocorrência de acidentes.

As outras duas categorias, “saber como” e “saber quem”, ainda segundo Lundvall (1996), estão associadas à experiência e interação social. Dizem respeito ao que foi conceituado nesta seção como conhecimento tácito.

O “saber como” diz respeito às relações de aprendizagem entre mestre e aprendiz. Envolve a transferência de conhecimento tácito a partir da experiência prática adquirida ao longo do tempo. As inspeções regulatórias realizadas pelo órgão regulador nuclear brasileiro, por exemplo, possuem uma dimensão de conhecimento tácito, associada à postura do inspetor no trabalho de campo. Quanto maior o “saber como” do inspetor, maiores serão as chances de identificação de não conformidades em uma atividade ou instalação nuclear ou radiativa. Determina, ainda, o tipo de postura do inspetor frente às não conformidades identificadas. Dessa forma, esse tipo de conhecimento está relacionado às habilidades adquiridas pelo indivíduo ou por determinado grupo de pessoas. É um tipo de conhecimento que pode ser desenvolvido e mantido dentro de uma determinada fronteira organizacional.

A categoria definida por Lundvall (1996) como “saber quem” está associada à prática social e ocorre principalmente em comunidades intensivas em conhecimento especializado. Para Pavitt (apud LUNDVALL, 1996, p. 6), muitas empresas se engajam em programas de pesquisa básica simplesmente para terem acesso a redes informais de cientistas, em função da importância de se ter acesso ao “saber quem”. Esse tipo de conhecimento tem destacada importância nas abordagens relacionadas às redes colaborativas, pois envolvem informações sobre quem sabe o quê e quem sabe como fazer. Está associado à capacidade de estabelecimento de relações com grupos especializados, visando aproveitar a sua experiência.

### 3.1.2 Epistemologias do conhecimento

Uma das características da literatura acadêmica é a divergência nas abordagens relacionadas ao conhecimento. Apesar dessa heterogeneidade, para Hislop (2009), há um consenso de que é possível identificar duas perspectivas epistemológicas<sup>8</sup> dominantes.

---

<sup>8</sup> Definição de epistemologia: de acordo com Hislop (2009), é a filosofia que trata da natureza do conhecimento. Está associada basicamente com as seguintes questões: o conhecimento é objetivo e mensurável? Conhecimento pode ser adquirido ou pode ser experimentado? O que é considerado conhecimento válido, e por quê?

Schultze e Stabell (2004), por exemplo, sugerem a existência de duas epistemologias distintas na literatura de gestão do conhecimento, as epistemologias do dualismo e da dualidade<sup>9</sup>. Outros autores também chegam a conclusões similares relacionadas a essa divisão, utilizando, no entanto, diferentes rótulos para denominá-las.

Sintetizando essas abordagens, Hislop (2009) distingue as duas perspectivas da seguinte forma: perspectiva objetivista do conhecimento e perspectiva do conhecimento baseada na prática (Quadro 2).

Quadro 2 – Epistemologias do conhecimento

| <b>Autor</b>             | <b>Perspectiva Objetivista</b>     | <b>Perspectiva Baseada na Prática</b>     |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| Schultze; Stabell (2004) | Epistemologia do dualismo          | Epistemologia da dualidade                |
| Werr; Stjernberg (2003)  | Conhecimento como teoria           | Conhecimento como prática                 |
| Empson (2001)            | Conhecimento como um ativo         | Conhecimento como um processo             |
| Cook; Brown (1999)       | Epistemologia da posseção          | Epistemologia da prática                  |
| McAdam; McCreedy (2000)  | Conhecimento como verdade          | Conhecimento é construído socialmente     |
| Scarborough (1998)       | Teoria do conteúdo do conhecimento | Ponto de vista relacional do conhecimento |

Fonte: HISLOP, 2009

A perspectiva objetivista assume que o conhecimento é uma entidade que pode ser codificada e separada dos indivíduos que os possuem e o utilizam. Já a perspectiva baseada na prática, estabelece que o conhecimento está fortemente vinculado aos locais de trabalho, às práticas, às pessoas e aos contextos onde ocorre. É desenvolvido por meio dessas instancias e não pode estar separado das mesmas (HISLOP, 2009).

### 3.1.2.1 Perspectiva objetivista do conhecimento

A principal característica da perspectiva objetivista é que o conhecimento é considerado uma entidade, uma mercadoria ou um objeto que pode ser possuído pelos indivíduos, mas que também pode existir de forma independente das pessoas, como conhecimento codificado (explícito). Pode ser representado por documentos, diagramas,

<sup>9</sup> O dualismo está associado ao “ou” e a uma construção do mundo em termos de binários ou opostos mutuamente excludentes, fornecendo, dessa forma, o alicerce teórico para esquemas de classificação, taxonomias e teoria da contingência. Em contrapartida, o conceito de dualidade resiste à construção de tais dicotomias. Está associada ao “e”, o que implica uma estratégia dialética integrativa. A dualidade está relacionada ao pragmatismo e às teorias da prática (SCHULTZE; STABELL, 2004).

sistemas de computadores ou estarem embutidos em artefatos físicos, como máquinas e ferramentas (HISLOP, 2009).

Com relação à natureza do conhecimento, nesta perspectiva, ele é considerado “objetivo”. Isto quer dizer que é possível que o conhecimento seja desenvolvido, bem como compreendido, independente da subjetividade individual das pessoas. Nesse caso, o conhecimento codificado pode ser representado, por exemplo, por um conjunto de fatos e leis científicas, consideradas consistentes através do tempo. O conhecimento nesta perspectiva é visto como verdade (MCADAM; MCCREEDY, 2000).

Para Hislop (2009), essas ideias tomam como referência a filosofia do positivismo<sup>10</sup>, assumindo que o mundo social pode ser estudado cientificamente, ou seja, que um fenômeno social pode ser quantificado e medido, e que leis e princípios gerais podem ser estabelecidos e, ainda, que o conhecimento objetivo é produzido como resultado.

Outro pressuposto apresentado por Hislop (2009) para caracterizar a epistemologia objetivista, é que esta perspectiva privilegia o conhecimento explícito. Apesar de os conhecimentos tácito e explícito não representarem os extremos de um espectro, representam, nesta perspectiva, duas formas puras e separadas de conhecimento.

O desenvolvimento e a produção de conhecimento, de acordo com a perspectiva objetivista, é principalmente um processo cognitivo. É considerado, primariamente, uma entidade intelectual (embora possa ser codificado). “É algo que acontece na mente humana”, conforme sugerido por Cook e Brown (1999, p. 384). Acontece a partir de um processo de reflexão intelectual, individual ou coletiva (HISLOP, 2009).

Hislop (2009) destaca que a teoria da firma baseada no conhecimento é a teoria dominante na adoção da perspectiva objetivista do conhecimento. O autor constrói tal argumento com base em vários estudos desenvolvidos no âmbito dessa teoria, que: (a) também considera o conhecimento como entidade e (b) assume a ideia de que existem tipos de conhecimento distintos, como “explícito e tácito” e “coletivo e individual”. Com relação à característica objetiva do conhecimento, tal teoria também concorda que a qualidade e os atributos do conhecimento organizacional podem ser quantificados e medidos. Uma demonstração disso é que os métodos utilizados para a investigação e análise do conhecimento organizacional, bem como dos processos de gestão do conhecimento, na maioria das vezes, estão relacionados à análise de variáveis objetivamente mensuradas, eventualmente, por meio de métodos quantitativos que envolvem a coleta de robustos

---

<sup>10</sup> Filosofia que assume que relações de causa e efeito podem ser utilizadas para a investigação de fenômenos sociais, a partir de observação e teste, e que leis e princípios gerais podem ser estabelecidos (HISLOP, 2009).

conjuntos de dados estatísticos. Tais investigações podem então, dessa forma, identificar relações causais objetivas entre essas variáveis, a partir de desenvolvimento e teste de hipóteses específicas.

Os pressupostos apresentados, que demonstram que o conhecimento pode ser extraído das pessoas como objeto ou entidade e também que o conhecimento pode ser objetivo, contribuem para a compreensão do processo de compartilhamento de conhecimento na perspectiva objetivista.

Nesta perspectiva, esse processo pode ser comparado com a postagem de uma correspondência, conforme sugerido por Hislop (2009). O remetente, isolado fisicamente, pode produzir algum conhecimento integralmente explícito e transferi-lo remotamente ao destinatário. Assume-se, então, que o receptor é capaz de compreender esse conhecimento e utilizá-lo sem qualquer outra forma de interação com o remetente. De acordo com o autor (HISLOP, 2009), tal procedimento assume que nenhum aspecto importante desse conhecimento explícito é perdido durante o processo de transmissão, e que tanto o transmissor quanto o receptor terão o mesmo entendimento sobre o conhecimento transmitido.

A literatura de gestão do conhecimento alinhada com a perspectiva objetivista reconhece que grande parte do conhecimento organizacional pode ser tácito, e sugere que é possível converter o conhecimento relevante para a forma codificada. Baseado nas ideias de Nonaka e seus colaboradores, tal processo de codificação passou a ser reconhecido na literatura como “externalização” (NONAKA, 1994). Nesse processo, a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito pode ser eventualmente obtida a partir da articulação do conhecimento de trabalhadores sobre processos, explicitando todas as suas suposições, comportamentos e ações que utilizam para a realização de tarefas. Nesse procedimento é considerado que a utilização de metáforas pode permitir uma melhor compreensão do conhecimento a ser codificado (NONAKA, 1994).

Assim, dentro desta perspectiva, o primeiro estágio de grande parte das iniciativas relacionadas à gestão do conhecimento é o de identificar que conhecimento é importante para a organização, para então, torná-lo explícito, se possível.

Tão importante quanto o processo de codificação, é tornar esse conhecimento acessível para todas as pessoas que precisem utilizá-lo. Para isso, é recomendada a utilização de repositórios centrais e a estruturação de formas sistemáticas que permitam que sejam acessados facilmente dentro da organização.

### 3.1.2.2 Perspectiva do conhecimento baseada na prática

Uma das mais importantes diferenças entre a perspectiva objetivista e a perspectiva baseada na prática é que esta última contesta a concepção de conhecimento como objeto ou entidade. Esta perspectiva assume que o conhecimento não pode ser completamente codificado e, dessa forma, separado das pessoas. Por isso, a interdependência do conhecimento com a atividade humana, aqui denominada prática<sup>11</sup>, representa uma das características fundamentais desta perspectiva.

Devido à centralidade da atividade humana na concepção de conhecimento, esta perspectiva é denominada por Cook e Brown (1999) como “epistemologia da prática”. Gherardi (2000, p. 218), também assume essa centralidade quando concorda que “prática conecta o ‘conhecer’ com o ‘fazer’”.

Para Hislop (2009), a epistemologia baseada na prática pode ser mais bem compreendida com base nas seguintes características, que estão de alguma forma, inter-relacionadas: (a) o conhecimento está embutido na prática, (b) os conhecimentos tácitos e explícitos são inseparáveis, (c) o conhecimento está embutido nas pessoas, (d) o conhecimento é construído socialmente, (e) aspectos culturais estão embutidos no conhecimento e (f) o conhecimento é contestável.

Ao assumir que (a) **o conhecimento está embutido na prática**, esta perspectiva contesta a concepção de conhecimento como uma entidade ou objeto que possa ser codificado e separado das pessoas. Orlikowski (2002), por exemplo, considera que “conhecer” é inerentemente uma atividade humana, por isso, toda e qualquer atividade, de alguma forma, envolve o uso e (ou) o desenvolvimento de conhecimento.

Adicionalmente, Hislop (2009) lembra que o uso, o compartilhamento, o desenvolvimento ou a criação de conhecimento profissional envolve um componente de atividade. Blackler (1995, p. 1023), de forma complementar, identifica que “mais que considerar o conhecimento como algo que as pessoas possuem, deve-se supor que o conhecimento esteja mais bem compreendido como algo que as pessoas fazem” (BLACKLER, 1995, p. 1023).

---

<sup>11</sup> Prática, nesse caso, diz respeito ao propósito da atividade humana, pressupondo que a mesma inclui elementos físicos e cognitivos, e que esses elementos são inseparáveis. Dessa forma, o uso e o desenvolvimento de conhecimento são, portanto, considerados elementos fundamentais da atividade humana (HISLOP, 2009).

Com relação à segunda característica, que sustenta que **(b) os conhecimentos tácitos e explícitos são inseparáveis**, é interessante lembrar que a literatura, de forma ampla, assume que a dicotomia relacionada aos conhecimentos tácito-explícito foi construída com base nas ideias de Michael Polanyi, retomadas no trabalho de Nonaka (1991, 1994) e de Nonaka e Takeuchi (1997). No entanto, o próprio Polanyi, na página 195 de seu livro “*Knowing and Being*” (1969) (apud HISLOP, 2009) sugere que “a ideia de um conhecimento estritamente explícito é, de fato, autocontraditório; privados de seus coeficientes tácitos, todas as palavras ditas, todas as fórmulas, todos os mapas e gráficos, são completamente sem sentido”.

A perspectiva do conhecimento baseada na prática assume que todo conhecimento tem uma dimensão tácita, e que os conhecimentos tácito e explícito representam dois aspectos do conhecimento que são inseparáveis e mutuamente constituídos (TSOUKAS, 1996, p. 14). Por esse motivo, Tsoukas (1996, p. 14), discorda da ideia de Nonaka e Takeuchi (1997) quando afirmam que o conhecimento tácito seria o conhecimento explícito “internalizado” pelos indivíduos.

Para ilustrar a afirmativa de que todo o conhecimento possui uma dimensão tácita, conforme sugerido pela perspectiva baseada na prática, Hislop (2009, p. 37) identifica que um livro acadêmico representa uma peça de conhecimento parcialmente explícito, pois o autor pode não ter sido hábil para explicitar completamente ideias, pressupostos, quadros teóricos e valores que sustentem o que foi escrito. Além disso, para o leitor, o livro também pode ser considerado parcialmente explícito, uma vez que ele precisaria ter o domínio do idioma e algum conhecimento sobre os tópicos apresentados no livro.

Os pressupostos da perspectiva baseada na prática também assumem que **(c) o conhecimento está embutido nas pessoas**. Por isso, tal perspectiva enfatiza que é impossível extrair completamente o conhecimento de uma pessoa numa forma puramente explícita. Hislop (2009) explica que, embora seja possível converter parcialmente o conhecimento tácito para a forma codificada, esse processo nunca poderia ser realizado de forma completa. Todo conhecimento possui uma dimensão tácita embutida, inseparável das práticas empreendidas pelas pessoas que as realizam.

Hislop (2009) também sugere que, por estar embutido nas pessoas, o conhecimento envolve a influência permanente do senso de julgamento das pessoas, que vão sempre tomar decisões baseadas nas circunstâncias em que elas se encontram.

De forma complementar, com base na noção de “*habitus*”<sup>12</sup> estabelecida por Bourdieu, Tsoukas (1996) considera que todo conhecimento articulado é baseado numa experiência “desarticulada” dos indivíduos, influenciada por seus padrões mentais de percepção, julgamento e ação, que foram adquiridos pelo indivíduo a partir de socializações passadas. E é essa experiência que é trazida para subsidiar o indivíduo em uma determinada situação de ação (TSOUKAS, 1996).

As duas características seguintes desta perspectiva estabelecem que **(d) o conhecimento é construído socialmente** e que **(e) aspectos culturais estão embutidos no conhecimento**. Essas duas características são apresentadas paralelamente, pelo fato de estarem estritamente associadas, além de também estarem relacionadas com a característica anterior, que sugere que o conhecimento está embutido nas pessoas.

A perspectiva baseada na prática sustenta que, por ser socialmente construído, o conhecimento nunca é totalmente neutro e protegido contra vieses, o que o torna subjetivo e aberto a interpretações. Por consequência, está vinculado aos valores das pessoas que o produz. Tanto a sua produção quanto a sua interpretação dependem do desenvolvimento de uma compreensão do que está sendo transmitido, envolvendo um processo ativo de construção de significado. Essas características, por conseguinte, trazem profundas implicações na forma como o conhecimento é compartilhado e gerenciado, e questionam a atrativa simplicidade do modelo “transmissor – receptor” de transferência de conhecimento, sugerido pela perspectiva objetivista (HISLOP, 2009).

Esse processo de construção de significado é também fortemente influenciado pelas características culturais dos ambientes em que o conhecimento é produzido e interpretado. Para Weir e Hutchins (2005, p. 89) “o conhecimento não pode ser totalmente compreendido fora dos parâmetros culturais vinculados às condições de onde foi desenvolvido e ao seu modo de reprodução”.

Hislop (2009) explica que as pessoas geralmente “filtram” dados e informações, decidindo o que é considerado, de fato, relevante. Nesse processo, os indivíduos tomam como referência pressupostos e valores pré-existentes, que influenciam diretamente os processos de construção e interpretação de conhecimento.

---

<sup>12</sup> Bourdieu's notion of *habitus*: “a product of history, produces individual and collective practices - more history - in accordance with the schemes generated by history. It ensures the active presence of past experiences, which, deposited in each organism in the form of schemes of perception, thought and action, tend to guarantee the 'correctness' of practices and their constancy over time, more reliably than all formal rules and explicit norms” (BOURDIEU apud TSOUKAS, 1996).

Um exemplo dramático e trágico desse processo de “filtragem” foi o acidente na unidade 4 da central nuclear de Chernobyl, em abril de 1986, que ocasionou a dispersão de radioatividade pela atmosfera e a contaminação de vários países. No acidente foram violadas as regras mais elementares de segurança, demonstrando que a operação de centrais nucleares na antiga União Soviética não seguia os procedimentos necessários para garantir a segurança das centrais. As investigações demonstraram que: (a) o programa de testes que ocasionou o acidente não foi preparado adequadamente pelos operadores; (b) que foi desprezada a experiência obtida com eventos anteriores relacionados à ruptura de tubulações; (c) que os operadores violaram procedimentos básicos de segurança; (d) que a instrumentação da central era antiga e inadequada; e que (e) o projeto do reator fazia com que, em determinadas condições, a reatividade do núcleo crescesse mesmo que se tentasse desligá-lo, tornando o reator instável (ALMEIDA, 2005, p. 279).

Nesse caso, os engenheiros, os gerentes e os operadores negligenciaram importantes informações e procedimentos de segurança com base em suas suposições, demonstrando, de alguma forma, que esses profissionais deveriam, dentro de seus sentidos de relevância, ter atribuído uma importância maior à segurança da instalação e aos procedimentos seguros de operação da central.

Com a finalidade de ampliar o senso de relevância dedicado à segurança nuclear, e assumindo a importância do aspecto cultural nas questões associadas à segurança, após o acidente de Chernobyl, a área nuclear incorporou o conceito de “cultura de segurança”, que busca fortalecer a importância de se privilegiar a segurança sobre todas as demais atividades realizadas em instalações nucleares (IAEA, 1991, p. 1).

A última característica da perspectiva do conhecimento baseado na prática, sustentada por Hislop (2009), sugere que **(f) o conhecimento é contestável**, reconhecendo que a natureza subjetiva do conhecimento, bem como o fato de ser socialmente construído e possuir fatores culturais embutidos, fazem com que o conhecimento seja propenso a disputas.

Questões relacionadas a poder, política e conflitos, pouco consideradas na perspectiva objetivista, ganham destaque nesta perspectiva. A própria legitimação de determinado conhecimento está relacionada a um processo social colaborativo de negociação e disputa de significados, entre atores articulando diferentes “alegações de verdade” (HISLOP, 2009). Por esse motivo, alguns conhecimentos são legitimados dentro de suas comunidades, e outros, tornam-se marginalizados, por serem considerados como de legitimidade limitada.

As seis características apresentadas demonstram que a fragmentação e dispersão da base de conhecimento organizacional está intimamente vinculada à ideia de que o conhecimento está embutido na prática.

Do ponto de vista da gestão do conhecimento, a compreensão de que o conhecimento organizacional estará sempre fragmentado e incompleto pode demonstrar que a tentativa de coleta e armazenamento de conhecimento em um repositório central pode ser limitada. Para Tsoukas (1996, p. 22), devido à dispersão do conhecimento organizacional, a obtenção de uma ação coordenada não depende tanto de se coletar “mais e mais” conhecimento, mas sim, de se encontrar “mais e mais” formas de se conectar e se manter conectado, promovendo a articulação dos conhecimentos que cada indivíduo possui.

A perspectiva baseada na prática também sugere que o compartilhamento de conhecimento, vai além do modelo “transmissor-receptor” sugerido pela perspectiva objetivista, uma vez que não envolve apenas a simples transferência de um “objeto” ou “entidade” entre duas pessoas. Envolve, nesse caso, a articulação entre agentes com algum grau de conhecimento em comum estabelecidos pela prática, fazendo inferências e construindo significado. Conforme identificado por Kogut e Zander (1992, p. 389), é o compartilhamento de um estoque comum de conhecimentos técnicos e organizacionais que viabiliza o processo de transferência de conhecimento dentro de grupos. Para esse compartilhamento ser efetivo, é necessário, ainda, que os indivíduos deem atenção aos pressupostos tácitos e valores nos quais os conhecimentos dos outros estão baseados (HISLOP, 2009, p. 45).

O objetivo de apresentar de forma sintetizada o aporte teórico fornecido pelas duas perspectivas, contrapondo as duas epistemologias consideradas dominantes na literatura de gestão do conhecimento, foi o de fornecer um ponto de partida e um conjunto de referências para as abordagens a serem apresentadas nas próximas seções. Apesar de caracterizarem o conhecimento e suas especificidades de forma distinta, o presente estudo assume que a articulação dos pressupostos básicos sustentados por cada perspectiva é útil como base teórica para a investigação e discussão dos processos de compartilhamento de conhecimento, de aprendizagem, das redes colaborativas e da difusão e gestão de inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

No entanto, sem desconsiderar as contribuições fornecidas pela literatura que preconiza a abordagem apresentada pela perspectiva objetivista, a presente tese assume, com base nos argumentos discutidos nesta seção, que a perspectiva baseada na prática é a mais adequada para situar a investigação proposta.

### 3.2 APRENDIZAGEM

As seções anteriores destacaram uma pequena parte do vasto conjunto de definições, conceitos e perspectivas relacionadas à natureza do conhecimento existente na literatura. No entanto, é importante notar que toda discussão relacionada ao tema conhecimento, mesmo as não apresentadas, está relacionada diretamente à forma como ele pode ser transferido e adquirido por indivíduos e, em consequência, por organizações. Ou seja, essas diversas abordagens têm por objetivo final criar embasamento teórico e prático para que a questão da aquisição de conhecimento possa ser investigada.

A aquisição de conhecimento é vastamente denominada aprendizagem (ARROW, 1962), e trata-se, na verdade, não de um único, mas de uma multiplicidade de processos. Em comum com os termos já apresentados até aqui está a falta de consenso na literatura sobre o significado de aprendizagem. De fato, não existe uma explicação única sobre o modo como as pessoas aprendem e por que aprendem.

Garvin (1993, p. 79) sustenta que a evolução do tema ao longo dos anos mostrou que é ilusória a tentativa de se estabelecer uma definição clara para o termo aprendizagem. Em função da variedade e diversidade de abordagens relacionadas ao tema, a literatura sobre aprendizagem é caracterizada por sua falta de consenso teórico e heterogeneidade. Entretanto, é possível identificar abordagens úteis que contribuem para a contextualização do conceito nesta tese.

O ponto de partida para a inserção do termo aprendizagem na discussão teórica dos conceitos utilizados na pesquisa é a diferenciação entre aprendizagem e conhecimento apresentada por Lundvall (1996, p.1). Para o autor, aprendizagem é um processo interativo, de construção de competências, enquanto conhecimento é um ativo coletivo, que pode ser compartilhado em organizações e redes.

Entretanto, apesar de conhecimento e aprendizagem serem de naturezas distintas, eles estão fortemente relacionados, uma vez que os processos de aprendizado, em suas várias instâncias, são responsáveis pela acumulação de conhecimentos que, codificados em vários formatos informacionais, sustentam teoricamente os avanços científicos, técnicos e organizacionais. E são exatamente esses avanços os principais indutores das inovações (LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 55).

Freeman (apud LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 51), considera que uma sociedade intensiva em informação, no entanto, sem conhecimento ou capacidade de aprender, seria

ingovernável. O autor embasa o seu argumento citando o poeta anglo-americano T.S. Eliot, que levanta as seguintes questões: “Onde está a sabedoria que perdemos no conhecimento? Onde está o conhecimento que perdemos na informação?”.

De alguma forma, a reflexão levantada por Eliot mostra que, “talvez mais grave ainda do que não possuir fontes de acesso a informações, seja não dispor da capacidade de aprendizado e conhecimentos suficiente para fazer uso das mesmas” (LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 50).

O aprendizado está relacionado com habilidades, tanto organizacionais quanto individuais. É um processo baseado na repetição e experimentação, que permite que tarefas sejam realizadas de forma mais eficiente e que novas oportunidades de melhoria sejam identificadas. Não ocorre apenas por meio da imitação e emulação entre indivíduos, mas também a partir de contribuições relacionadas ao entendimento de problemas complexos (TEECE, 2005, p. 154).

A capacidade de inovação está diretamente relacionada a essa capacidade de identificação de oportunidades de melhorias e entendimento de problemas complexos, o que envolve o desenvolvimento contínuo de novas competências. Por isso, além da capacidade de possuir conhecimentos especializados, é importante que a organização possua capacidade de aprender. Não basta uma organização ser efetiva na criação ou aquisição de novos conhecimentos. Ela também deve saber como obter sucesso na aplicação desses novos conhecimentos nas suas atividades (GARVIN, 1993, p. 79). A capacidade de explorar o conhecimento é um componente crítico para o desenvolvimento de capacidades inovadoras.

Lyles (2001, p. 276) sustenta que quatro pontos podem ser utilizados para sintetizar a natureza da aquisição de conhecimento. O primeiro é que ela está baseada na percepção dos indivíduos. Cada pessoa entende e percebe a informação de forma única. O segundo ponto é que o conhecimento explícito pode ser acessado e internalizado. O terceiro é que a aprendizagem depende de modelos mentais compartilhados. Quarto, a aquisição de conhecimento exige o envolvimento ativo dos participantes.

De forma complementar, Bessant et al (apud LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 50) apresentam algumas características fundamentais do aprendizado, destacando que ele não ocorre de forma automática, uma vez que é necessário investimento para aprender. Além disso, está associado tanto às mudanças de simples tarefas do dia-a-dia como aos processos mais intensivos em conhecimento e transformações radicais. Apontam, ainda, que é fundamental aprender a aprender, e que tal ação envolve tanto componentes formais como os tácitos. Bessant et al (1999, p. 30), por exemplo, identificam cinco fatores críticos que,

alinhados, podem garantir o êxito da aprendizagem organizacional: experiência, reflexão, formação de conceitos, experimentação e, principalmente, a motivação para combinar os quatro primeiros elementos.

Todos esses fatores estão, por sua vez, relacionados à “capacidade de absorção de conhecimento” de uma organização, amplamente destacada na literatura acadêmica como “capacidade absorptiva”.

### 3.2.1 Capacidade Absortiva

A capacidade absorptiva está associada, na literatura, à capacidade de inovação contínua nas organizações. Cohen e Levinthal (1990) foram os responsáveis pelo estabelecimento desse termo, que é compreendido como a habilidade de uma organização em identificar, avaliar, assimilar e aplicar um novo conhecimento. A ideia central de capacidade absorptiva é que os conhecimentos acumulados previamente pelas organizações influenciam a adoção de novas ideias e novos conhecimentos. Isto significa que as organizações com melhores habilidades para aprender, e investir no fortalecimento de sua base de conhecimento, são melhores em reconhecer novas ideias e inovações em suas áreas de atuação. Por consequência, tendem a ser melhores em integrá-las e testá-las em novas situações e contextos. Cohen e Levinthal (1990, p. 138) identificam, ainda, que os novos conhecimentos adquiridos, por sua vez, reforçam progressivamente essa habilidade da organização, criando um “ciclo positivo de auto-reforço” de sua capacidade absorptiva.

Bogner e Bansal (2007), por exemplo, em um estudo em que investigam processos de informação e conhecimento nas indústrias farmacêuticas, de semicondutores, de produtos florestais, de óleo e gás e automotiva, constataram que o desempenho organizacional está fortemente associado ao nível de criação de conhecimento. Além disso, identificaram que tal desempenho está associado à habilidade de “reciclar” novos conhecimentos e utilizá-los para o aprimoramento das atividades futuras de criação de conhecimento organizacional.

A capacidade absorptiva da organização também está fortemente associada aos processos de difusão e de disseminação de novas ideias. Dessa forma, deve-se considerar que os conhecimentos externos não devem ser muito divergentes dos conhecimentos existentes na organização. Caso isso ocorra, a avaliação dessas novas ideias pode ser prejudicada, dificultando a sua adoção.

Adicionalmente, Fiol (1996, p.1013) sustenta que pesquisadores têm dado um foco excessivo a uma diversidade de mecanismos associados ao fortalecimento das atividades

inovadoras nas organizações, sem considerar que o fator crítico para o desenvolvimento dessas atividades é acumulação contínua de conhecimento. Isto sugere que a capacidade de inovação da organização está fortemente associada à sua capacidade absorptiva.

O conceito de capacidade absorptiva e os pressupostos apresentados são úteis para estabelecer o entendimento de aprendizagem a ser considerado na investigação das questões de pesquisa. Uma das definições que sintetiza as abordagens apresentadas, e que de alguma forma situa o tema no contexto da prática, é a de Queiroz (2006, p. 194), que define aprendizagem como um “processo pelo qual um determinado agente acumula habilidades e conhecimento, e cujo resultado fundamental é um aperfeiçoamento contínuo da tecnologia, com consequentes ganhos de desempenho”.

No entanto, conforme foi demonstrado, o processo de aprendizagem está vinculado a um espaço de interação entre indivíduos e organizações. Tais interações, por sua vez, estão associadas a contextos sociais e culturais complexos, o que abre a possibilidade de desenvolvimento de diferentes dinâmicas de aprendizado.

### 3.2.2 Tipos de Aprendizagem

As abordagens associadas à aprendizagem organizacional encontradas na literatura identificam algumas formas a partir das quais o aprendizado pode ser obtido. São vários os tipos de aprendizado, sendo os seguintes os mais citados: o aprender fazendo, o aprender pelo uso, o aprender pela interação e o aprender pela adaptação (QUEIROZ, 2006, p. 194).

O “aprender fazendo”, ou “*learning by doing*” (ARROW, 1962), leva em conta o aprendizado acumulado ao longo do tempo. Trata-se de um processo decorrente da própria atividade produtiva. A ideia básica dessa forma de aprendizado é a de que a experiência adquirida pelos trabalhadores, gerentes etc., está relacionada à produção acumulada por essas pessoas, influenciando diretamente o desempenho tecnológico da organização.

O “aprender pelo uso”, ou “*learning by using*” (ROSENBERG, 1982), considera que a acumulação das capacidades tecnológicas é decorrente do uso do produto e não pelo processo pelo qual é produzido. Tal forma de aprendizado foi bastante observada na indústria nuclear brasileira, estruturada com base na importação de sistemas de geração de energia e de tecnologias correlatas. Para cada novo equipamento houve um período de familiarização, em que as empresas do setor foram aprendendo a usá-los, buscando otimizar a sua operação, minimizando custos de manutenção e incorporando tecnologia nacional às bases dos projetos.

Já o “aprender pela interação”, ou “*learning by interacting*” (LUNDVALL, 1988), é caracterizado por um aprendizado em conjunto, a partir de laços de cooperação que se estabelecem entre as partes envolvidas com o processo de aprendizagem, que atuam num contexto institucional específico, visando o desenvolvimento e introdução de inovações. Lundvall (2002) explica que ao priorizarem a interação e a atuação conjunta, os atores de um sistema social criam um território produtivo mais adequado para promover a geração, a aquisição e a difusão de conhecimento e inovação, afetando positivamente o processo de aprendizagem. A razão disso, de acordo com o autor, é que o *locus* do aprendizado, nesse caso, deixa de ser exclusivamente a organização individual, envolvendo, de forma adicional, a interface com outros atores do que pode ser considerado um “território de aprendizagem”<sup>13</sup> (LUNDVALL e MASKELL, 2000).

Outra forma de aprendizado encontrado na literatura é o “aprendizado adaptativo”, que circunscreve o aprendizado a objetos existentes, mas que precisam ser modificados para funcionar em um contexto diferente daquele para o qual foram inicialmente projetados (KATZ apud QUEIROZ, 2006, p. 195).

As formas de aprendizado apresentadas mostram que os caminhos do aprendizado são múltiplos. No entanto, é importante destacar que geralmente não são excludentes. Para Queiroz (2006, p. 209), os diferentes caminhos para fortalecer as capacidades organizacionais não se configuram apenas como caminhos alternativos, podendo ser, principalmente, complementares.

### 3.2.3 Aprendizagem no contexto da perspectiva baseada na prática

Com base nas definições e abordagens apresentadas até agora, temos a aprendizagem como um processo interativo, que envolve a construção de competências, relacionado com a capacidade de explorar o conhecimento externo e absorvê-lo, dependendo, no entanto, da habilidade de reconhecer o valor de ensinamentos novos, de assimilá-los e de aplicá-los nas atividades da organização. Os pontos de vista apresentados, principalmente os relacionados às epistemologias do conhecimento e à noção de capacidade absorptiva, sugerem a importância de se investigar o processo de aprendizagem com base no foco estabelecido pela perspectiva do conhecimento baseada na prática (HISLOP, 2009; BROWN; DUGUID, 2001; KOGUT;

---

<sup>13</sup> *learning region*

ZANDER, 1992; ORLIKOWSKI, 2002; BLACKLER, 1995; COOK; BROWN, 1999; GHERARDI, 2000; WEIR; HUTCHINS, 2005).

Para Kogut e Zander (1992, p. 502), o conhecimento, bem como a prática que o constitui, são inseparáveis. Por serem inseparáveis, a prática cria uma barreira epistêmica entre diferentes comunidades dentro de uma organização, o que contribui para o aumento da complexidade do processo de aprendizagem (BROWN; DUGUID, 2001, p. 199). Por isso, além de estar diretamente relacionada com a aquisição de conhecimento, a aprendizagem também envolve a aquisição de identidade.

Teece et al (apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 200) enfatizam que “os processos de aprendizagem são fenômenos intrinsecamente sociais e coletivos”. Por isso, o que os indivíduos aprendem vai estar sempre relacionado e refletir o contexto social em que eles aprenderam e onde eles colocaram seus conhecimentos em prática (BROWN; DUGUID, 2001). Cohen e Levinthal (1990) também sugerem, de uma forma geral, que a capacidade absorptiva não está localizada na organização como um todo, mas em suas unidades internas. Brown e Duguid (2001, p. 202) reforçam esse argumento, sugerindo que as comunidades são formadas por práticas distintas, por consequência, por identidades e conhecimentos distintos.

Para que seja possível compartilhar práticas e, por efeito, compartilhar novas ideias, é necessário compreender a forma de aprendizado predominante entre os atores de determinado território. Para Issberner (2007, p. 5), o aprendizado é um processo cumulativo, onde os atores de determinado território adquirem e ampliam seus conhecimentos vinculados à prática a que estão submetidos, envolvendo o aperfeiçoamento de procedimentos, técnicas, habilidades e capacitação. Além disso, as interações que ocorrem nesse território são condicionadas por um contexto cultural, social, econômico e político em que esses atores desenvolvem diferentes dinâmicas de aprendizado (ANTONELLI; GOTTARDI apud ISSBERNER, 2007, p. 6).

Strauss (apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 205) se refere a esse território como “mundos sociais”. No entanto, o termo considerado mais adequado por Brown e Duguid (2001, p. 205) para caracterizar esse território, principalmente por ter uma relação mais direta com o conhecimento, é o sustentado por Knorr-Cetina (apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 205), que o trata como “culturas epistêmicas”. Utilizando exemplos associados à colaboração entre pesquisadores nas áreas de microbiologia e energia, Knorr-Cetina demonstra como a comunicação tende a ser global dentro de comunidades que compartilham a mesma prática. Essa autora demonstra que a comunicação e a colaboração entre cientistas de todo o mundo, dentro de cada uma dessas disciplinas, é resultado do compartilhamento de práticas comuns entre todos os membros do grupo. A principal razão disso, de acordo com Knorr-Cetina, é que

os membros dessas comunidades compartilham amplamente “as mesmas circunstâncias que estão embutidas na prática que desenvolvem”<sup>14</sup>. No entanto, é importante destacar que a comunicação, considerando as diferentes culturas globais envolvidas, não é uniforme.

Knorr-Cetina (apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 205), também mostra nesse estudo que diferentes práticas científicas produzem culturas epistêmicas completamente distintas. Por isso, o conhecimento que circula mais facilmente dentro de determinada comunidade não flui tão facilmente entre duas comunidades com culturas epistêmicas distintas. No caso estudado, as práticas desenvolvidas internamente pelas comunidades são o elo entre seus membros. Por outro lado, é também o que divide a comunidade de microbiologistas da comunidade dos pesquisadores da área de energia.

De forma similar, Massardier (2006, p. 177) utiliza o termo “comunidade epistêmica” para denominar esses territórios. Para o autor, uma comunidade epistêmica se distingue por reunir atores, especialistas em uma determinada área do conhecimento, que partilham ideias e crenças sobre relações de causa e efeito baseadas em saber científico ou técnico próprio de um grupo social que o regula.

Brown e Duguid (2001, p. 207) concordam com Cetina-Knorr e Massardier quando afirmam que pessoas com diferentes práticas possuem diferentes pressupostos, diferentes perspectivas e diferentes interpretações do mundo ao seu redor, bem como diferentes formas de enxergar a articulação desses elementos, de forma que façam sentido. Existe ainda uma série de outros estudos que também demonstram que o aprendizado utilizado para o aprimoramento de uma tecnologia, pode ter pouco ou nenhum efeito em outras tecnologias (ATKINSON; STIGLITZ, 1969; ANTONELLI apud FORAY, 2004).

Por outro lado, são essas mesmas diferenças que permitem as comunidades acessarem conhecimentos externos. O compartilhamento de termos comuns, de atividades e de resultados, e principalmente da linguagem, facilita o acesso desses agentes às pessoas de fora e às suas informações (NAHAPIET; GHOSHAL, 1998, p. 253). Esse acesso ao conhecimento externo, por sua vez, expande as fronteiras da organização.

Para Wenger (2000, p. 226), o sucesso de uma organização depende de sua habilidade de estar inserida em um sistema social de aprendizagem e de participar ativamente desses sistemas. O autor sustenta o seu argumento sugerindo que a produção de conhecimento está cada vez mais distribuída, complexa e diversificada. Dessa forma, é importante considerar que o aprimoramento da habilidade em aprender está associado à construção de vínculos

---

<sup>14</sup> *the core of embedding circumstances*

interorganizacionais, uma vez que esses *links* são críticos para a difusão de conhecimento, aprendizagem e desenvolvimento tecnológico.

De fato, em vários setores, principalmente os que possuem uma dinâmica de desenvolvimento científico e tecnológico mais intensa, e onde as fontes de conhecimento estão amplamente distribuídas, nenhuma organização possui todas as habilidades necessárias que a permitam estar “no topo” de todas as áreas de progresso e desenvolver inovações significantes. Nesse caso, o *locus* da inovação é encontrado nas redes de aprendizado, e não em organizações isoladas (POWELL; GRODAL, 2005, p. 59).

A própria literatura de inovação indica que nas últimas décadas houve uma mudança fundamental e sistemática na forma em que as organizações desenvolvem atividades inovativas. Foi observado, por exemplo, um substancial crescimento do uso de redes de conhecimento externas no desenvolvimento de atividades de P&D em áreas de alta tecnologia (HAGEDOORN, 2002, p. 491). Concordando com essa tendência, Doloreux (2004, p. 173), sugere que a inovação pode ser considerada um processo resultante de várias interações entre diferentes atores.

Tais colocações sugerem que as interações e interdependências entre organizações certamente têm um papel importante nos processos de produção de conhecimento e inovação. Além de sugerirem que o sucesso na adoção de inovações depende, em grande parte, da participação da organização em redes de cooperação.

### 3.2.4 Redes de Cooperação

Embora seja observado um crescente interesse em redes no campo organizacional, principalmente por se tratar de um caminho para o desenvolvimento de inovações, o termo “rede” não é novo. A literatura apresenta uma série de significados para o termo, que é utilizado nos mais variados contextos.

Fuchs (2000, p. 3) define rede como a estrutura interna de um sistema auto-organizado, composto por suas relações e interações e pelos padrões que emergem dessas interações. São geralmente definidas como uma estrutura onde os nós estão interligados por laços, que representam os canais utilizados para a transferência ou fluxo de recursos (FUCHS, 2000, p. 4).

Os “nós” da rede são representados por sujeitos sociais, na figura de indivíduos, grupos, organizações etc., sempre conectados por algum tipo de relação (MARTELETO; SILVA, 2004, p. 41).

São diversas as formas estabelecidas para a efetivação de relações em um ambiente formado por determinada rede, que podem estar associadas a interações diretas entre indivíduos, interações apoiadas pelas tecnologias de informação e comunicação (TIC), ou qualquer outra forma de comunicação (HIPPEL, 2007, p. 294).

A respeito da variedade de utilizações do termo “rede”, é possível encontrá-lo na forma de redes de inovação, de aprendizagem, de conhecimento, de informação, de dados, dentre outras. De forma mais genérica, apenas como redes colaborativas ou de cooperação.

Existem, de fato, algumas variações entre os conceitos associados a cada um desses tipos de rede. As redes de informação, por exemplo, são essencialmente diferentes das redes de conhecimento, que são mais seletivas, controladas e hierarquizadas. Para participar de uma rede de conhecimento, a organização precisa possuir alguns requisitos mínimos, relacionados à sua capacidade de participar ativamente de uma dinâmica ininterrupta de inovação e aprendizado (ALBAGLI; MACIEL, 2009, p. 11).

Considerando que é a prática que cria o substrato comum das redes de conhecimento, Brown e Duguid (2001, p. 205) se referem às redes de conhecimento como “redes de prática”, reconhecendo que a prática é que habilita a circulação de conhecimento nas mesmas, sendo dessa forma, a principal responsável pela sua existência.

No entanto, o termo “rede” será denominado aqui de uma forma mais genérica, como rede de cooperação, sempre relacionada aos processos de interação necessários para o compartilhamento de conhecimentos vinculados à determinada prática.

#### 3.2.4.1 A dinâmica das redes de cooperação

Observa-se que as tecnologias associadas a áreas de conhecimento intensivo, como é o caso da área de proteção radiológica e segurança nuclear, estão crescentemente baseadas em diferentes disciplinas, o que dificulta a capacitação ou a disponibilidade de recursos para dominar toda essa variedade de conhecimento. A crescente complexidade das bases de conhecimento e das mudanças contextuais, cada vez mais velozes, é observada não apenas nas áreas de conhecimento intensivo, mas praticamente em todas as áreas do conhecimento. Essa característica motiva a construção de relações seletivas de produção e distribuição de conhecimentos. Nesse sentido, a habilidade necessária para compreender e usar esse conhecimento depende cada vez mais da participação das organizações em redes de conhecimento, como parte integrante de processos de aprendizagem interativa (LUNDVALL, 1996, p. 11).

Maciel e Albagli (2010, p. 9), de forma complementar, consideram a importância de ações colaborativas e iniciativas conjuntas para a obtenção de soluções a questões e problemas comuns, sustentando que a produção de conhecimento novo exige, de forma crescente, o esforço compartilhado entre pares, incluindo os situados em contextos nacionais e internacionais. A atuação em rede é útil, nesse sentido, para a integração de complementaridades em conhecimentos, capacidades e especialização (MALERBA, 2002, p. 256).

A importância da cooperação interorganizacional para a complementaridade de conhecimentos é também destacada por Nonaka, Toyama e Konno (2002, p. 30), quando identificam que o processo de criação de conhecimento não está confinado dentro dos limites de uma única organização. Envolve, além da interação dinâmica entre os seus membros, a interação com membros externos. No entanto, Powell, Koput e Smith-Doerr (1996, p. 119) destacam que as colaborações interorganizacionais não devem ser consideradas simplesmente como um mecanismo para compensar a falta de capacidades internas, tampouco devem ser vistas como uma série de transações discretas. As capacidades internas e a colaboração externa não são capazes de substituir uma a outra, pois são complementares (MOWERY; ROSENBERG, 1989).

Powell, Koput e Smith-Doerr (1996, p. 142) sustentam, ainda, que a cooperação interorganizacional é útil principalmente como uma forma de desenvolver e fortalecer as competências internas da organização. Por isso, esses autores sugerem que as principais vantagens da colaboração é o desenvolvimento da capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990) da organização e o aprimoramento de sua capacidade de gerir colaborações.

De fato, são várias as vantagens relacionadas à participação de uma organização em uma rede de conhecimento. Lemos (1999, p. 136) aponta algumas delas: (a) possibilidade de monitoramento de novos desenvolvimentos; (b) avaliação de tecnologias viáveis e necessárias para o desenvolvimento de inovações, principalmente as que não estão disponíveis na organização; (c) aproveitamento do aprendizado promovido entre os agentes; e (d) enriquecimento do ambiente organizacional a partir das oportunidades oferecidas pela troca de informações, transmissão de conhecimento explícito ou tácito e mobilidade de competências.

Muitos autores vêm reconhecendo as mudanças em torno das formas de geração e difusão de conhecimento e nos processos de aquisição de capacitação. Dentre eles, Foray e Lundvall (1996, p. 7), identificaram, há algum tempo, que o tradicional modelo linear de

inovação não corresponde mais ao que de fato ocorre no ambiente inovativo, onde verificaram a emergência de um modelo interativo, com consequentes transformações na dinâmica de formação do conhecimento e nos processos de aprendizado, destacando a crescente importância das redes de cooperação.

No entanto, é importante assinalar que a participação em redes de conhecimento exige um esforço adicional da organização para algumas questões, pois seus membros devem estar dedicados de forma permanente à construção de confiança nos relacionamentos viabilizados pela rede, além de uma dedicação especial para gerir esses relacionamentos (HARRIS; COLES; DICKSON, 2000, p. 229).

Explorando o conceito de redes de aprendizagem formais<sup>15</sup>, Bessant e Tsekouras (2001, p. 88), identificam, para esse tipo de rede, as seguintes características: (a) são definidas e estabelecidas formalmente; (b) têm uma meta de aprendizagem principal (algum aprendizado ou conhecimento específico que pode ser viabilizado pela rede); (c) possuem uma estrutura de operação, que impõe restrições para participação; (e) têm seus processos mapeados e seus resultados avaliados, geralmente utilizados para a realimentação do ciclo de aprendizagem.

Para Tsekouras, Kanellou e Rai (2013, p. 259), as redes de aprendizado geralmente são geridas por terceiras partes que são responsáveis por viabilizar e facilitar as interações entre seus membros. Essas terceiras partes, de acordo com os autores, funcionam como um “intermediário do conhecimento”, que representa a principal força motora da rede de aprendizagem. Esses intermediários têm, dessa forma, a responsabilidade de “regular” o processo de compartilhamento de conhecimentos, identificando, ainda, parceiros potenciais, com alto grau de aderência à base de conhecimento constituída pela rede (SCHOENMAKERS; DUYSTERS, 2006, p. 260). A “capacidade organizacional” desenvolvida por esses intermediários (BESSANT; RUSH, 1995, p. 100), permite que eles sejam úteis na avaliação de estrutura das redes, mantendo seus processos atualizados e, dessa forma, melhorando os resultados da aprendizagem.

McEvily e Zaheer (1999, p. 189) também reconhecem a importância dos intermediários na gestão dos relacionamentos no âmbito das redes de cooperação e no fortalecimento dos processos associados à transferência de conhecimento. Esses autores chamam os intermediários, nesse contexto, de “facilitadores de redes”<sup>16</sup>, identificando que esses agentes são responsáveis pelo estabelecimento de relações de confiança entre os

---

<sup>15</sup> “a network formally set up for the primary purpose of increasing knowledge” (BESSANT; TSEKOURAS, 2001, p. 88)

<sup>16</sup> *network facilitators*

membros das redes. Para isso, empreendem um conjunto de ações que podem incluir a identificação de interesses compartilhados, desenvolvimento de expectativas comuns, fortalecimento da massa crítica de influência da rede, dentre outras.

As evidências teóricas apresentadas sugerem que a dinâmica das redes de cooperação podem facilitar os processos de inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear. Da mesma forma, tais abordagens mostram que as redes de conhecimento podem ser extremamente úteis para o aprimoramento da capacidade inovativa do órgão regulador brasileiro, ampliando seu acesso a várias fontes para o desenvolvimento de novas ideias, habilitando o seu rápido acesso aos recursos externos e fortalecendo a transferência de conhecimento na área de segurança. No entanto, são vários os questionamentos sobre como, de fato, ocorre a complementaridade de conhecimentos nos processos de inovação da área nesse ambiente. Nesse sentido, os argumentos apresentados apontam para a necessidade de identificação de evidências empíricas que permitam uma melhor compreensão da dinâmica das redes de cooperação nesse processo, o que constitui um dos objetivos do projeto de pesquisa.

#### 3.2.4.2 Redes de cooperação na área de proteção radiológica e segurança nuclear

As redes associadas à área de proteção radiológica e segurança nuclear possuem características peculiares. A análise dessas redes pode ser facilitada considerando que operam no contexto de uma “comunidade epistêmica” (MASSARDIER, 2006).

A análise das redes de gerência de rejeitos radioativos é útil para dar uma ideia da dinâmica de funcionamento de redes de cooperação formais, no contexto de uma comunidade epistêmica. A simples descrição do modo de atuação de seus membros e de como ela é intermediada, pode ser utilizada, nesse caso, como exemplo de como uma rede de cooperação pode viabilizar iniciativas de desenvolvimento, difusão e compartilhamento de informações e conhecimentos.

A Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, em resposta à crescente demanda de seus estados membros para a assistência em diferentes aspectos da gestão de rejeitos radioativos, descomissionamento de instalações nucleares e recuperação ambiental, constituiu um conjunto de redes de cooperação. O objetivo principal da iniciativa foi o de aumentar a eficiência no compartilhamento de experiência internacional em áreas temáticas específicas (AIEA, 2012).

As áreas temáticas, e suas correspondentes redes de cooperação, são as seguintes: (a) Descomissionamento - Rede Internacional de Descomissionamento (IDN); (b) Recuperação Ambiental – EnviroNET; (c) Laboratórios de Pesquisa geológica para a armazenagem subterrâneas de HLW - Net URF; (d) Armazenagem convencional (superfície) – DISPONET; e (e) Caracterização de rejeitos radioativos – LABONET.

Os principais objetivos dessas redes são: (a) apoiar estados membros com programas menos avançados, através da disponibilização de conhecimento, métodos de gestão e *expertise* de estados membros com experiência operacional mais avançada; (b) organizar atividades de formação de RH, com foco regional ou temático, proporcionando experiência prática, orientada para o usuário; (c) promover a divulgação de novas tecnologias nessas áreas; (d) facilitar o compartilhamento e intercâmbio de conhecimentos e experiências entre as organizações com programas avançados; (e) formular e divulgar novas práticas de gestão de rejeitos e identificar a utilização de práticas não adequadas ou obsoletas de tratamento e armazenagem; (f) assegurar a gestão do conhecimento na área a longo prazo; (g) criar fóruns de orientação técnica e consultoria especializada; e (h) monitorar as necessidades específicas dos estados membros.

Cada rede é aberta a qualquer Estado-membro com interesses em uma área temática relevante específica. A AIEA atua como um agente intermediário na transferência de conhecimento, fomentando as ações das redes, identificando recursos informacionais, secretariando as redes e organizando os seus eventos, tais como seminários e eventos de capacitação.

Assim, contribuindo ou recebendo contribuições, as organizações participantes podem assumir papéis tanto de *Network Partner* como de *Network Participant*.

Os *Network Partners* são geralmente organizações com experiência comprovada em sua área de especialização, com excelência reconhecida em uma ampla gama de inovações ou na implementação de tecnologias. Também é necessário que tenham instalações adequadas para a demonstração ou formação de pessoal, bem como a vontade de compartilhar suas experiências através dessas redes.

Já o *Network Participant* deve simplesmente atuar em alguma das áreas temáticas (tratamento de rejeitos radioativos, descomissionamento de instalações etc.) e estar efetivamente envolvido com o planejamento e desenvolvimento dessas atividades.

O exemplo apresentado fornece evidências de que é a prática que habilita a circulação de conhecimento nessas redes. As cooperações estabelecidas, nesse caso, estão principalmente associadas à solução de problemas na área de rejeitos e ao desenvolvimento das competências

internas dos “*Network Participants*”, bem como ao fortalecimento da capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990) dos estados membros da AIEA que participam dessas redes. Os vínculos dentro de comunidades epistêmicas, de fato, tendem a ser estruturados de forma mais intensa quando estão associados a projetos comuns ou a cooperações orientadas a solução de problemas comuns (AMIN; ROBERTS, 2008, p. 356).

A dinâmica apresentada possui as características vinculadas às transformações nas condições contemporâneas de produção e circulação de informação e conhecimento, e nas formas de apropriação de conhecimento em redes. A informação, a comunicação e a cooperação tornam-se, nesse caso, as normas da produção e compartilhamento de conhecimento, transformando a rede em uma forma dominante de organização.

A fundamentação teórica, bem como o exemplo apresentado, demonstram as vantagens da participação do Brasil em redes de cooperação na área de segurança, pois permite o acesso a frentes amplas de informação e a possibilidade de aperfeiçoamento dos processos de geração de conhecimento pelo órgão regulador brasileiro. Demonstram ainda algumas evidências em relação às redes e sua possível contribuição à complementaridade de conhecimentos necessários aos processos de inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

No entanto, o que se coloca em pauta como objetos de investigação são: (a) a forma e a intensidade com que o País participa das redes existentes na área, (b) a influência disso na capacitação e no aprendizado organizacional do órgão regulador brasileiro; (c) a forma que o País se apropria dos conhecimentos desenvolvidos no âmbito dessas redes; (d) o impacto dessa participação no aprimoramento dos padrões e requisitos de segurança nacionais; (d) e, ainda, a forma que as interações desenvolvidas dentro dessas redes estão contribuindo para o estabelecimento de uma postura inovadora pelo órgão regulador.

### 3.2.5 Regime de Informação

O presente estudo assume que, para a compreensão efetiva das características dos processos de criação de conhecimento, de difusão de inovações, de apropriação desses conhecimentos pela área de proteção radiológica e segurança nuclear, é necessário ir além de uma perspectiva institucional. Dessa forma, é imprescindível considerar o processo social nos quais as práticas informacionais efetivamente ocorrem e avaliar os processos e as estruturas que influenciam esses processos.

O desenvolvimento de inovações na área é baseado nas relações entre os atores e os processos de criação, compartilhamento e uso da informação e do conhecimento. Estão em grande parte associados à solução de problemas comuns, tendo as tecnologias de segurança nuclear e radiológica como interesse central.

Para Magnani e Pinheiro (2011, p. 607), o uso do conceito de regime de informação e de seus componentes “permite a análise transversal das relações entre atores, sistemas e redes de informação, políticas e normas estabelecidas e as práticas de informação adotadas”. Nesse caso, fundamentado no contexto informacional onde essas relações ocorrem.

Para González de Gómez, “regime de informação” é definido como

[...] modo informacional dominante em uma formação social, o qual define quem são os sujeitos, as organizações, as regras e as autoridades informacionais e quais os meios e os recursos preferenciais de informação, os padrões de excelência e os modelos de sua organização, interação e distribuição, enquanto vigente em certo tempo, lugar e circunstância. Como um plexo de relações e agências, um regime de informação está exposto a certas possibilidades e condições culturais, políticas e econômicas, que nele se expressam e nele se constituem (GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2012, p. 43).

Para a autora (GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2003, p. 61), “regime de informação” se desdobra em um “conjunto mais ou menos estável de redes formais e informais nas quais as informações são geradas, organizadas e transferidas (...), por muitos e diversos meios, canais e organizações”.

Alguns aspectos são, portanto, importantes de serem analisados no contexto do regime de informação vigente na área de segurança nuclear, destacadamente, as práticas informacionais, tanto as estabelecidas pelos agentes, quanto pelas instituições.

As ações vinculadas à dinâmica de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear incluem a produção e a transferência de conhecimentos, a partir de implementação de atividades de cooperação técnica. Tais iniciativas evidenciam a importância atribuída à cooperação e ao “agir em conjunto” como principais vias de produção e apropriação de conhecimento.

Tais práticas, que notadamente legitimam e favorecem o inter-relacionamento entre os atores sociais envolvidos, permitem a cada participante elevar a sua competência na área de segurança. Esses inter-relacionamentos, por sua vez, constituem o “capital social” das redes de conhecimento especializadas do setor.

Para Bourdieu, capital social é o:

Conjunto de recursos atuais ou potenciais que estão ligados a posse de uma rede durável de relações mais ou menos institucionalizadas de

interconhecimento e inter-reconhecimento ou, em outros termos, à vinculação a um grupo, como conjunto de agentes que não somente são dotados de propriedades comuns (passíveis de serem percebidas pelo observador, pelos outros ou por eles mesmos), mas também são unidos por ligações permanentes e úteis (BORDIEU apud GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2011, p. 193).

Também é importante considerar o território onde os inter-relacionamentos ocorrem, vinculado à concepção espacial onde o capital social dessas redes se constitui. Para Boisier (apud ISSBERNER, 2007, p. 4), cada território pode ser entendido como um espaço com dinâmicas peculiares, a partir das quais são formadas suas identidades e construídos seus vínculos, conformando assim não só o capital social, mas vários outros tipos de capitais intangíveis.

No entanto, Lesser (2000, p. 6) destaca que o desenvolvimento do capital social em determinado território não está limitado apenas à presença de contatos dentro de uma determinada rede. O que leva à construção do capital social são as interações positivas que ocorrem entre os indivíduos que participam da mesma. Para o autor, o que influencia o desenvolvimento do benefício mútuo advindo dessas interações é: (a) a estrutura das relações estabelecidas, (b) a dinâmica das interações e (c) o contexto comum e a linguagem mantida pelos indivíduos que compõem essa estrutura.

O construto de “regime de informação” proposto por González de Gómez (2003; 2012) designa o modo de produção informacional nessa formação social, no qual fica estabelecido quem são os sujeitos, as organizações, as regras e as autoridades informacionais do território onde essa produção ocorre.

A abordagem apresentada sugere que o “regime de informação” reúne atores e artefatos em práticas de informação associadas a um interesse comum, que direciona e ordenam essas práticas. A interação entre os atores é, dessa forma, facilitada por que seus membros compartilham o mesmo “mundo social” (STRAUSS apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 205), ou a mesma “cultura epistêmica” (KNORR-CETINA apud BROWN; DUGUID, 2001, p. 205), ou, ainda, a mesma “forma de vida”<sup>17</sup> (GEERTZ apud GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2003, p. 35). Nesse contexto, “os atores sociais estão de acordo em seus conceitos porque eles partilham uma realidade de ações possíveis e estão de acordo em suas ações porque eles partilham uma rede comum de conceitos” (COLLINS; KUSH apud GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2003, p.35).

---

<sup>17</sup> pode estar constituída pelas relações duradouras de um grupo que partilha de atividades, situações e experiências comuns

Tanto a noção de capital social como a de território, vinculados ao conceito de regime de informação, sustentam, dessa forma, que as práticas desenvolvidas pelas comunidades epistêmicas instituídas na área de proteção radiológica e segurança nuclear são o elo entre seus membros, que compartilham as mesmas circunstâncias que estão embutidas na prática que desenvolvem.

### **3.2.6 Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC**

Um dos objetivos do projeto de pesquisa é exatamente entender a forma como os atores adquirem e ampliam seus conhecimentos vinculados à melhoria da segurança nuclear. Nesse sentido, é importante caracterizar a área de proteção radiológica e segurança nuclear como uma comunidade de conhecimento intensivo, a fim de inseri-la no arcabouço teórico desenvolvido para tratar do aprendizado do desenvolvimento de inovações nessas comunidades.

Para David e Foray (2002, p. 14), uma comunidade de conhecimento intensivo é uma comunidade onde grande parte de membros está envolvida com a produção e reprodução de conhecimento. Uma parte considerável da força de trabalho do órgão regulador brasileiro está, de fato, diretamente envolvida com a produção, distribuição e processamento de informações. São profissionais envolvidos e participando de comunidades epistêmicas específicas, compartilhando recursos e desenvolvendo ações de fiscalização e controle de atividades que envolvem a utilização de material radioativo no País. Por apresentar características de uma comunidade de conhecimento intensivo, é importante que seja analisada à luz do novo paradigma das tecnologias da informação, que tem transformado consideravelmente o modo como o ser humano aprende, faz pesquisa, produz, trabalha etc..

O novo paradigma está baseado em um conjunto interligado de inovações que reduziram drasticamente os custos de armazenagem, processamento, comunicação e disseminação de informação. Tratam-se de inovações viabilizadas pela computação eletrônica, engenharia de software, sistemas de controle, circuitos integrados e telecomunicações (FREEMAN; SOETE apud LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 33). Essas inovações afetam diretamente não apenas todas as indústrias e serviços, mas também todas as funções vinculadas a essas indústrias e serviços. Não apenas a produção, mas também o projeto, a distribuição, o marketing etc. (FREEMAN, 2007, p. 35).

A mudança de paradigma estabelecida por essas inovações envolve a criação de novos setores e atividades, de novas formas de gerar e transmitir conhecimentos e inovações, de

definir e implementar estratégias e políticas, bem como de gerir organizações públicas e privadas (LASTRES; FERRAZ, 1999, p. 32). Na esfera pública brasileira, tais transformações podem ser observadas, por exemplo, na implementação de algumas iniciativas do Programa Governo Eletrônico, ou *e-gov*, que busca utilizar ferramentas eletrônicas e tecnologias da informação para aproximar governo e cidadãos.

A exigência de novas estratégias e políticas, de novas formas de regulação e de novos formatos de intervenção governamental, é uma das características mais importantes do novo paradigma e dos efeitos da difusão das tecnologias de informação e comunicação. Além dessa característica, Lastres e Ferraz (1999, p. 35), apontam, também, outros fatores que caracterizam o novo paradigma: a crescente complexidade dos novos conhecimentos e tecnologias; a aceleração do processo de geração de novos conhecimentos e de difusão de conhecimentos; a intensificação do processo de adoção e difusão de inovações, com consequentes reduções nos ciclos de vida de produtos e processos; o aprofundamento do nível de conhecimentos tácitos; e as mudanças nas formas de gestão e de organização empresarial.

As transformações relacionadas ao novo paradigma também estão refletidas na crescente proliferação do trabalho na produção, processamento e transferência de conhecimento e informação, destacadamente nas comunidades intensivas em informação e conhecimento. Portanto, se os objetos de observação, análise e intervenção estão atravessando processos de mudança, é importante que a área de proteção radiológica e segurança nuclear seja investigada à luz do novo paradigma tecno-econômico das tecnologias de informação, principalmente por ser caracterizada por sua forte produção de conhecimento e capacidade de reprodução.

As tecnologias de informação e comunicação são definidas por Hislop (2009, p. 220) como “tecnologias que permitem e (ou) facilitam o gerenciamento e (ou) o compartilhamento de conhecimento e informação”. Dessa forma, o termo TIC envolve uma imensa diversidade de tecnologias heterogêneas, incluindo, por exemplo, computadores, telefones, *e-mail*, bases de dados, sistemas de mineração de dados, mecanismos de busca, a *internet*, e videoconferência.

É consenso na literatura que as TIC podem permitir que organizações gerenciem de forma mais efetiva os seus conhecimentos. Por outro lado, David e Foray (2002, p. 17), alertam que o campo do acesso à informação pode ser enganador, por fazer acreditar que a oferta de acesso livre à informação codificada seria a resposta a cada problema específico. No entanto, o problema real é que informação não é exatamente como conhecimento, que está condicionado à capacidade cognitiva do indivíduo. Deve-se considerar que a difusão das TIC

facilita o aumento da quantidade e a transferência de conhecimentos codificados, prejudicando, de alguma forma, a importância relativa dos conhecimentos tácitos, não codificados. Estes permanecem difíceis de transferir, mesmo sendo considerados extremamente importantes para a decodificação dos conhecimentos codificados disponibilizados a partir das TIC. Nesse caso, o conhecimento codificado pode ser considerado o material a ser transformado, e conhecimento tácito, a ferramenta imprescindível para manusear esse material (FORAY; LUNDVALL, 1996, p. 13).

A análise dos diferentes papéis que as TIC podem assumir nos processos de aprendizagem e inovação pode ser mais bem realizada combinando as distinções das epistemologias do conhecimento sustentadas pela perspectiva objetivista e pela perspectiva baseada na prática.

Conforme apresentada anteriormente, a perspectiva objetivista sugere que o conhecimento é uma entidade ou objeto que existe separadamente dos indivíduos que o possuem e o utilizam. Os autores que trabalham nesta perspectiva identificam que grande parte do conhecimento, ou está na forma codificada, ou pode se tornar explícito, a partir do processo de codificação. A perspectiva assume, ainda, que a transferência de conhecimento está baseada no modelo transmissor-receptor, a partir de uma transferência direta.

Hislop (2009, p. 224) identifica duas principais funções das TIC no processo de aprendizagem e transferência de conhecimento, no contexto da perspectiva objetivista. A primeira está relacionada à criação e utilização de repositórios ou bibliotecas de informação e conhecimento. Nesse caso, para serem efetivos, assume-se que esses sistemas possuem mecanismos efetivos de recuperação de informações, que serão úteis para a identificação de informações relevantes sobre determinado tópico ou questão. A segunda função das TIC, de acordo com o autor, está na codificação e documentação de conhecimentos relacionados a atividades específicas. Exemplos desses documentos são instruções para a operação de determinado equipamento, diagramas, listas de informação para a solução de problemas, protocolos para a tomada de decisão etc.. Nesse contexto, a informação disponibilizada representa o caminho mais adequado para se cumprir determinada tarefa. Nesse caso, é recomendado que seja, então, disseminada a todas as pessoas que precisem fazer uso da mesma.

Um exemplo desses documentos são os vários padrões, procedimentos, guias, lições aprendidas e manuais desenvolvidos pelos órgãos reguladores de diversos países que atuam na área de proteção radiológica e segurança nuclear. Tais documentos são, em grande parte, disponibilizados em bases de dados eletrônicas, fomentadas, na maioria das vezes, por

organismos internacionais. Qualquer país, dessa forma, pode utilizar ou adicionar ao conjunto de conhecimentos, sua experiência acumulada no exercício das atividades de segurança nuclear e radiológica.

Já a perspectiva do conhecimento baseada na prática, assume que o conhecimento codificado é apenas parte do conhecimento que as pessoas possuem. Por isso, a sua utilidade é limitada. Esta perspectiva destaca que a transferência de conhecimento, para ser efetiva, deve envolver pessoas fazendo inferências e construindo significados de forma ativa, a partir de um processo de interação. Assim, tal perspectiva sustenta que essas interações devem desenvolver a compreensão mútua dos valores, pressupostos e conhecimentos tácitos que sustentam a base de conhecimento das pessoas envolvidas. Walsham (2001, p. 599) afirma, por exemplo, que os sistemas computacionais relacionados à atividade de compartilhamento de informação e conhecimento são extremamente úteis, entretanto, apenas se estiverem relacionados ao desenvolvimento e à comunicação de significados.

De acordo com Hislop (2009, p. 226), as TIC, no contexto da perspectiva baseada na prática, podem ser utilizadas principalmente para o mapeamento de competências, permitindo que pessoas possam identificar outras com conhecimento e *expertise* relevantes em suas áreas do conhecimento. Para o autor, outra principal vantagem proporcionada pelas TIC é que elas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de mecanismos de comunicação e colaboração entre pessoas fisicamente dispersas. Nesse caso, podem permitir que pessoas desenvolvam e estabeleçam contatos com outros indivíduos com conhecimentos relevantes em determinados assuntos, o que seria difícil de ser conseguido de outras formas.

Alinhados com essa abordagem, Boland, Tenkasi e Te'eni (1994, p. 457) sugerem que “tecnologia da informação pode apoiar a cognição dispersa, habilitando indivíduos a desenvolverem representações de suas compreensões, refletindo e dialogando sobre as mesmas, e as utilizando para informar ações”.

Adicionalmente, Amin e Roberts (2008, p. 363) destacam que as interações viabilizadas pelas TIC são úteis principalmente no contexto de projetos voltados à obtenção de inovações, quando envolvem um grande número de participantes. São úteis, ainda, para viabilizar as interações dentro de comunidades relacionadas a grupos de interesse dedicados à solução de problemas comuns.

Foray (2004, p. 28) concorda que as TIC podem afetar a criação de conhecimento de diversas formas. O autor cita que, embora muitas atividades não possam ser coordenadas apenas por meios virtuais, essas tecnologias permitem uma maior flexibilidade com relação às restrições associadas à proximidade física em várias atividades cognitivas, como, por

exemplo, as iniciativas de aprendizagem e de experimentos à distância. A criação de objetos virtuais, que podem ser modificados infinitamente e serem acessados instantaneamente por qualquer pessoa, facilita o trabalho coletivo e a aprendizagem. Além disso, podem aumentar consideravelmente a velocidade do desenvolvimento de projetos e protótipos de novos produtos. Foray (2004, p. 33) reconhece, dessa forma, que as “TIC, particularmente as associadas à categoria específica de tecnologias colaborativas, têm um papel fundamental na produção coletiva de conhecimento”. Para o autor, esse é o motivo pelo qual as novas organizações inovadoras são construídas com base em configurações que privilegiem sua atuação em rede, utilizando mecanismos apoiados pelas TIC.

### 3.3 INOVAÇÃO

Esta seção trata dos fundamentos teóricos essenciais relacionados à inovação e a sua gestão. O objetivo aqui é apresentar a conceituação de inovação e as suas abordagens, bem como os tipos de inovação, o estado atual da literatura associada ao tema e fornecer elementos que possam facilitar a compreensão da dinâmica da inovação e a sua relação com as questões de pesquisa.

#### 3.3.1 Conceito de inovação

O termo inovação tem sido utilizado em diversos contextos e com alguma variação em seu significado. A confusão mais comum é observada em torno da distinção entre os conceitos de invenção e inovação.

Tidd, Bessant e Pavitt (1997, p. 23) mostram que inovação é mais que uma boa ideia, pois envolve o amadurecimento dessa ideia para uma futura utilização prática. Para os autores (1997, p. 24), inovação é um processo de transformação de novas ideias em oportunidades e de colocá-las em prática para que sejam amplamente utilizadas. Nesse contexto, a invenção seria apenas o primeiro passo de um longo processo de aproveitamento amplo e efetivo de uma nova ideia. A inovação, nesse caso, só ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção.

Longo (2000) considera que, do ponto de vista tecnológico, a inovação está relacionada à solução de um problema ou ao aproveitamento de uma oportunidade de melhoria, utilizada pela primeira vez, sendo implementada a partir de um conjunto de fases

que podem ir desde a pesquisa até o uso prático, compreendendo a introdução de um novo produto ou processo, em larga escala, tendo, em geral, fortes repercussões.

Considerando que o processo de inovação está associado a uma aprendizagem resultante das interações que ocorrem durante a execução das atividades nas organizações, Lundvall (1988) caracteriza a inovação como um processo cumulativo, que ocorre de forma contínua, envolvendo também a sua difusão, absorção e utilização.

De acordo com Van de Ven et al. (1999), a inovação é um processo que diz respeito à evolução e implantação de uma novidade, que pode estar relacionada a uma nova tecnologia, produto, processo organizacional ou a novos arranjos produtivos.

Utilizando uma definição mais abrangente, e com o foco central na forma como as organizações desenvolvem e mudam a si próprias e (ou) seus produtos e serviços, com o objetivo de aprimorar seu desempenho organizacional, Hislop (2009, p. 114) define inovação como “modificações ou transformações intencionais empreendidas por organizações em seus produtos, serviços, processos e estruturas”.

No entanto, as definições que mais parecem se adequar ao contexto desta tese, bem como à investigação das questões de pesquisa, são as apresentadas por Rogers (1995, p. 12) e por Dosi (1988, p. 222). No contexto da ótica schumpeteriana, que não associa necessariamente a inovação ao conhecimento científico, Rogers define inovação simplesmente como “uma ideia, uma prática ou um objeto percebido como novo pelo indivíduo ou outra unidade de adoção”. De forma complementar, Giovanni Dosi sustenta que “inovação diz respeito à busca e à descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos de produção e novos arranjos organizacionais”.

Tais definições são particularmente úteis quando apontam que a noção de inovação não deve estar vinculada a algo inédito no mundo, mas apenas sob o ponto de vista do agente que a está implementando, nesse caso, o órgão regulador brasileiro. A inovação está então associada ao processo pelo qual o órgão, na figura de sua força de trabalho, passa a dominar e implementar novos procedimentos relacionados à segurança nuclear e radiológica, independente de já serem utilizados por outros países. Dessa forma, fica também caracterizado que o órgão regulador não inova sozinho, principalmente quando se considera que as fontes de informações, conhecimentos e inovação podem estar localizadas principalmente fora da organização.

De fato, a base de conhecimentos da área de proteção radiológica e segurança nuclear é vasta. Inclui tanto a experiência acumulada por diversos órgãos reguladores internacionais quanto seus conhecimentos codificados, representados por padrões de segurança, guias

técnicos, procedimentos e relatórios científicos. Dessa forma, para a análise do processo de inovação na área é importante considerar que a simples implementação de um novo procedimento, ainda que disponível há algum tempo nessa base de conhecimento, e já utilizado e eventualmente incorporado na prática operacional de outros países, pode ser considerada uma inovação. O importante, nesse caso, é que tal procedimento seja percebido como novo para o órgão responsável pela verificação da segurança ou para o operador.

A razão disso é que o processo de adoção de uma inovação pela organização pode influenciar o sistema de inovação como um todo, pois envolve um intenso fluxo de conhecimento, com efeitos positivos na sua capacidade absorptiva. Assim, o aprendizado na adoção de uma inovação, de alguma forma, pode contribuir para o desenvolvimento de outras inovações.

Outro aspecto relacionado às definições de inovação encontradas na literatura, é que parte delas associa o termo à dimensão econômica do processo, fazendo referência, direta ou indiretamente, a conceitos e abordagens relacionadas à concorrência e mercado (PORTER, 1990; DRUKER, 1985). Do ponto de vista conceitual, é importante destacar que a noção de inovação utilizada na pesquisa não considera os aspectos relacionados a empreendedorismo, competitividade e outros conceitos associados à lógica de mercado.

Por outro lado, a dimensão econômica da inovação deve ser analisada quando se considera que os critérios de economicidade não devem se sobrepor aos critérios de segurança. Qualquer novo equipamento ou procedimento, vinculado, por exemplo, à otimização de custos de operação, deve ser submetido a análises de segurança que podem inviabilizar a sua utilização. Da mesma forma, novos padrões de segurança, quando incorporados ao arcabouço legal da área de regulação de determinado país, podem inviabilizar economicamente empreendimentos já em operação.

De forma resumida, as considerações apresentadas estabelecem que o conceito de inovação utilizado na pesquisa está diretamente vinculado a introdução de equipamentos, critérios, padrões ou procedimentos de segurança percebidos como novos para o regulador ou para o regulado. Diz respeito à introdução de novas formas de controle da utilização segura das radiações ionizantes no País, obtidas a partir do acesso, de variadas formas, a informações e conhecimentos disponíveis em várias instâncias e em diferentes níveis.

Nesse contexto, o processo de inovação também envolve a habilidade na busca e identificação de conhecimentos relevantes fora das organizações. Envolve, ainda, a aplicação do conhecimento existente em novos contextos, a compreensão e apropriação de

conhecimentos externos pouco familiares, bem como a combinação e integração de diferentes corpos de conhecimento (HISLOP, 2009, p. 113).

### 3.3.2 Tipos de inovação

Considerando que a inovação está intrinsecamente associada ao conceito de mudança, Tidd, Bessant e Pavitt (2008) sustentam que uma das maneiras que ela pode ser caracterizada é em função da **forma** da mudança ocorrida.

Nesse sentido, de acordo com os autores, a inovação pode ser classificada como: (a) **inovação de produto**, que envolve a mudança em produtos e serviços fornecidos pela organização; (b) **inovação de processo**, relacionada às alterações na forma como os produtos e serviços são desenvolvidos, fabricados ou entregues; (c) **inovação de posição**, que envolve a mudança no contexto em que os produtos e serviços são introduzidos; e (d) **inovação de paradigma**, associada às mudanças nos modelos mentais subjacentes.

Seguindo a mesma linha, o Manual de Oslo<sup>18</sup> (OCDE, 2005), destaca três tipos de inovação: de produtos, de processos e mudanças organizacionais.

Um “produto tecnologicamente novo”, de acordo com esse documento, é aquele que têm características fundamentais significativamente diferentes de todos os demais produtos já produzidos pela empresa. Inclui, ainda, os aperfeiçoamentos de produtos tecnológicos existentes, que tenham sido aprimorados a partir da utilização de novos materiais ou componentes e subsistemas de maior rendimento.

Com relação às inovações de processo, são consideradas as formas de operação tecnologicamente novas ou substancialmente aprimoradas a partir da utilização de novas tecnologias de produção.

Já as inovações organizacionais estão relacionadas a mudanças na estrutura gerencial da organização, na forma de articulação entre as suas áreas ou unidades, na especialização dos trabalhadores, no relacionamento com os seus fornecedores e público-alvo e nas técnicas de organização de processos internos.

Com base nas especificidades da dinâmica de aprimoramento de critérios de segurança nuclear e radiológica, estabelecidos pelo órgão regulador nuclear brasileiro, é possível considerar que as inovações na área estão associadas aos três tipos de inovação apresentados.

---

<sup>18</sup> O Manual de Oslo é uma das referências metodológicas utilizadas pelas organizações para analisar o processo de inovação. Foi desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com o objetivo de oferecer diretrizes para a coleta e a interpretação de dados sobre inovação. É utilizado como referência para a elaboração de indicadores sobre inovação pela União Europeia (TIGRE, 2006).

Dizem respeito: (a) às inovações relacionadas à introdução de novos equipamentos e sistemas operacionais e de segurança de instalações nucleares e radiativas, (b) aos processos e procedimentos de licenciamento e controle e (c) às formas de articulação do órgão regulador, entre as suas áreas, e no relacionamento com os seus parceiros e regulados.

Considerando que as mudanças tecnológicas geralmente são caracterizadas por seu grau de inovação e pela extensão das mudanças observadas, Tigre (2006, p. 73) assinala que as inovações também podem ser classificadas com relação ao seu **grau de novidade**, ou seja, em função do tipo de mudança tecnológica vinculada às mesmas. Nesse caso, a inovação pode ser classificada como **incremental** ou **radical**.

O autor identifica que as inovações incrementais representam um nível mais elementar e gradual de mudanças tecnológicas. Estão associadas às melhorias e aperfeiçoamentos em um produto, processo ou organização da produção já existentes, bem como pela implementação de novas práticas e arranjos organizacionais. Na maioria das vezes, representam pequenos avanços nos benefícios percebidos pelas pessoas e não modificam de forma expressiva produtos, serviços ou modelos organizacionais. Geralmente ocorrem em função do processo de aprendizado interno e da capacitação acumulada.

As inovações caracterizadas como radical, rompem os limites da inovação incremental, iniciando uma nova trajetória tecnológica incremental. Envolve uma mudança descontínua, representadas por alterações drásticas em produtos ou serviços. Geralmente ocorrem a partir de atividades de P&D (TIGRE, 2006, p. 73). Está relacionada ao desenvolvimento e introdução de um novo produto, processo ou forma de organização da produção inteiramente nova. Nesse sentido, a inovação pode representar uma ruptura estrutural em relação ao padrão tecnológico vigente, dando origem a novas indústrias, setores e mercados (LEMOS, 1999, p. 124).

No entanto, é importante observar que toda inovação radical está sujeita a uma série de modificações ao longo de seu processo de difusão. E são essas inovações menores que determinam as trajetórias evolutivas das inovações radicais (QUEIROZ, 2006, p. 198).

Dessa forma, ainda que a maioria das inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear sejam de caráter incremental, há de se considerar que o conjunto de inovações incrementais é que determina os ganhos em termos de rendimento, de desempenho, de qualidade, entre outros (QUEIROZ, 2006, p. 198). Esses ganhos demonstram a importância das inovações incrementais.

### 3.3.3 Sistemas setoriais de inovação

Vários autores destacam que os fatores setoriais afetam significativamente os processos de inovação (ex. MALERBA, 2002; TIGRE, 2006). Alguns setores, por exemplo, são caracterizados por rápidas transformações e inovações radicais, outros por mudanças mais graduais e inovações incrementais. Ou seja, cada setor apresenta especificidades próprias associadas a fatores institucionais, estrutura, taxas de mudança tecnológica, interações e acesso ao conhecimento.

Isso sugere que é interessante enxergar o desenvolvimento da área no contexto da noção de sistemas setoriais de inovação e produção (MALERBA, 2002). Essa abordagem pode fornecer algumas pistas de como novos conhecimentos são desenvolvidos, difundidos e apropriados pelo órgão regulador brasileiro na forma de inovações. Além disso, pode apoiar a identificação das características e função dos vários elementos associados a essa dinâmica. A abordagem de sistemas setoriais é, portanto, útil para indicar caminhos válidos para uma melhor compreensão da estrutura do setor, bem como para a identificação adequada dos principais agentes envolvidos com a produção de conhecimento na área. O conceito de sistema setorial de inovação e produção, conforme apresentado por Malerba, pode, nesse caso, fornecer uma visão integrada do setor, considerando os seus limites, interdependências, processos de interação e a evolução de seus vários elementos.

A noção de sistema setorial de inovação e produção está vinculada à articulação entre os efeitos do processo de inovação e os atores envolvidos, sendo definido por Malerba (2002, p. 248), como o “conjunto de produtos, ou serviços, novos e estabelecidos para usos específicos e o conjunto de agentes responsáveis pelas interações relacionadas à criação, produção e difusão desses produtos ou serviços”.

O autor sustenta que os sistemas setoriais têm base de conhecimento, tecnologias, insumos e demanda (existente, emergente e potencial), próprios, e estão sujeitos a processos de mudança e transformação através da co-evolução de seus vários elementos.

Malerba (2002, p. 249) também concorda que a inovação é um processo interativo entre uma ampla variedade de atores. A inovação não ocorre de forma isolada, é um processo coletivo. No entanto, os agentes atuam a partir de uma racionalidade limitada, aprendendo e pesquisando. Por isso, o autor propõe que seja inserida na análise de sistemas setoriais a dimensão cognitiva (crenças, objetivos e expectativas), que influencia diretamente o processo de aprendizagem, a partir da experiência acumulada e do ambiente em que os agentes atuam.

Nessa abordagem, o principal elemento de mudança e transformação são os agentes do sistema, que são indivíduos e organizações, em vários níveis de agregação, com processos de aprendizagem, competências, estrutura organizacional, crenças, objetivos e comportamentos específicos. A interação desses agentes é realizada através de processos de comunicação, intercâmbio, cooperação, concorrência e de comando, e suas interações são moldadas por instituições (MALERBA, 2002, p. 248).

Considerando que os setores mudam ao longo do tempo, o autor também aponta que deve ser dada ênfase às suas leis de movimento, dinâmica, emergência e transformação. Além disso, os limites dos setores devem incluir interdependências e ligações entre as indústrias e serviços relacionados. Esses limites não são fixos, mudam ao longo do tempo. Dessa forma, complementaridades dinâmicas entre produtos e atividades, proporcionam força e mecanismos de crescimento e inovação (MALERBA, 2002, p. 249).

A abordagem também é útil para a compreensão da dinâmica de inovação de um setor em vários aspectos. Sugere, por exemplo, os elementos básicos de um sistema setorial, nos quais a atenção da análise deve estar concentrada. Tais elementos estão destacados abaixo, com a indicação de exemplos aplicáveis à investigação da área de proteção radiológica e segurança nuclear:

a) **Agentes**, que podem estar representados por indivíduos, empresas ou organizações formais ou informais, como universidades, organismos de fomento, órgãos de governo ou departamentos de pesquisa;

b) **Produtos e serviços**, representados por novos procedimentos, métodos, padrões, normas, arranjos institucionais ou equipamentos vinculados à segurança;

c) **Processos de aprendizagem e conhecimento**, representados pelos principais mecanismos utilizados pelo órgão regulador brasileiro para acompanhar o desenvolvimento de inovações na área, bem como os relacionados à sua difusão e às formas de apropriação de informação e conhecimento;

d) **Tecnologias básicas, insumos, demanda e correspondentes links e complementaridades**, representados pelas tecnologias relacionadas à proteção radiológica e à segurança nuclear e ao atendimento das necessidades de melhoria de segurança identificadas pela experiência acumulada e pela ocorrência de eventos ou acidentes. Com relação aos links e complementaridades, Malerba (2002, p. 250) destaca que são responsáveis pelo estabelecimento dos limites de um sistema setorial, ou seja, dizem respeito às tecnologias a serem dominadas pelos profissionais da área, ou por equipamentos e técnicas utilizadas por áreas correlatas que podem contribuir para o aprimoramento dos requisitos e padrões de

segurança nuclear, indicando, dessa forma, os limites desse sistema setorial (não estáticos, sujeitos a mudanças ao longo do tempo). Para o autor, tais links e complementaridades são importantes fontes de transformação e crescimento de sistemas setoriais, e podem definir ciclos de movimento virtuosos de inovação e mudança;

e) **Mecanismos de interação internos e externos**, representados pelos mecanismos responsáveis pelas relações formais e informais estabelecidas na área, principalmente os observados na dinâmica das redes de cooperação, úteis para a integração de complementaridades em conhecimentos, capacidades e especialização;

f) **Processos de competição e seleção**, representados pelos processos utilizados para a redução da heterogeneidade causada pela diversidade de produtos, tecnologias, empresas, instituições, bem como estratégias e comportamento. Por exemplo, a emergência e o crescimento de novos departamentos especializados dentro de centros de pesquisa ou universidades e novos campos científicos, tecnológicos e educacionais ampliam essa variedade e podem estar associados a novas tecnologias e novos conhecimentos. Na área de medicina nuclear, por exemplo, é observado o surgimento contínuo de novos equipamentos e técnicas vinculadas à utilização das radiações ionizantes para terapia e diagnóstico de doenças, o que na maioria das vezes exige o estabelecimento de novos padrões, procedimentos e requisitos de proteção radiológica e segurança nuclear, bem como novos procedimentos associados às avaliações de segurança; e

g) **Instituições (regras e padrões de comportamento)**, representadas pelas normas, rotinas, hábitos comuns, práticas instituídas, leis etc., que influenciam as interações entre os agentes do sistema setorial. Podem ser criados a partir da interação entre os agentes e podem ser formais ou informais. No caso da área de proteção radiológica e segurança nuclear, podem ser representadas pelos tratados, convenções e acordos de cooperação assumidos pelo Brasil, bem como pelos padrões de segurança estabelecidos, pelos contratos de transferência de tecnologia e pelas práticas formais e informais desenvolvidas nas redes de cooperação da área. As instituições são, de fato, fortemente influenciadas pela política de inovação do setor. Nesse caso, é importante considerar que políticas de inovação só se materializam com a existência de estruturas de coordenação e cooperação entre os diversos atores, que favoreçam a definição de lógicas de atuação comuns, complementares e estrategicamente referenciadas (SANTOS, 2003, p. 32).

Outra importante contribuição fornecida pela noção de sistemas setoriais de inovação e produção está relacionada aos níveis de análise dos agentes de um sistema. Malerba (2002, p. 261), sustenta que existem diferentes níveis para a análise: individual, subunidades

organizacionais e grupos de empresas e organizações. Considera que, para que questões de pesquisa possam ser definidas adequadamente, deve ser dada atenção para a escolha da unidade de análise, bem como das variáveis a serem examinadas e a profundidade do estudo, que devem ser selecionadas com devida flexibilidade.

De uma forma geral, a noção de sistemas setoriais de inovação e produção fornece elementos importantes de serem considerados na investigação de algumas peculiaridades da área de proteção radiológica e segurança nuclear. Nesse caso, apoiando a investigação de sua dinâmica de inovação, chamando a atenção para aspectos envolvidos com as transformações e funcionamento da área, bem como dos fatores que afetam o seu desempenho, provendo, dessa forma, algumas pistas úteis para o desenvolvimento da investigação.

#### **3.3.4 Difusão de inovações**

Um problema comum para as organizações é como impulsionar a taxa de difusão de uma inovação. Ainda que proporcione uma grande quantidade de benefícios, a adoção ampla de um novo produto, serviço ou processo é condicionada por uma série de fatores, que fazem com que este não seja um processo tão simples. Por esse motivo, deve ser dada uma atenção especial à questão da difusão de novos procedimentos e padrões de segurança na investigação das inovações da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Legey (1998) explica que um elemento importante na determinação do ritmo e direção da difusão de inovações está associado à característica do ambiente onde estas inovações são implementadas.

A melhoria contínua dos níveis de segurança de instalações e atividades que utilizam a radiação ionizante está vinculada ao aprimoramento progressivo de requisitos de segurança. Na área nuclear, por mais que esses requisitos possam ser considerados aceitáveis, geralmente não são considerados satisfatórios. Isso demonstra, de alguma forma, que o próprio conceito de segurança está associado à necessidade de melhoria contínua dos padrões e procedimentos vigentes.

Muitos cientistas sociais enfatizam que a noção de segurança é um fenômeno socialmente construído. Os significados e concepções de questões relacionadas com esse termo são, portanto, negociados em um contexto social. Dessa forma, é possível assumir que são os agentes desse sistema social que definem o que é considerado importante no cumprimento de exigências de segurança, tomando como referência, na maioria das vezes, a ideia de segurança como uma ausência ou a inadequação de algo (REIMAN;

ROLLENHAGEN; PIETIKÄINEN, 2012, p. 1). No entanto, muitas abordagens recentes têm enfatizado que a segurança está mais relacionada à presença do que à ausência de alguma coisa (HOLLNAGEL apud REIMAN; ROLLENHAGEN; PIETIKÄINEN, 2012; REIMAN; ROLLENHAGEN; PIETIKÄINEN, apud REIMAN; ROLLENHAGEN; PIETIKÄINEN, 2012; ROLLENHAGEN apud REIMAN; ROLLENHAGEN; PIETIKÄINEN, 2012).

Um caso útil para exemplificar essa abordagem é a obrigatoriedade de fabricação de automóveis com *airbag* duplo frontal e sistema de freios ABS no Brasil, a partir de 2014, estabelecida pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). A segurança, nesse caso, está relacionada com a presença desses itens. Eles se tornaram obrigatórios por representarem um aprimoramento do nível de segurança, independente dos impactos decorrentes do aumento de preço dos automóveis no País. Nesse caso, o conceito de segurança está mais relacionado à presença do que à ausência de alguma coisa.

O caso apresentado mostra que o aprimoramento dos níveis de segurança pode estar principalmente associado à introdução de novos dispositivos que possam contribuir para o aprimoramento contínuo da segurança. O exemplo também mostra como uma tecnologia associada a requisitos de segurança pode ter a sua taxa de difusão influenciada pela tomada de decisões de órgãos de controle. Procedimentos e requisitos de proteção radiológica e segurança nuclear são aprimorados continuamente por órgãos reguladores no mundo inteiro. Grande parte do conhecimento codificado relacionado a esses aprimoramentos está acessível em diversas bases de informação. Além disso, são vários os canais estabelecidos para a interação entre os profissionais da área, representados por suas redes de cooperação, formais ou informais.

Considerando que o conceito de inovação adotado nesta pesquisa envolve a busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção, no caso, de novos processos, os esforços relacionados à melhoria dos níveis de segurança no Brasil estão, em grande parte, associados ao processo de difusão de novos dispositivos de segurança.

O termo difusão é geralmente utilizado para descrever o processo pelo qual indivíduos e organizações adotam uma nova tecnologia, ou substituem uma tecnologia antiga. É considerada uma parte intrínseca do processo de inovação, uma vez que o aprendizado, a imitação e a resposta das experiências proporcionadas durante a propagação de uma nova tecnologia geralmente são utilizados no aprimoramento da inovação original (HALL, 2006, p. 460).

Lundvall (1988, p. 9) também concorda que a difusão é parte integrante do processo de inovação, considerando que geralmente não é possível distinguir a inovação como um

processo separado de sua difusão e utilização, uma vez que este é um processo cumulativo. A difusão depende, em parte, da assimilação de novas tecnologias, processos, procedimentos e modelos organizacionais. Fichman (1999) explica a distinção entre o processo de difusão e o de assimilação sustentando que a difusão está associada a um processo que envolve a propagação de determinada tecnologia por um conjunto de organizações. Por outro lado, de acordo com o autor, a assimilação está associada a um processo que envolve desde a sensibilização inicial para a adoção da inovação, que acontece quando a organização estabelece uma atitude favorável com relação à sua adoção, até a sua adoção formal, que ocorre quando a organização inicia o processo de utilização da inovação, podendo envolver o processo de adaptação da inovação ao contexto em que está sendo implementada.

No entanto, Legey (1998) explica que o processo de assimilação de uma determinada tecnologia está associado ao tipo de experiência acumulada pela organização no passado. A autora destaca que o conhecimento acumulado pela organização pode ser visto como um fator favorável quanto ao domínio de uma nova tecnologia, por isso, tem forte influência sobre o processo de seleção e adoção de tecnologias e procedimentos. Por esse motivo, novas tecnologias podem ter o tempo de difusão ampliado em função de limitações sociais do passado (CASSIOLATO, 1994). Esse fator está diretamente associado a um tipo de complexidade definida como “*path dependency*”<sup>19</sup>.

Além da complexidade apresentada, são várias as barreiras para a ampla adoção de uma inovação, incluindo, dentre outras, as econômicas, comportamentais, organizacionais e estruturais (BESSANT; TIDD, 2009). Com base nessas barreiras, vários autores vêm investigando as variáveis que influenciam a difusão e a adoção de inovações, buscando identificar os elementos que condicionam o ritmo e a direção desses processos.

Nesse contexto, a capacidade cognitiva dos membros de um sistema social para absorver novos conhecimentos é considerada um fator chave para a difusão de novas tecnologias. Tigre (2006, p. 83) explica que “a difusão de novas tecnologias está diretamente associada ao desenvolvimento de novas capacidades cognitivas para solucionar problemas na introdução, otimização e adaptação de tecnologias específicas”. Dessa forma, para que a introdução de inovações tecnológicas seja bem sucedida, é necessário que as organizações tenham a capacitação exigida para a absorção do conhecimento associado a novos

---

<sup>19</sup> Termo utilizado na literatura para fazer referência à noção de que o desenvolvimento de bens e serviços atuais guarda uma dependência direta em relação aos conhecimentos acumulados por uma organização no passado (LEGEY, 1998).

equipamentos, sistemas e processos, o que pode envolver a incorporação de novas rotinas, procedimentos e informações técnicas.

Outro fator que tem influência na difusão e na adoção de inovações são os canais de comunicação estabelecidos entre os membros de um sistema social. Para Rogers (1995, p. 18), que define o termo comunicação como o “processo em que dois participantes criam e compartilham informações com a finalidade de obtenção de uma compreensão mútua”, a essência do processo de difusão consiste na troca de informações entre indivíduos, que é quando uma inovação é comunicada para outras pessoas, caracterizando, dessa forma, a difusão como um processo essencialmente social. Nesse caso, é possível assumir que a comunicação é extremamente facilitada entre indivíduos que compartilham os mesmos interesses e significados comuns, a mesma linguagem e características pessoais e sociais similares.

Nesse contexto, Rogers (1995) sustenta que o compartilhamento de objetivos comuns constitui o elo de sistemas sociais. Por isso, a sua estrutura, representada pelos padrões sociais de relacionamentos entre os seus membros, tem forte influência nesse processo, podendo afetá-la de várias formas. De acordo com o autor (ROGERS, 1995, p. 26), as normas de um sistema social, definidas como o seu padrão de comportamento, servem como guia ou critério para as atitudes desses membros.

Com relação ao grau de participação do usuário no desenvolvimento de uma inovação, Legey (1998) assinala que este é um fator decisivo para explicar o processo de difusão entre organizações. A autora explica que a participação do usuário na concepção de inovações pode trazer uma série de contribuições, além de facilitar a sua difusão. Para Lundvall (1988), o papel dos usuários no processo de inovação, que inclui a sua difusão, está longe de ser passivo. De acordo com o autor, a construção de um relacionamento próximo entre o desenvolvedor e o usuário traz benefícios para as duas partes. Para o desenvolvedor, essa interação permite a identificação, por exemplo, de eventuais gargalos e interdependências tecnológicas dos usuários, que poderiam funcionar como barreiras no processo. Para o usuário, esta aproximação pode ser vantajosa na medida em que permite a obtenção de conhecimentos associados às tecnologias utilizadas, além de viabilizar a concepção de produtos e serviços mais adequados às suas necessidades.

Finalmente, é importante destacar a forte influência da opinião de líderes no processo de difusão de inovações. Rogers (1995, p. 26) identifica que os líderes geralmente são os membros mais inovadores dentro de um sistema social, por isso, podem fornecer valiosas informações e conselhos sobre inovações a vários outros membros. Para o autor, uma das

características dos líderes é que eles geralmente estão posicionados no centro de redes de comunicação, o que aumenta ainda mais a sua influência sobre os outros membros. Quando consideramos a área de proteção radiológica e segurança nuclear como um sistema social, é possível observar, por exemplo, que os países mais inovadores, como a França e os Estados Unidos, muitas vezes têm seus padrões e procedimentos utilizados como referência para o estabelecimento de critérios de segurança em países com programas nucleares menos robustos. Esse é um exemplo de como a opinião de líderes pode influenciar o processo de difusão de inovações dentro de um determinado sistema social.

### **3.3.5 Fontes de inovação**

As abordagens anteriores sugerem que a produção de conhecimento está cada vez mais distribuída, complexa e diversificada. Dessa forma, grande parte das tecnologias, principalmente as associadas a áreas de conhecimento intensivo, estão baseadas em diferentes disciplinas, dificultando que as organizações detenham internamente toda a capacitação, habilidade, conhecimento e recursos necessários para o desenvolvimento de inovações significantes. Esses fatores motivam a construção de relações seletivas que permitam o acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos. Esse contexto, de alguma forma, obriga que as atividades inovadoras de uma organização dependam cada vez mais de suas interações com as mais variadas fontes de informação, conhecimento, tecnologias, práticas, procedimentos e recursos financeiros e humanos. Essas interações podem fazer a conexão da organização com outros atores do sistema de inovação, como laboratórios, universidades, organismos internacionais, organizações com práticas comuns, dentre outros, permitindo que a organização tenha acesso a fontes externas de conhecimento, aprendizado e inovação.

Tigre (2006, p. 93), sustenta que as organizações inovadoras geralmente possuem a habilidade de combinar diferentes fontes de tecnologia, informação e conhecimento, tanto de origem interna quanto externa. Para o autor, as fontes internas de inovação estão relacionadas principalmente às atividades de desenvolvimento de produtos e processos que visam à obtenção de melhorias incrementais. Estão relacionadas, por exemplo, a programas de qualidade, treinamento e aprendizado organizacional. Já as fontes externas de inovação, estão associadas à aquisição de informações codificadas, consultorias especializadas, obtenção de licenças de fabricação de produtos e tecnologias embutidas em máquinas e equipamentos. O autor sustenta, ainda, que “a seleção das diferentes fontes de tecnologia pelas empresas está

associada às características da tecnologia em si, às escalas produtivas e às estratégias adotadas pelas empresas” (TIGRE, 2006, p. 94). As principais fontes de tecnologia utilizadas por organizações são sumarizadas por Tigre (2006, p. 94) no Quadro 3.

Quadro 3 – Fontes de tecnologia mais utilizadas pelas empresas

| Fontes de Tecnologia                     | Exemplo                                                                                                                                |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desenvolvimento tecnológico próprio      | P&D, engenharia reversa e experimentação                                                                                               |
| Contratos de transferência de tecnologia | Licenças e patentes, contratos com universidades e centros de pesquisa                                                                 |
| Tecnologia incorporada                   | Máquinas, equipamentos e <i>software</i> embutido                                                                                      |
| Conhecimento codificado                  | Livros, manuais, revistas técnicas, <i>Internet</i> , feiras e exposições, <i>software</i> aplicativo, cursos e programas educacionais |
| Conhecimento tácito                      | Consultoria, contratação de RH experiente, informações de clientes, estágios e treinamento prático                                     |
| Aprendizado cumulativo                   | Processo de aprender fazendo, usando, interagindo etc. devidamente documentado e difundido na empresa                                  |

Fonte: TIGRE, 2006, p. 94

O Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 27) também apresenta tipos de interações externas como fontes de inovação, que podem ser caracterizadas como: (a) **fontes de informação aberta**, que oferecem informações de livre acesso; (b) **aquisição de conhecimento e tecnologia**, obtida a partir da compra de conhecimento externo e de bens de capital e de serviços incorporados no novo conhecimento ou tecnologia; e (c) **inovação cooperativa**, que envolve a cooperação em atividades tecnológicas com outras organizações ou instituições de pesquisa.

O Manual destaca que novas informações, conhecimentos, tecnologias, práticas de produção e recursos humanos podem ser obtidos a partir das múltiplas interações que a organização realiza. Essas interações variam em função das fontes, dos custos e de sua intensidade. As mais intensas, por exemplo, que podem envolver relacionamentos visando à obtenção de resultados comuns, podem oferecer, além de informações codificadas, conhecimentos tácitos relevantes e assistência para a resolução de problemas em tempo real. O Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 90) também sustenta que identificar o papel das fontes de fluxos de conhecimento e de tecnologia, bem como as fontes mais importantes, é uma tarefa primordial para a compreensão das interações no processo de inovação.

Como suporte para a identificação de fontes de inovação, o Manual (OCDE, 2005, p. 94) apresenta uma relação de possíveis fontes para transferência de conhecimento e tecnologia (Quadro 4).

Quadro 4 – Fontes para transferências de conhecimento e tecnologia

|                                                                                   | Fontes abertas de<br>informação | Fontes para<br>compras de<br>conhecimentos e<br>tecnologia | Parceiros para<br>cooperação |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Fontes no interior da empresa:                                                    |                                 |                                                            |                              |
| P&D                                                                               |                                 |                                                            |                              |
| Produção                                                                          |                                 |                                                            |                              |
| <i>Marketing</i>                                                                  |                                 |                                                            |                              |
| Distribuição                                                                      |                                 |                                                            |                              |
| Outras empresas no grupo empresarial                                              |                                 |                                                            |                              |
| Mercado externo e fontes comerciais:                                              |                                 |                                                            |                              |
| Concorrentes                                                                      |                                 |                                                            |                              |
| Outras empresas na indústria                                                      |                                 |                                                            |                              |
| Clientes ou consumidores                                                          |                                 |                                                            |                              |
| Consultores/empresas de consultoria                                               |                                 |                                                            |                              |
| Fornecedores de equipamentos,<br>materiais, componentes                           |                                 |                                                            |                              |
| <i>Softwares</i> ou serviços                                                      |                                 |                                                            |                              |
| Laboratórios comerciais                                                           |                                 |                                                            |                              |
| Fontes do setor público:                                                          |                                 |                                                            |                              |
| Universidades e outras instituições<br>de ensino superior                         |                                 |                                                            |                              |
| Institutos de pesquisa<br>governamentais / públicos                               |                                 |                                                            |                              |
| Institutos de pesquisa privados e sem<br>fins lucrativos                          |                                 |                                                            |                              |
| Serviços especializados públicos<br>/semipúblicos de suporte à inovação           |                                 |                                                            |                              |
| Fontes de informações gerais:                                                     |                                 |                                                            |                              |
| Divulgação de patentes                                                            |                                 |                                                            |                              |
| Conferências profissionais,<br>encontros, publicações<br>especializadas e jornais |                                 |                                                            |                              |
| Feiras e exposições                                                               |                                 |                                                            |                              |
| Associações profissionais, sindicatos<br>trabalhistas                             |                                 |                                                            |                              |
| Outras associações locais                                                         |                                 |                                                            |                              |
| Contatos informais ou redes                                                       |                                 |                                                            |                              |
| Padrões e agências de padronização                                                |                                 |                                                            |                              |
| Regulações públicas (ambiente,<br>segurança)                                      |                                 |                                                            |                              |

Fonte: OCDE, 2005, p. 94

No entanto, o próprio Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 91) explica que o grande desafio é exatamente localizar as fontes potenciais de informação, e que as organizações geralmente têm conhecimentos limitados sobre essas fontes.

Por outro lado, é importante destacar que as redes de conhecimento podem facilitar a troca de informações, principalmente as redes formais ou coordenadas por terceiras partes, como por exemplo, organizações de negócios, associações de pesquisa, consultores, universidades, organizações de suporte técnico, organismos de cooperação nacionais e internacionais, dentre outros.

Nesse caso, essas terceiras partes funcionam como intermediários do processo de localização de fontes potenciais de informação, conhecimento e inovação. Howells (2006, p. 720), em um estudo seminal sobre o tema, denomina intermediário como “uma organização ou grupo de profissionais que atuam como agentes em qualquer aspecto do processo de inovação entre duas ou mais partes”<sup>20</sup>. O autor também destaca as principais atividades empreendidas pelos intermediários, que incluem:

o apoio no fornecimento de informações sobre potenciais colaboradores; intermediação em transações entre duas ou mais partes; mediação entre profissionais ou organizações que já estão colaborando; e apoio no processo de obtenção recursos humanos, financeiros ou informacionais, visando à obtenção dos resultados previstos em tais colaborações (HOWELLS (2006, p. 720).

Bessant e Rush (1995, p. 101) também destacam o importante papel dos intermediários para a localização de fontes de inovação. Os autores mencionam que, dentre as diversas atividades empreendidas pelos intermediários, uma das mais importantes é a articulação de necessidades tecnológicas específicas, seleção de opções mais apropriadas, localização de fontes chave de novos conhecimentos e desenvolvimento de laços da organização com sistemas de conhecimento externos.

### 3.3.6 A inovação como um processo iterativo

As abordagens apresentadas nas seções anteriores demonstram que a relação entre organizações e inovação é complexa, dinâmica e difusa. Para Lam (2006, p. 138), “não existem na literatura quadros conceituais coerentes que permitam a compreensão do fenômeno da inovação organizacional”. A autora acredita que tal indeterminação conceitual

---

<sup>20</sup> “an organization or body that acts an agent or broker in any aspect of the innovation process between two or more parties”

seja decorrente do fato de a inovação organizacional abranger uma ampla variedade de fenômenos.

O que a literatura fornece é um conjunto de pistas que podem permitir uma melhor compreensão da influência desses fenômenos na habilidade da organização em aprender, criar conhecimento e desenvolver inovações. O aporte teórico apresentado até aqui destaca, por exemplo, a importância das interações entre membros de um sistema social: na transferência de conhecimento, destacadamente o tácito; nas formas de aprendizado, já que o processo de aprendizagem está vinculado a um espaço de interação entre indivíduos e organizações; na construção do capital social e no estabelecimento do regime de informação vigente em determinado sistema social; dentre outros. De fato, da forma que foi apresentada, é possível assumir que a inovação não ocorre de forma isolada, é um processo coletivo. Tais colocações sugerem que as interações certamente têm um papel importante nos processos de produção de conhecimento e inovação.

Albagli e Maciel (2009, p. 7) destacam que, da perspectiva neo-schumpeteriana ou evolucionária, a inovação é, de fato, um processo social, o que deixa evidente a importância do aprendizado interativo. A relevância da interatividade no processo de inovação não é algo recente (PAVITT, 1984; LUNDVALL, 1988). No entanto, a literatura tem destacado cada vez mais a interação inerente aos processos de inovação. Uma das razões é o aumento da complexidade das inovações, o que exige um nível maior de aprendizado interativo. Nesse caso, quanto maior for a complexidade da inovação, maior vai ser a probabilidade da organização não possuir internamente os conhecimentos necessários para desenvolvê-la (MEEUS; OERLEMANS; HAGE, 2001, p. 145). Da mesma forma, a transferência de conhecimento complexo, ou seja, em grande parte tácito e interdependente, está vinculada a interações mais intensas. Para que seja efetiva, é necessário que sejam estabelecidas relações de confiança consistentes entre as organizações e pessoas envolvidas no processo de inovação (HANSEN, 1999).

Outro fator para o aumento da interatividade no processo de inovação é apresentado por Swan et al (1999, p. 265), que sugere que os avanços das tecnologias de informação e comunicação, bem como a ampliação da atuação de organizações em rede, transformaram o modo de produção de conhecimento. Por isso, o processo de inovação está se tornando mais interativo e mais dependente de conhecimentos vastamente distribuídos.

Para Hislop (2009, p. 118), uma das principais características do processo de inovação atual é a sua natureza eminentemente interativa, que exige que as organizações, para serem inovadoras, atuem de forma intensa junto a um amplo e variado conjunto de organizações,

grupos ou indivíduos. Essa característica, nesse caso, aumenta a importância de sua atuação em redes de conhecimento.

Por outro lado, a diversidade de tipos de relações que as organizações podem desenvolver, bem como a variedade de organizações envolvidas nessas redes, dificultam o controle e a gestão da participação da organização em algumas iniciativas, principalmente se envolver interações entre organizações com diferentes culturas ou valores ou, ainda, se não houver a confiança necessária para a transferência de conhecimento entre os membros que participam dessas redes. Por isso, é importante que seja examinada com atenção a dinâmica social do processo de transferência de conhecimentos que ocorrem nessas redes de inovação (HISLOP, 2009, p. 123).

## **4 METODOLOGIA**

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia utilizada para a coleta de evidências para o estudo empírico, demonstrando que os critérios e procedimentos adotados são adequados e suficientes para a identificação de informações que possam sustentar o desenvolvimento da argumentação formulada nas próximas seções.

De uma forma geral, este capítulo pretende apresentar um meio de conectar os objetivos da pesquisa às discussões sobre o sistema de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear e, finalmente, às conclusões e recomendações a serem apresentadas no capítulo final do trabalho. O modelo proposto pretende, dessa forma, viabilizar a obtenção das respostas necessárias às questões de pesquisa, assumindo, com base no aporte teórico mostrado no Capítulo 3 (Informação, conhecimento e aprendizagem e inovação), que existe uma correlação direta entre as relações de cooperação estabelecidas na área e o desempenho inovador do órgão regulador e, ainda, que a intensidade de interação e de utilização dos dispositivos de comunicação entre agentes pode ser proporcional ao grau de melhoria dos procedimentos de segurança no País.

### **4.1 OPÇÃO METODOLÓGICA**

O objetivo desta seção é apresentar os principais elementos da metodologia utilizada para a investigação da dinâmica de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, no caso: (a) a abordagem da pesquisa; (b) o tipo de pesquisa; (c) o método utilizado

na investigação; (d) as variáveis de interesse; e (e) as fontes de evidência utilizadas na pesquisa.

#### 4.1.1 Abordagem da pesquisa

O Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 28) fornece um conjunto de propostas de diretrizes para a coleta de dados sobre inovação. Uma das propostas apresentadas pelo Manual é a abordagem da pesquisa. De acordo com o documento, existem duas abordagens essenciais para a coleta de dados sobre inovações:

- (a) A abordagem “**sujeito**” – tem foco na organização e está mais direcionada à investigação dos aspectos que influenciam o seu comportamento inovador, bem como das características das várias atividades relacionadas ao processo de inovação; e
- (b) A abordagem “**objeto**” – tem foco em inovações específicas, investigando normalmente apenas as mais significativas, ou seja, as consideradas mais essenciais de uma organização, envolvendo a coleta de dados descritivos, qualitativos e quantitativos sobre essas inovações, analisando paralelamente os dados relacionados à organização.

De acordo com o Manual (OCDE, 2005, p. 119), há uma diferença fundamental entre as duas abordagens, uma vez que elas conduzem a diferentes resultados. A abordagem “sujeito” envolve a investigação das atividades de inovação implementadas, potenciais e abandonadas. Por outro lado, no caso da abordagem “objeto”, não são considerados na investigação os projetos de inovações que foram abandonados ou que estejam em curso. O documento (OCDE, 2005, p. 120) também sugere que a abordagem “objeto” é a mais adequada para as pesquisas sobre inovação que partem de um conjunto de inovações já identificadas.

Conforme foi mencionado anteriormente, o presente trabalho assume que o conhecimento e a prática que o constitui são inseparáveis (KOGUT; ZANDER, 1992), sustentando, dessa forma, que o conhecimento está embutido na prática (HISLOP, 2009; ORLIKOWSKI, 2002; BLACKLER, 1995). A razão disso é que pessoas com diferentes práticas possuem diferentes pressupostos, diferentes perspectivas e diferentes interpretações do mundo ao seu redor, bem como diferentes formas de enxergar a articulação desses elementos, de forma que façam sentido (BROWN; DUGUID, 2001). Isso sugere que é a prática que habilita a circulação de conhecimento entre os agentes de um sistema de inovação,

sendo, assim, a principal responsável pela existência dos processos de interação estabelecidos. Dessa forma, a presente pesquisa assume que a prática está representada nas inovações desenvolvidas na área. Assume ainda que a capacidade de desenvolvimento de inovações atesta a capacidade e competência sobre determinada prática.

Assim, considerando esses argumentos, foi utilizada nesta pesquisa a abordagem “objeto”.

Nesse contexto, a coleta de dados teve como foco a identificação das variáveis de interesse associadas ao objeto, ou seja, as inovações específicas, consideradas por especialistas da área de proteção radiológica e segurança nuclear como as mais relevantes no âmbito da unidade de análise escolhida para a realização da investigação.

#### 4.1.2 Tipo de pesquisa

Para viabilizar o atendimento do objetivo da tese, que é o de “investigar a relação entre as ações colaborativas empreendidas na área de proteção radiológica e segurança nuclear e o desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro, examinando a influência dos mecanismos de interação entre agentes na melhoria dos procedimentos de segurança no País”, bem como de seus objetivos específicos, a metodologia da pesquisa se sustenta no conceito da **pesquisa exploratória qualitativa**.

Tal abordagem é caracterizada pela flexibilidade no planejamento da pesquisa, que permite que os mais variados aspectos relacionados ao fato estudado sejam incorporados à investigação. Geralmente, as pesquisas desse tipo assumem a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso (GIL, 1996, p. 41).

#### 4.1.3 Método de pesquisa

Considerando que o entendimento do fenômeno estudado, no caso, a dinâmica da inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, está diretamente vinculado a condições contextuais, é utilizado nesta pesquisa o método de **estudo de casos múltiplos**, onde cada caso está representado pela investigação de inovações específicas, implementadas com sucesso pelo órgão regulador nuclear brasileiro.

Gil (1996, p. 139), aponta que uma das vantagens da utilização de múltiplos casos é a obtenção de evidências inseridas em diferentes contextos, contribuindo para a elaboração de pesquisas com melhor qualidade.

#### 4.1.4 Variáveis de interesse

De acordo com Yin (2010, p. 40), a investigação do estudo de caso geralmente envolve muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, se beneficiando, dessa forma, de proposições teóricas preliminares.

Isto sugere que o ponto de partida para a investigação da dinâmica de inovação da área estudada é o estabelecimento de uma estrutura de referência fortemente apoiada no aporte teórico preconizado na pesquisa. O estudo assume, dessa forma, que é essa estrutura teórica que fornece as bases para as próximas etapas da pesquisa, ou seja:

- (a) para o estabelecimento das variáveis de interesse;
- (b) dos procedimentos para coleta de dados,
- (c) para a análise das evidências empíricas obtidas e
- (d) para a discussão e apresentação dos resultados e conclusões da pesquisa.

Nesse sentido, é possível observar que a literatura fornece algumas pistas sobre os principais elementos de um sistema de inovação, fornecendo um suporte analítico útil para a definição das variáveis a serem investigadas.

Malerba (2002), por exemplo, sugere que a abordagem sobre sistemas setoriais de inovação e produção é útil para estabelecer caminhos válidos para uma melhor compreensão de estrutura de setores, suas interdependências e processos de interação, bem como para a identificação dos principais agentes envolvidos com a produção e difusão de conhecimento na área. Tal abordagem é útil para o presente estudo quando identifica os elementos básicos de um sistema setorial de inovação e produção. Para o autor, os elementos nos quais a atenção da análise deve estar concentrada são os seguintes: (a) agentes; (b) produtos e serviços; (c) processos de aprendizagem e conhecimento; (d) tecnologias básicas, insumos, demanda e correspondentes links e complementaridades; (e) mecanismos de interação internos e externos; (f) processos de competição e seleção; e (g) regras e padrões de comportamento (instituições).

De forma complementar, a partir do conceito de regime de informação apresentado por González de Gómez (2003, p. 61), tratado no Capítulo 3, é possível identificar elementos úteis à abordagem proposta, vinculados à investigação: (a) do modo predominante de produção de informações; (b) dos atores; (c) das regras; (d) das autoridades informacionais; (e) das relações de poder; (f) dos aspectos culturais; e (g) dos meios, recursos preferenciais, padrões e modelos de organização, interação e distribuição de informações.

Albagli e Maciel (2004, p. 15), por sua vez, destacam alguns aspectos vinculados à compreensão da dinâmica cognitiva e de inovação em determinados ambientes: (a) os processos de geração, difusão e uso de conhecimentos; (b) o conhecimento e o aprendizado resultantes das interações; (c) tipos de interação (formal e informal); (d) o papel de cada ator para a geração de conhecimento; (e) os canais de comunicação; (f) os resultados observados; (g) a capacidade de interação e cooperação; e (h) a capacidade de gerar conhecimento e de promover o aprendizado e a inovação.

Tais abordagens são complementares, uma vez que estão vinculadas, de forma direta ou indireta, a elementos válidos para a análise de sistemas de inovação. Evidentemente, não é possível abordar todas as variáveis propostas em uma pesquisa sobre inovação, pois abrem espaço para várias opções de análise, o que poderia prejudicar o foco desta pesquisa. Dessa forma, o procedimento estabelecido para a coleta de dados prioriza a combinação das ideias associadas a cada um dos aportes teóricos apresentados, propondo a identificação das variáveis mais relevantes para a obtenção das evidências empíricas relacionadas aos objetivos e questões de pesquisa.

Buscando estabelecer uma síntese do aporte teórico apresentado, são priorizadas como ponto de partida para o processo de coleta de dados as seguintes variáveis de interesse:

- a) **Fontes de informação e conhecimento** – associada à identificação de quem forneceu o conhecimento necessário para a melhoria ou onde esse conhecimento foi obtido. Essa variável está diretamente associada, dessa forma, à identificação das fontes de conhecimento codificado e dos principais agentes do sistema de inovação, que inclui indivíduos e organizações, em vários níveis de agregação, representados pelos atores envolvidos com os processos de aprendizagem, conhecimento e inovação da área investigada;
- b) **Processos de informação e conhecimento** – diz respeito aos canais de comunicação, recursos preferenciais, regras, padrões e modelos de organização, interação e distribuição de informações e conhecimento priorizados pelo órgão regulador brasileiro no desenvolvimento de inovações, ou seja, às características dos processos de produção, compartilhamento, difusão, apropriação e uso de informação e conhecimento. Envolve principalmente a identificação dos tipos, mecanismos e estruturas de interação, formal e informal, da organização com as fontes de informação, conhecimentos, tecnologias, práticas e recursos humanos e financeiros.

- c) **Mecanismos de suporte à inovação** - associada à identificação dos mecanismos e agentes que, mesmo que indiretamente, viabilizaram a inovação observada, por exemplo, apoiando a localização das fontes de informação e conhecimento e de potenciais colaboradores, intermediando os processos de informação e conhecimento previamente identificados, fornecendo recursos (humanos, financeiros etc.) ou simplesmente apoiando a obtenção desses recursos. Essa variável de interesse está associada à questão “como” os processos de informação e conhecimento foram viabilizados.

#### 4.1.5 Fontes de evidência

De acordo com Yin (2010, p. 127), as fontes de evidência mais comumente utilizadas na realização de estudos de caso são: documentos, registro em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. O autor destaca, porém, que as várias fontes são complementares e que deve ser utilizado o maior número possível de fontes. Eisenhardt (1989, p. 538) concorda com Yin quando sugere que a utilização de múltiplos procedimentos de coleta de dados viabiliza a obtenção de resultados mais robustos, possibilitando, dessa forma, a identificação de informações passíveis de serem trianguladas.

Com base nessas orientações, a presente pesquisa utilizou as seguintes fontes de evidência:

- a) **Análise documental** - análise de registros impressos e digitais disponibilizados pela área pesquisada, que descrevem seus processos, resultados e sistemas de gestão;
- b) **Entrevistas na linha de um levantamento formal** (YIN, 2010, p. 134) – utilizada para a identificação de informações associadas às variáveis de interesse, a partir de questões mais estruturadas;
- c) **Entrevistas em profundidade** – útil para o detalhamento das informações obtidas nas entrevistas anteriores, proporcionando um melhor entendimento das especificidades das evidências empíricas identificadas. De acordo com Yin (2010, p. 133), nesse tipo de entrevista é possível, por exemplo, perguntar aos respondentes-chave sobre os fatos de um assunto, bem como as suas opiniões sobre os eventos. Uma das características desse tipo de entrevista é que ela geralmente ocorre em mais de uma ocasião e não necessariamente em uma única

sessão. Além disso, permite que o respondente-chave indique outras pessoas para serem entrevistadas, bem como outras fontes de evidência. Yin também sugere que, na maioria das vezes, os respondentes-chave são fundamentais para o sucesso de um estudo de caso; e

- d) **Observação direta** – Para Yin (2010, p. 136), a evidência observacional pode proporcionar informações adicionais sobre o tópico investigado, pois permite, por exemplo, um melhor entendimento do contexto ou do fenômeno sendo estudado.

#### 4.1.6 Síntese dos elementos que caracterizam a opção metodológica

O quadro a seguir resume os elementos que caracterizam a opção metodológica desta pesquisa.

Quadro 5 – Elementos da metodologia utilizada na investigação

|                        |                                                                                                                                                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abordagem da pesquisa  | Abordagem objeto (OCDE, 2005) / abordagem baseada na prática (BROWN; DUGUID, 2001; LAVE; WENGER, 1991)                                                  |
| Tipo de pesquisa       | Pesquisa exploratória qualitativa (GIL, 1996; HOPPEN; LAPOINTE; MOREAU, 1996)                                                                           |
| Método                 | Estudo de casos múltiplos (YIN, 2010)                                                                                                                   |
| Variáveis de interesse | Fontes de informação e conhecimento, processos de informação e conhecimento e mecanismos de suporte à inovação (aporte teórico fornecido no Capítulo 3) |
| Fontes de evidência    | Análise documental, entrevistas na linha de um levantamento formal, entrevistas em profundidade e observação direta (YIN, 2010)                         |

Fonte: elaborado pelo autor

## 4.2 PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O objetivo desta seção é apresentar os procedimentos utilizados para a identificação e análise das evidências empíricas apresentadas no estudo de caso, visando à obtenção das respostas necessárias para o atendimento dos objetivos deste estudo. Tais procedimentos estão agrupados em cinco etapas, que são as seguintes:

- a) Primeira etapa: escolha da unidade de análise
- b) Segunda etapa: identificação dos objetos de investigação

- c) Terceira etapa: obtenção de informações preliminares associadas às variáveis de interesse
- d) Quarta etapa: detalhamento das informações associadas às variáveis de interesse
- e) Quinta etapa: análise de dados

#### 4.2.1 Primeira Etapa: escolha da unidade de análise

O Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 75) sugere a distinção entre **unidade investigada** e **unidade de observação**. De acordo com o documento, a unidade investigada é a “entidade para a qual os dados são coletados”. Já a unidade de observação, é a “entidade a que se referem os dados recebidos”. As unidades investigadas são mais abrangentes e podem variar de setor para setor e de país para país, em função das estruturas institucionais e de outros fatores.

Dessa forma, é importante apontar que o presente estudo entende como unidade investigada o órgão regulador brasileiro, que representa, no País, o principal ator da área de proteção radiológica e segurança nuclear. De forma complementar, a unidade de observação está, na pesquisa, relacionada a um departamento específico do órgão regulador brasileiro, considerado na tese como o mais adequado e relevante para a condução da investigação. No entanto, no presente trabalho a unidade de observação será tratada pelo termo “unidade de análise”, se referindo sempre ao departamento onde os dados empíricos foram obtidos.

Dada a natureza e especificidades da investigação proposta, as possíveis unidades de análise da pesquisa estão inseridas na estrutura organizacional do órgão regulador brasileiro, representado pela Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), órgão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). É interessante notar que a estrutura do órgão regulador é híbrida, uma vez que segmenta suas atividades tanto por tipo de instalação controlada, como por tipo de processo de regulação, o que diretamente não influencia o processo de escolha da unidade.

As coordenações do órgão segmentadas em termos de tipo de instalação são as seguintes: (a) Coordenação Geral de Instalações Médicas e Industriais (CGMI); (b) Coordenação Geral de Reatores Nucleares (CGRN); e (c) Coordenação Geral de Instalações do Ciclo do Combustível Nuclear (CGCN). Existem ainda as coordenações e divisões associadas ao tipo de atividade de regulação: (d) Coordenação de Matérias Primas e Minerais (COMAP); (e) Coordenação de Controle de Materiais Radioativos e Nucleares (COREJ), que é responsável pelas atividades de gerenciamento de rejeitos radioativos; (f) Coordenação de

Salvuardas e Proteção Física (COSAP); (g) Divisão de Normas (DINOR); e (h) Serviço de Avaliação de Segurança do Transporte de Materiais Radioativos (SASTR).

De acordo com Malerba (2002, p. 261), é importante que unidades de análise sejam definidas com devida flexibilidade, tomando-se como referência os objetivos da pesquisa, que é o que deve estabelecer os níveis de agregação. Nesse caso, é possível estabelecer que a investigação poderia utilizar como unidade de análise um ou mais departamentos dentro desse universo. No entanto, considerando o tempo disponível para a realização da pesquisa, bem como a sua abrangência e especificidades, analisar todas as subunidades do órgão regulador poderia comprometer a profundidade do estudo, provavelmente inviabilizando a obtenção adequada de resultados, com risco de subjetivismo na análise e na interpretação dos resultados da pesquisa.

Dessa forma, foi selecionada como unidade de análise apenas uma das áreas de atuação do órgão regulador brasileiro, a de **licenciamento, inspeção e controle de instalações radiativas**, sob responsabilidade da Coordenação Geral de Instalações Médicas e Industriais (CGMI).

As razões que levaram a escolha dessa Coordenação como unidade de análise estão associadas ao passado e ao futuro das atividades de inspeção e controle de instalações e atividades da área de radioterapia, medicina nuclear e das aplicações da tecnologia nuclear na indústria.

Com relação ao passado, foi nessa área que ocorreu um dos piores episódios de contaminação por radioatividade da história brasileira e mundial, que ficou conhecido como acidente radiológico de Goiânia. Nesse acidente, quatro pessoas morreram e mais de cem foram contaminadas em função de espalhamento de Césio – 137, contido em uma fonte radioativa abandonada em uma instalação antiga de um centro de radioterapia (ALMEIDA e MARECHAL, *no prelo*). A fonte foi encontrada por catadores de sucatas e desmontada em um ferro velho local, provocando um rastro de contaminação. Na ocasião, o acidente expôs o órgão regulador brasileiro, exigindo a implantação de dispositivos mais rigorosos para o controle de fontes radioativas no País. Assim, nos anos seguintes, foi necessário o aprimoramento contínuo das competências associadas às atividades na área, bem como o desenvolvimento e implantação progressiva de uma série de mecanismos de inspeção e controle dessas fontes, contribuindo para que o País assumisse uma posição de destaque internacional nessa área.

Os desafios estabelecidos para os próximos anos também demonstram a importância da escolha da área como unidade de análise. Atualmente são mais de 2.000 instalações ativas

operando com fontes radioativas. Novas técnicas e procedimentos em medicina nuclear associados ao combate ao câncer, a diagnósticos e terapias apontam para o aumento progressivo das aplicações de tecnologia nuclear na área médica, com uma taxa de crescimento estimada na ordem de 8% ao ano (CNEN, 2013). O expressivo aumento do número de procedimentos médicos no País tem impacto direto na atuação do órgão regulador, que deve ter a capacidade para acompanhar, tanto o crescimento dessas atividades, como as mudanças associadas às novas tecnologias introduzidas continuamente na área médica, que na maioria das vezes exige o desenvolvimento e estabelecimento de novos procedimentos, padrões e requisitos de proteção radiológica.

Os argumentos apresentados, dessa forma, demonstram a importância da escolha da área de licenciamento, inspeção e controle de instalações radiativas como unidade de análise na pesquisa. Nesse contexto, o presente estudo sustenta que a investigação das evidências empíricas obtidas pode permitir um melhor entendimento da dinâmica de inovação na área e, assim, identificar elementos que contribuam para a melhoria desse processo.

#### **4.2.2 Segunda Etapa: identificação dos objetos de investigação**

A segunda etapa da pesquisa foi a identificação dos objetos de investigação, ou seja, das principais inovações implementadas pelos profissionais da Coordenação Geral de Instalações Médicas e Industriais (CGMI), que foi a unidade de análise escolhida para a realização da pesquisa.

Nesta etapa, foi solicitado que os entrevistados, no caso, o chefe da Divisão de Instalações Médicas e de Pesquisa (DIAMP) e a Coordenadora Geral da CGMI, identificassem as principais inovações na sua área de atuação nos últimos cinco anos.

Considerando que o termo inovação tem sido utilizado nos mais variados contextos e com alguma variação no seu significado, esta etapa da coleta de dados assumiu que os respondentes poderiam não compreender o conceito de inovação utilizado na tese, que diz respeito à “busca e à descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos de produção e novos arranjos organizacionais” (DOSI, 1988, p. 222). Por esse motivo, foi solicitado que informassem se houve a implementação de novas práticas e rotinas na área, ou seja, melhorias, adequações ou alterações relevantes em equipamentos, procedimentos, especificações técnicas e “*regulatory requirements*” relacionados às aplicações em radioterapia, radiologia diagnóstica e medicina nuclear.

Foi orientado, no entanto, para que fossem identificadas apenas as melhorias mais relevantes. Apesar da subjetividade associada ao conceito de relevância, considerando que os profissionais podem ter diferentes pontos de vista associados aos benefícios de determinada inovação, não foram apresentados critérios que pudessem caracterizar o grau de relevância das melhorias implementadas. A definição de relevância foi propositalmente deixada em aberto, sem limitações relacionadas à abrangência e à quantidade de inovações. Dessa forma, foi assumido que a experiência acumulada pelos especialistas da área de proteção radiológica e segurança nuclear é suficiente para atribuir o grau de relevância das inovações identificadas, principalmente por possuírem as condições e competências necessárias para avaliar os benefícios e impactos positivos de cada uma delas.

Essas melhorias foram identificadas de acordo com as principais funções atribuídas aos órgãos reguladores (IAEA, 2002), incluindo a avaliação dos riscos associados à exposição, à radiação e seus efeitos biomédicos, controle de exposições ocupacionais, serviços de dosimetria pessoal, monitoramento de taxa de dose, o transporte e armazenamento de fontes radioativas, implementação de planos de emergência, proteção dos trabalhadores e pacientes, segurança e sistemas de alerta, procedimentos de emergência e procedimentos gerenciais.

Finalmente, para garantir que todas as atividades desenvolvidas pela área fossem consideradas no levantamento, foi solicitada a identificação das inovações de acordo com as principais atividades executadas pela CGMI: (a) Inspeções de instalações que manipulam fontes de radiação; (b) avaliações de segurança em instalações que manipulam fontes de radiação; (c) emissões de autorizações para operação de instalações que manipulam fontes de radiação; (d) certificação de Supervisores de Proteção Radiológica em Aplicações Médicas, Pesquisa e Industriais; (e) controle de importação, exportação e distribuição de fontes, (f) preparação e resposta a emergências.

Foram identificadas 4 inovações, consideradas as mais relevantes pelos profissionais entrevistados.

#### **4.2.3 Terceira Etapa: obtenção de informações preliminares associadas às variáveis de interesse**

Após o levantamento das inovações mais relevantes desenvolvidas na área, foram obtidas, para cada uma das inovações identificadas, informações relacionadas às variáveis de interesse estabelecidas para a investigação da dinâmica de inovação da área.

Esta etapa consistiu na realização de “entrevistas na linha de um levantamento formal” (YIN, 2010, p. 134), que envolve a utilização de instrumentos com questões estruturadas. Nesse tipo de entrevista, no entanto, para que seja possível garantir um padrão de respostas satisfatório, deve se limitar a um menor número possível de questões, com instruções claramente formuladas. Essa é também uma recomendação do Manual de Oslo (OCDE, 2005) para a realização de pesquisas na área de inovação, que sugere que esse tipo de pesquisa deve estar baseado em poucas questões. Stake (apud MAZZOTI, 2006) esclarece que nas investigações do tipo estudo de caso predominam questões ou temáticas sobre relações complexas, situadas e problemáticas. Para o autor, essa é a razão desse gênero de pesquisa ser organizado em torno de um pequeno número de questões.

Dessa forma, esta etapa envolveu a identificação de informações sobre questões diretamente relacionadas às variáveis de interesse, ou seja: (a) fontes de informação e conhecimento; (b) processos de informação e conhecimento e (c) mecanismos de suporte à inovação.

O trabalho de levantamento preliminar de evidências empíricas teve o apoio direto de um dos respondentes-chave, no caso, o chefe da DIAMP, que previamente forneceu informações relevantes sobre algumas especificidades do setor, que permitiram um melhor entendimento das características do processo de inovação da área. Esse respondente-chave também ajudou na formatação do formulário de pesquisa utilizado na entrevista preliminar. Foi também uma das pessoas responsáveis pela indicação dos respondentes mais apropriados para fornecer informações sobre o processo de implementação de cada uma das inovações consideradas na pesquisa.

Esta etapa utilizou como instrumento de coleta de dados um formulário (Apêndice E)<sup>21</sup>, que foi preenchido pelo respondente-chave com o apoio dos profissionais diretamente envolvidos com o processo de desenvolvimento de cada uma das inovações identificadas.

Nesta etapa foi possível identificar os principais agentes e fontes de informação e conhecimento, bem como de alguns aspectos dos processos de informação e conhecimento associados à implementação das inovações identificadas.

Apesar de serem insuficientes para a compreensão dos aspectos associados à dinâmica de inovação da área, as informações obtidas foram úteis como referência para a etapa seguinte

---

<sup>21</sup> Com a finalidade de facilitar a consulta aos apêndices relacionados ao estudo de caso, as inovações investigadas (Casos A, B, C e D) correspondem aos apêndices A, B, C e D. Por esse motivo, a primeira referência aos apêndices está associada ao Apêndice E.

da investigação, que foi o detalhamento das informações associadas às variáveis de interesse, realizado a partir de análise documental e da realização de entrevistas em profundidade.

#### **4.2.4 Quarta Etapa: detalhamento das informações associadas às variáveis de interesse**

Nesta etapa foi realizado o detalhamento das informações obtidas nas entrevistas anteriores, proporcionando um melhor entendimento das especificidades das evidências empíricas identificadas. Tomou como referência as seguintes fontes de evidência: entrevistas em profundidade, análise documental e observação direta.

As entrevistas em profundidade foram realizadas entre outubro de 2013 e março de 2014. Ocorreram, na maioria dos casos, em várias sessões. Tais entrevistas tomaram como referência um roteiro previamente estabelecido (Apêndice F), e permitiram que os respondentes indicassem outras pessoas para serem entrevistadas.

Todos os entrevistados forneceram fontes adicionais de evidência, representadas por registros impressos e digitais com informações complementares sobre os processos, resultados e sistemas de gestão da unidade de análise, e, principalmente, sobre as inovações investigadas.

Ao todo, foram entrevistados 8 profissionais do órgão regulador nuclear brasileiro, no caso, o Diretor de Radioproteção e Segurança Nuclear, a Coordenadora Geral de Instalações Médicas e Industriais, o Coordenador Geral de Reatores Nucleares, o Chefe da Divisão de Instalações Médicas e de Pesquisa, o Chefe do Serviço de Avaliação de Segurança do Transporte de Materiais Radioativos e três técnicos diretamente envolvidos com o desenvolvimento e implementação das inovações investigadas.

Com relação às informações obtidas nesta etapa, é interessante considerar que o caráter interativo das entrevistas em profundidade permite a coleta de informações sobre temas complexos, que dificilmente seriam investigadas de forma profunda por meio dos dados obtidos em questionários. Dessa forma, a utilização desse tipo de entrevista como fonte adicional de evidência tornou possível a obtenção de informações mais relevantes sobre as especificidades das variáveis de interesse investigadas.

Outra fonte de evidência utilizada na pesquisa diz respeito à observação direta (YIN, 2010, p. 136). O fato de o pesquisador ter trabalhado durante cinco anos na assessoria da Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), da qual a CGMI faz parte, permitiu que assumisse uma posição menos passiva na identificação de evidências associadas ao contexto social e cultural onde as inovações foram desenvolvidas e implementadas. Tais

evidências foram úteis para um melhor entendimento do fenômeno estudado, considerando que o conhecimento está fortemente vinculado aos locais de trabalho, às práticas, às pessoas e aos contextos onde ocorre (HISLOP, 2009).

As informações obtidas nesta etapa estão apresentadas no estudo de caso (Capítulo 5) e nos Apêndices A, B, C e D.

#### 4.2.5 Quinta Etapa: análise de dados

De acordo com Yin (2010, p. 154), as análises de estudo de caso devem seguir uma estratégia analítica geral, que podem favorecer a obtenção de conclusões analíticas mais vigorosas, além de ajudar no tratamento das evidências e na interpretação dos dados obtidos.

Em função de suas características, foi priorizada na presente pesquisa a estratégia de “**contar com proposições teóricas**”. Tal estratégia se sustenta na utilização de proposições teóricas como guia para a análise do estudo de caso, considerando que o objetivo da pesquisa está baseado no aporte teórico fornecido pela literatura, que reflete as questões de pesquisa, revisões da literatura e novas hipóteses e proposições (YIN, 2010, p. 158).

O aporte teórico apresentado no Capítulo 3 sugere que existe uma correlação direta entre as relações de cooperação estabelecidas na área e o desempenho inovador do órgão regulador e, ainda, que a intensidade de interação e de utilização dos dispositivos de comunicação entre agentes é proporcional ao grau de melhoria dos procedimentos de segurança no País. A presente pesquisa, dessa forma, assume que essas proposições, bem como as demais proposições teóricas fornecidas pela literatura sobre conhecimento, aprendizagem e inovação, de alguma forma, ajudam a focar a atenção em determinados dados e a ignorar outros, atestando a utilidade dessa estratégia analítica.

Com relação às técnicas específicas para a análise dos estudos de caso, a pesquisa priorizou a técnica de “**construção de explicação**” (YIN, 2010, p. 169), que tem como objetivo analisar os dados do estudo de caso construindo uma explicação sobre os casos investigados. Yin (2010, p. 170) justifica a utilidade dessa técnica sugerindo que é possível explicar um fenômeno a partir do estabelecimento de um “conjunto presumido de elos causais sobre ele, ou “como” ou “por que” algo aconteceu”, embora os elos causais possam ser complexos e difíceis de serem medidos de uma maneira precisa.

As informações obtidas a partir dos procedimentos descritos são apresentadas e discutidas no próximo Capítulo, que trata da dinâmica da inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

## **5 ESTUDO DE CASO: A DINÂMICA DA INOVAÇÃO NA ÁREA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E SEGURANÇA NUCLEAR**

O objetivo deste capítulo é identificar e analisar a dinâmica da inovação na área de proteção radiológica e segurança nuclear, entrelaçando a abordagem teórica apresentada no Capítulo 3 com o estudo de caso descrito nos itens que se seguem.

Visando o alcance desse objetivo, as seções seguintes têm por finalidade fornecer um conjunto de evidências suficientes em quantidade e qualidade, a fim de justificar as discussões, conclusões e recomendações a serem apresentadas na tese.

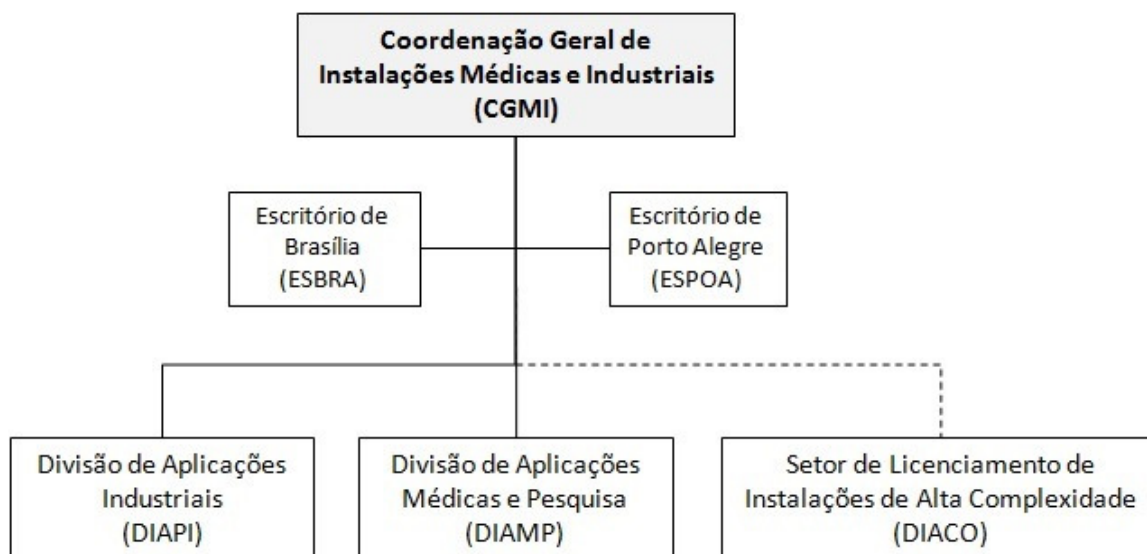
### **5.1 A UNIDADE DE ANÁLISE**

O estudo empírico foi realizado na Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, que atualmente exerce as funções de regulação da área nuclear e radiológica no País, por meios das atividades desenvolvidas por sua Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS). A unidade de análise utilizada para a obtenção dos dados para a pesquisa foi uma das coordenações dessa diretoria, a Coordenação Geral de Instalações Médicas e Industriais (CGMI), subordinada à DRS.

As principais atribuições da CGMI são: (a) coordenar e executar as atividades de licenciamento e controle de instalações radiativas, o que envolve a fiscalização do cumprimento das normas de segurança e proteção radiológica, bem como a avaliação da segurança radiológica e a emissão de autorizações para a construção e operação dessas instalações ou, se for o caso, a suspensão das autorizações emitidas; (b) inventariar e controlar as fontes radioativas e equipamentos de radiação no País, o que inclui a emissão de autorizações para a aquisição de material radioativo e de fontes geradoras de radiação ionizante; (c) certificar a qualificação e registrar profissionais que atuam em atividades envolvendo a utilização de fontes radioativas e equipamentos de radiação; e (d) coordenar as ações de resposta a emergências nas instalações de medicina e indústria (CNEN, 2011a).

A CGMI é composta pelas seguintes divisões: Divisão de Aplicações Industriais (DIAPI), Divisão de Aplicações Médicas e de Pesquisa (DIAMP), Setor de Licenciamento de Instalações de Alta Complexidade (DIACO) e dos escritórios da CNEN em Porto Alegre (ESPOA) e Brasília (ESBRA), que têm a prioridade de dar suporte às atividades da DRS nas regiões Sul e Centro-Oeste. O organograma da CGMI é apresentado na figura 3.

Figura 3 – Organograma CGMI



Fonte: MARECHAL, 2012

A Divisão de Aplicações Industriais (DIAPI) tem sua atuação focada em atividades relacionadas ao licenciamento e controle de instalações radiativas na área da indústria, como, por exemplo, indústria alimentícia, refinarias e empresas de radiografia industrial. Essa Divisão também é responsável pelo licenciamento de instalações dedicadas a prestação de serviços específicos, como inspeção de bagagens e contêineres, manutenção de equipamentos e, ainda, pelo controle de equipamentos na área de segurança física (ex. escâner corporal).

A Divisão de Aplicações Médicas e Pesquisa (DIAMP) é responsável pela realização de inspeções, avaliações de segurança e emissões de autorização para operação de instalações que manipulam fontes radioativas ou que operam equipamentos geradores de radiação na área médica e de pesquisa. É também a divisão que realiza o controle de importação, exportação e movimentação de fontes radioativas e equipamentos geradores de radiação no País, sendo responsável pelo inventário dessas fontes em todo o território nacional.

Apesar de a estrutura da CGMI estar segmentada em função do tipo de instalação controlada, ou seja, área médica e de pesquisa controlada pela DIAMP e a área de indústria controlada pela DIAPI, foi criada uma terceira área dedicada ao processo de licenciamento de instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotron, denominada Setor de Licenciamento de Instalações de Alta Complexidade (DIACO), que atualmente não figura formalmente no organograma da CNEN. Uma das razões do destaque ao licenciamento dessas instalações foi a quebra do monopólio estatal para a produção de radioisótopos com meia

vida<sup>22</sup> inferior a duas horas. A referida alteração na legislação sobre o assunto provocou um aumento expressivo no número de instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons no Brasil. Atualmente existem 13 instalações desse tipo operando no País.

Além da execução das atividades apresentadas, as três divisões participam dos seguintes processos:

- certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica, operadores e especialistas que atuam em instalações radiativas;
- elaboração de normas e regulamentos técnicos; e
- resposta a emergências radiológicas.

As três divisões também possuem representantes em fóruns e comitês, nacionais e internacionais, relativos à proteção radiológica e segurança de fontes e instalações radiativas. Além disso, eventualmente prestam apoio técnico na avaliação de segurança nuclear e radiológica de instalações nucleares e minero-industriais, bem como de reatores nucleares e depósitos de rejeitos radioativos. Fornecem, ainda, apoio aos licenciamentos conduzidos por outros órgãos públicos, quando solicitados.

Os atos relacionados ao licenciamento de instalações radiativas são basicamente os seguintes: (a) **aprovação prévia de local**, que considera as características do local associadas à população, características geográficas etc., bem como o impacto radiológico em casos de operação normal e de acidentes; (b) **autorização para construção** (ou modificação), que é emitida após a avaliação do projeto da instalação com relação às blindagens, sistemas de segurança intrínsecos, qualificação dos operadores e os sistemas de controle de qualidade previstos; (c) **autorização para aquisição de material radioativo**, que é concedida a partir da análise dos procedimentos de segurança, da descrição das condições operacionais, dos testes a serem realizados e do laudo sobre as barreiras de proteção; (d) **autorização para operação**, emitida após a verificação da identificação, classificação e descrição da instalação, das fontes radioativas e dos profissionais responsáveis pela operação da instalação. É ainda realizada nesse processo a monitoração de área e a verificação dos procedimentos de proteção radiológica, gerência de rejeitos e emergência, além da análise dos registros e dos procedimentos estabelecidos para a retirada de operação da instalação. Para um grupo específico de instalações<sup>23</sup>, a autorização para operação está condicionada a um processo mais

---

<sup>22</sup> A meia-vida do radioisótopo é caracterizada pelo tempo que certo número de núcleos de um radioisótopo leva para que a metade de sua população decaia para outro elemento por desintegração. Esse decaimento pode ocorrer sucessivamente, até que resulte um elemento estável (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

<sup>23</sup> classificadas conforme Resolução CNEN N° 112, de 24 de agosto de 2011, publicada no DOU em 01.09.2011 (CNEN, 2011b).

detalhado de análise de segurança, que inclui a elaboração de um relatório onde é apresentada uma série de análises associadas à segurança da instalação, incluindo informações sobre: a organização do pessoal e responsabilidades; plano de treinamento do pessoal; plano para condução das operações; programa de garantia da qualidade dos itens importantes à segurança para a fase de operação; controles administrativos a serem aplicados durante a operação, incluindo medidas relativas à organização e gerência, procedimentos, verificações, auditorias e comunicações, necessárias para garantir a operação segura da instalação radiativa; plano de emergência; especificações referentes a características da instalação radiativa de importância relevante para a segurança e para a proteção radiológica, a serem adotadas para a operação; plano de proteção física; plano de gerência de rejeitos radioativos; e plano de transporte de materiais radioativos. Finalmente, o ato de licenciamento de instalações radiativas relacionado à (e) **retirada de operação**, envolve a verificação: do inventário dos materiais radioativos e dos equipamentos emissores de radiação ionizante; do destino a ser dado aos materiais radioativos, demais fontes de radiação e aos rejeitos radioativos gerados no descomissionamento da instalação; dos procedimentos técnicos e administrativos para avaliação dos níveis de radiação e para a descontaminação de áreas, superfícies e equipamentos; e do destino a ser dado aos registros que devem ser conservados (GUTTERRES, 2013).

O panorama atual associado ao número de instalações radiativas na área médica é apresentado no quadro a seguir.

Quadro 6 – Instalações radiativas na área médica: panorama atual

| Área                                                       | Tipo de risco <sup>24</sup> | Nº de instalações                    | Tendência                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pesquisa                                                   | Baixo risco                 | Cerca de 250 instalações licenciadas | Número estável de instalações                                                                                                                 |
| Radioimunoensaio                                           | Baixo risco                 | Cerca de 30 instalações licenciadas  | Número decrescente de instalações                                                                                                             |
| Irradiadores de sangue                                     | Baixo risco                 | Cerca de 20 irradiadores             | Número estável de instalações                                                                                                                 |
| Medicina nuclear (com aplicações em diagnóstico e terapia) | Médio risco                 | Cerca de 360 instalações licenciadas | Número de instalações em franca expansão, principalmente em função de novas tecnologias, novos radiofármacos e novas abordagens de tratamento |
| Radioterapia                                               | Alto risco                  | Cerca de 210 instalações licenciadas | Número de instalações em franca expansão, em função de novas tecnologias introduzidas continuamente na área                                   |

Fonte: Adaptado de Gutterres (2013)

<sup>24</sup> classificados conforme Resolução nº 112 (CNEN, 2011)

Na área de indústria, serviços e comércio, existem atualmente 658 instalações radiativas em operação, executando, por exemplo, atividades relacionadas à irradiação de alimentos, perfilagem de poços, radiografia industrial, polimerização etc.. Também foi observado nessa área um aumento expressivo do número de instalações nos últimos anos.

O quadro de pessoal da CGMI é composto por 48 servidores, dos quais, 11 possuem formação de nível intermediário, 7 possuem curso superior e especialização, 16 são mestres e 14 são doutores (CNEN - SISTEMA RH FÁCIL, 2014).

Os indicadores apresentados na tabela 1 fornecem, de forma complementar, uma ideia das características e do volume de algumas atividades específicas executadas pela CGMI.

Tabela 1 – Principais indicadores da CGMI 2013 / 2014

|                                                                         |       |                                                                        |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| Inspeções realizadas (2013)                                             | 402   | Autorizações para operação de instalações radiativas – pesquisa (2013) | 53    |
| Licenças de construção emitidas (2013)                                  | 63    | Autorizações para operação de instalações radiativas – serviços (2013) | 24    |
| Processos analisados - movimentação de fontes radioativas (2013)        | 5.733 | Autorizações para retirada de operação (2013)                          | 68    |
| Licenças para aquisição concedidas (2013)                               | 263   | Instalações controladas (fev. 2014) <sup>25</sup>                      | 4.782 |
| Licenças para exportação concedidas (2013)                              | 323   | Instalações ativas (fev. 2014)                                         | 2.107 |
| Licenças para importação concedidas (2013)                              | 2.472 | Instalações em análise (fev. 2014)                                     | 391   |
| Licenças para transferência concedidas (2013)                           | 315   | Instalações em obras (fev. 2014)                                       | 46    |
| Pareceres técnicos emitidos (2013)                                      | 2.360 | Fontes radioativas seladas controladas (fev. 2014)                     | 8.685 |
| Autorizações para operação de instalações radiativas – comércio (2013)  | 2     | Equipamentos geradores de radiação (fev. 2014)                         | 744   |
| Autorizações para operação de instalações radiativas – indústria (2013) | 320   | Profissionais com certificados válidos (fev. 2014)                     | 1.680 |
| Autorizações para operação de instalações radiativas – medicina (2013)  | 459   | Profissionais com registros válidos (fev. 2014)                        | 1.211 |

(Fontes: Sistema do Plano de Trabalho CNEN, Portal de Instalações Radiativas e análise documental)

<sup>25</sup> Inclui instalações inativas que, apesar de não estarem mais em funcionamento, devem permanecer nos registros da CGMI, sendo, dessa forma, contabilizadas como instalações controladas.

## 5.2 APRESENTAÇÃO DOS CASOS

Conforme assinalado no Capítulo 4, a abordagem priorizada na investigação foi a de estudo de casos múltiplos, onde cada caso está associado a uma inovação previamente identificada como relevante pelos especialistas da unidade de análise escolhida para a realização da pesquisa.

Foram identificadas pelos respondentes quatro principais inovações desenvolvidas nos últimos anos. Para cada uma delas, foram obtidas informações vinculadas às variáveis de interesse estabelecidas na metodologia: (a) fontes de informação e conhecimento; (b) processos de informação e conhecimento e (c) mecanismos de suporte à inovação.

As informações relacionadas a cada caso analisado são apresentadas de forma detalhada nos seguintes apêndices:

- **Apêndice A** – Informações coletadas no estudo de caso A: Estabelecimento de novos procedimentos de controle associados ao limite da dose ocupacional para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos (Limite de dose);
- **Apêndice B** – Informações coletadas no estudo de caso B: Estabelecimento de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque (Consulta mútua);
- **Apêndice C** – Informações coletadas no estudo de caso C: Estabelecimento de novos procedimentos para o controle de fontes radioativas órfãs e de materiais radioativos na indústria de reciclagem (Indústria de reciclagem); e
- **Apêndice D** – Informações coletadas no estudo de caso D: Aplicação de guia para o licenciamento de instalações com Cíclotrons (Instalações com cíclotrons).

Os casos investigados, representados por cada uma das inovações identificadas, são apresentados separadamente nesses apêndices, com descrições segmentadas por variável de interesse. Tais descrições consolidam as informações obtidas a partir dos quatro procedimentos de coleta de dados utilizados, ou seja, análise documental, entrevistas na linha de um levantamento formal, entrevistas em profundidade e observação direta.

As sínteses dos casos examinados são apresentadas separadamente a seguir.

### 5.2.1 Caso A – Limite de dose

O primeiro caso está relacionado à redução do limite da dose de exposição para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), em situações planejadas. Esse limite foi reduzido de 150 mSv<sup>26</sup> para 20 mSv por ano. O novo limite está associado a uma taxa média de dose absorvida por ano, durante um período de 5 anos, não sendo recomendado, no entanto, que a dose ultrapasse 50 mSv em um único ano.

O novo limite foi estabelecido com base em recomendações da *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) e foi incorporado ao conjunto de requisitos de proteção radiológica estabelecido pelo Brasil na área médica.

A redução desse limite foi motivada pela identificação do aumento de casos de catarata em profissionais expostos a radiações ionizantes. O limite anterior de dose equivalente para o cristalino dos olhos, de 150 mSv em um ano, foi baseado em estudos epidemiológicos anteriores, que não foram capazes de detectar qualquer tipo de alteração no cristalino dos olhos, induzida por radiação, que pudesse levar ao aparecimento de casos de catarata. Melhores técnicas para a detecção, quantificação e documentação de mudanças no cristalino dos olhos associadas à radiação, bem como as melhores técnicas de dosimetria, contribuíram para as recentes descobertas da catarata, induzida por radiação em baixas exposições.

As informações obtidas na coleta de dados sobre este caso são apresentadas de forma detalhada no **Apêndice A** – Informações coletadas no estudo de caso A: Estabelecimento de novos procedimentos de controle associados ao limite da dose ocupacional para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos (Limite de dose).

### 5.2.2 Caso B - Consulta mútua

Este caso está relacionado com a implementação de procedimentos para o controle de importação, exportação e movimentação de fontes radioativas. Tais procedimentos foram desenvolvidos com base na experiência acumulada pelo Brasil nessa atividade e em padrões de segurança desenvolvidos no âmbito da AIEA, que destacam a necessidade de sistemas

---

<sup>26</sup> milissievert (mSv) é uma unidade de medida para dose de radiação absorvida. Mede o efeito que uma dose de radiação terá nas células do corpo.

nacionais que garantam a segurança e o controle de fontes radioativas em seus países membros.

Os principais documentos, que estabelecem as orientações básicas para o gerenciamento dessas fontes, são o “Código de Conduta para a Segurança e Proteção de Fontes Radioativas” (IAEA, 2004), aprovado pela Junta de Governadores da AIEA, em setembro de 2003, e o “Guia para a Importação e Exportação de Fontes Radioativas” (IAEA, 2012a), aprovado pela mesma Junta, em setembro de 2004. O Código de Conduta oferece aos países membros da Agência as diretrizes para a elaboração e harmonização das políticas, de leis e de regulamentos relacionados à implementação de um sistema seguro de gerência de fontes radioativas. Seu principal objetivo é fornecer, a partir da avaliação da segurança de fontes e ou instalações associadas, meios de segurança para deter, detectar e atrasar, o acesso não autorizado, o roubo, a perda, o uso ou a remoção não autorizada de fontes.

As lições aprendidas nos primeiros anos de aplicação dessas orientações apontaram que a utilização ampla e efetiva do Código de Conduta depende diretamente da aproximação das relações internacionais entre países importadores e exportadores de fontes. No entanto, a exigência de informações entre Estados tem caráter diplomático. Por isso, o atendimento das recomendações apresentadas no Código de Conduta depende, em parte, do estabelecimento de acordos internacionais que permitam o controle efetivo da movimentação das fontes entre países.

Por esse motivo, o conjunto de procedimentos desenvolvidos e praticados atualmente pelo Brasil no controle da importação e exportação de fontes, e mais especificamente, o caso analisado, que é o “estabelecimento de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque”, estão associados a acordos de cooperação bilaterais.

Os primeiros acordos estabelecidos pelo Brasil nessa área foram com o Canadá, Estados Unidos e Argentina, e envolveram diversas negociações e a harmonização de procedimentos entre países, que permitiram o compartilhamento de informações e o aprimoramento dos procedimentos utilizados pelo Brasil no controle da movimentação de fontes radioativas.

As informações obtidas na coleta de dados sobre este caso são apresentadas de forma detalhada no **Apêndice B** - Informações coletadas no estudo de caso B: Estabelecimento de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque (Consulta mútua).

### 5.2.3 Caso C – Indústria de reciclagem

O terceiro caso analisado está relacionado aos procedimentos adotados pelo Brasil para o controle de fontes radioativas órfãs<sup>27</sup> e outros materiais radioativos em sucatas.

A indústria de reciclagem tem crescido consideravelmente, se tornando uma importante atividade industrial, no Brasil e no mundo. É uma atividade relevante do ponto de vista social e ambiental, pois está associada à economia de energia e de recursos naturais. No entanto, nos últimos anos, no mundo, acidentes envolvendo fontes órfãs e outros materiais radioativos nas indústrias de reciclagem e de produção de metal resultaram em acidentes radiológicos graves, bem como em impactos ambientais, sociais e econômicos nocivos.

Em grande parte desses acidentes, as fontes radioativas órfãs, ou outros materiais radioativos, foram confundidos com sucatas de metal destinadas à reciclagem. Suas consequências foram graves no que diz respeito à proteção das pessoas e do ambiente contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes. Alguns deles estiveram associados à manipulação inadvertida de fontes abandonadas, ou ao derretimento de uma fonte órfã e a sua mistura com outras sucatas de metal, por derretimento ou por sua ruptura, o que resultou na fabricação de metais e resíduos reciclados contaminados. Se o material contaminado não for detectado na instalação de reciclagem e de produção de metal, radionuclídeos podem se incorporar a vários produtos acabados, submetendo os usuários desses produtos à exposição de radiação.

As situações apresentadas apontam para a necessidade de implementação de iniciativas associadas à prevenção da ocorrência de acidentes vinculados à indústria de reciclagem, bem como para a necessidade de implementação de estruturas e métodos para resposta a acidentes e mitigação de suas consequências.

No Brasil, esse esforço está representado pelo desenvolvimento e implantação de uma sistemática para o controle radiológico na indústria de reciclagem. Esses procedimentos foram baseados principalmente no documento “Estratégia para a prevenção, detecção e resposta à presença inadvertida de material radioativo na indústria de reciclagem de metais e outros processos associados” (FORO, 2011) desenvolvido no âmbito do Fórum Ibero-Americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares - FORO<sup>28</sup> e no Guia de Segurança “Controle de Fontes Órfãs e de Outros Materiais Radioativos na Indústria de Reciclagem de

---

<sup>27</sup> Fontes radioativas que não estão submetidas a controle regulatório, ou por que nunca tiveram submetidas a esse controle, ou por terem sido abandonadas, perdidas, extraviadas, roubadas ou transferidas sem a devida autorização (IAEA, 2004).

<sup>28</sup> Fórum Ibero-Americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares - FORO  
<<http://www.foroiberam.org>>

Metal e de Produção Industrial”<sup>29</sup>, desenvolvido no âmbito da AIEA. Os dois documentos contaram com a participação ativa do Brasil na sua elaboração.

As informações obtidas na coleta de dados sobre este caso são apresentadas de forma detalhada no **Apêndice C** - Informações coletadas no estudo de caso C: Estabelecimento de novos procedimentos para o controle de fontes radioativas órfãs e de materiais radioativos na indústria de reciclagem (Indústria de reciclagem).

#### 5.2.4 Caso D – Instalações com cíclotrons

A quarta inovação considerada na pesquisa está relacionada à área licenciamento de instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons.

Em 2006, foi alterada, no Brasil, a legislação sobre o assunto, resultando na quebra do monopólio estatal para a produção de radioisótopos com meia vida inferior a duas horas. Tal medida provocou um aumento expressivo no número de instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons. Atualmente existem 13 instalações desse tipo operando no País e mais 4 em processo de licenciamento.

O aumento do número de instalações com cíclotrons tem um impacto significativo no desenvolvimento da medicina nuclear no País, permitindo, por exemplo, o aumento do número de procedimentos relacionados a tomografias por emissão de pósitrons, que representa atualmente uma das técnicas mais eficazes de diagnóstico por imagens. No entanto, a operação desses cíclotrons está associada à emissão de altas taxas de doses de radiação. O mesmo ocorre com o processo de produção de radiofármacos utilizados nesses equipamentos, onde também são geradas altas taxas de doses associadas às fontes abertas de radiação. Por esses motivos, foi identificada a necessidade de desenvolvimento de um guia para autorização e inspeção das instalações com cíclotrons, estabelecendo uma série de procedimentos que visam garantir que as doses ocupacionais recebidas pelos operadores, bem como as doses recebidas pelos pacientes, estejam de acordo com o princípio ALARA<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> “Control of Orphan Sources and Other Radioactive Material in the Metal Recycling and Production Industries” (IAEA, 2012b)

<sup>30</sup> ALARA é um acrônimo para a expressão “As Low As Reasonably Achievable” (tão baixo quanto razoavelmente exequível). É um princípio de segurança de radiação utilizado como base para orientar todas as etapas do uso médico de radiação, os projetos de instalações dos equipamentos de irradiação e os procedimentos de proteção. O conceito impõe limites restritivos de dose ocupacional, garantindo um fator de segurança reforçada para os já considerados níveis seguros de doses anuais de radiação recebidas.

As informações obtidas na coleta de dados sobre este caso são apresentadas de forma detalhada no **Apêndice D** - Informações coletadas no estudo de caso D: Aplicação de guia para o licenciamento de instalações com Cíclotrons (Instalações com cíclotrons).

#### 5.2.5 Quadro resumo dos casos considerados na pesquisa

As seções anteriores apresentaram informações de cada caso de forma isolada. Nos apêndices da tese, foram detalhados os processos associados ao desenvolvimento das inovações identificadas pelos entrevistados. A próxima etapa do presente trabalho envolve a discussão desses casos. Eles serão analisados e discutidos de forma consolidada, abordando seus aspectos comuns em relação aos tópicos de interesse da pesquisa. Dessa forma, com base nos objetivos e questões de pesquisa, bem como no aporte teórico apresentado no Capítulo 3, a estrutura de apresentação da análise dos casos está segmentada pelos processos de informação e conhecimento preconizados pela pesquisa, ou seja, dos aspectos associados à aprendizagem, desenvolvimento e difusão de inovações.

Com a finalidade de fornecer uma visão geral dos casos, e facilitar a consulta rápida às características dos processos analisados, é apresentada no Quadro 7 uma síntese das informações obtidas nas entrevistas e documentos fornecidos pelos profissionais envolvidos como o desenvolvimento das inovações que constituem o estudo de caso da tese.

Quadro 7 – Síntese das informações obtidas na coleta de dados

| Atividade                                                               | Inovação                                                                                                                                                                                             | Motivação / Problema                                                                                                                                                                                           | Fontes de Informação e Conhecimento                                                                                                                                                                              | Processos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Mecanismos de suporte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Avaliações de segurança em instalações que manipulam fontes de radiação | <b>Caso A</b> - Estabelecimento de novos procedimentos de controle associados ao limite da dose ocupacional para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos                      | Aumento do número de casos de catarata em profissionais expostos a radiações ionizantes.                                                                                                                       | UNSCEAR, ICRP e peritos dos países membros da AIEA.                                                                                                                                                              | Identificação e consolidação de estudos que apontavam o problema (UNSCEAR), avaliação do problema e elaboração de recomendações por grupo de peritos (ICRP), avaliação, estabelecimento e disseminação de novos requisitos de segurança na área, bem como dos procedimentos associados à sua implementação (AIEA), incorporação dos novos requisitos ao controle de atividades que envolvam o uso de radiações ionizantes no País (Órgão Regulador Brasileiro).                                                                                                                                                                                                                                           | Eventos e iniciativas associadas à discussão e criação de consenso conduzidas pelo ICRP e pela AIEA; padrões de segurança fornecidos pela AIEA; e TIC.                                                                                                                                                                                                                    |
| Controle de importação, exportação e distribuição de fontes radioativas | <b>Caso B</b> - Estabelecimento de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque | Acidentes radiológicos decorrentes de falhas de segurança, bem como a preocupação mundial com o tráfico ilícito de materiais nucleares e radioativos (ameaças associadas à proliferação nuclear e terrorismo). | Padrões de segurança estabelecidos pela AIEA; peritos dos países membros da AIEA que participaram da elaboração do Código de Conduta e do Guia sobre o assunto; e peritos do Canadá, Estados Unidos e Argentina. | Avaliação do problema, discussão e elaboração de recomendações e documentos de referência (AIEA); compartilhamento de experiência e lições aprendidas entre estados membros da AIEA; processos de compartilhamento de experiências e negociações para a harmonização de procedimentos entre o Brasil e os Estados Unidos, Canadá e Argentina; adoção de novos procedimentos associados ao controle da importação e exportação de fontes radioativas (Órgão Regulador Brasileiro).                                                                                                                                                                                                                         | Eventos dedicados ao compartilhamento de experiências, lições aprendidas, sucessos e desafios associados ao controle e movimentação de fontes radioativas (AIEA); reuniões e conferências para a discussão e criação de consenso sobre o tema (AIEA); padrões de segurança estabelecidos e disseminados pela AIEA; acordos bilaterais de cooperação firmados pelo Brasil. |
| Preparação e resposta a emergências radiológicas                        | <b>Caso C</b> - Estabelecimento de novos procedimentos para o controle de fontes radioativas órfãs e de materiais radioativos na indústria de reciclagem                                             | Acidentes radiológicos envolvendo fontes órfãs e outros materiais radioativos nas indústrias de reciclagem e de produção de metal.                                                                             | Padrões de segurança estabelecidos pela AIEA; guia desenvolvido pela Espanha; peritos do FORO; e peritos dos países que participaram da elaboração do guia internacional da AIEA sobre o tema.                   | Identificação e discussão do problema (Conferência na Espanha, promovida pela AIEA); avaliação do problema, compartilhamento de experiências e de lições aprendidas, discussão e elaboração de recomendações e de documento de referência (FORO); avaliação do problema, compartilhamento de experiências, discussão e elaboração de recomendações internacionais e de documento de referência (AIEA); adoção de novos procedimentos associados ao controle de fontes radioativas órfãs e de materiais radioativos na indústria de reciclagem (Órgão Regulador Brasileiro).                                                                                                                               | Projeto regional formal de cooperação no âmbito do FORO; reuniões envolvendo o compartilhamento de experiências e lições aprendidas e a elaboração de documento com estratégia de atuação (FORO); reuniões, conferências e workshops realizados para a discussão e criação de consenso sobre o tema (AIEA); padrões de segurança estabelecidos e disseminados pela AIEA.  |
| Licenciamento de instalações com fontes radioativas                     | <b>Caso D</b> – Aplicação de guia para o licenciamento de instalações com Ciclotrons                                                                                                                 | Introdução de novas tecnologias associadas a equipamentos cuja operação envolve a emissão de altas taxas de doses de radiação.                                                                                 | Padrões de segurança da AIEA; <i>General Electric Company</i> (EUA); <i>IBA Group</i> (Bélgica); peritos de órgãos reguladores do Canadá, Finlândia, Argentina, Cuba e Uruguai.                                  | Treinamento sobre licenciamento e inspeção de instalações com ciclotrons (AIEA); treinamento nos fabricantes de ciclotrons (GE e IBA); missões para a capacitação de países com programas menos avançados; discussão e elaboração de recomendações e documentos de referência (Brasil, Argentina, Cuba e Uruguai, fomentado pela AIEA); desenvolvimento e fornecimento de treinamento sobre o tema para países da América Latina (AIEA); discussão e elaboração de recomendações e documentos de referência (grupo de trabalho – Brasil, Finlândia e Canadá, fomentado pela AIEA); adoção de novos procedimentos no País para o licenciamento de instalações com Ciclotrons (Órgão Regulador Brasileiro). | Projeto de cooperação técnica regional (fomentado pela AIEA); reuniões técnicas para a discussão e criação de consenso sobre o tema (AIEA); padrões de segurança estabelecidos e disseminados pela AIEA; e TIC.                                                                                                                                                           |

### 5.3 DISCUSSÃO: ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS DO ESTUDO DE CASO

O objetivo desta seção é examinar o processo de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, com base no aporte teórico apresentado no Capítulo 3 e nas evidências apresentadas no estudo de caso. Esta parte do trabalho envolve, dessa forma, a análise:

- dos principais agentes do sistema de inovação da área,
- das conexões formadas por esses agentes,
- das esferas de interações,
- das estruturas de cooperação,
- dos mecanismos utilizados para a construção de consenso,
- dos dispositivos de comunicação,
- dos mecanismos de aprendizado,
- das formas de apropriação de conhecimento e
- das condições de produção e circulação de informações e conhecimentos.

Considerando que os casos apresentados compartilham similaridades, será adotada nesta seção a discussão dos dados de forma consolidada, seguindo uma estrutura baseada nos processos de informação e conhecimento preconizados pela pesquisa, ou seja, dos aspectos associados à aprendizagem, desenvolvimento e difusão de inovações.

#### 5.3.1 Considerações iniciais

De acordo com Yin (2010, p. 156), uma das atividades mais complexas na abordagem de estudos de caso é a análise de evidências. O autor destaca que existem poucas fórmulas fixas ou roteiros prontos para orientar essa atividade, que depende, portanto, de raciocínio empírico rigoroso, da apresentação suficiente de evidências e a consideração cuidadosa das interpretações alternativas.

Conforme citado no capítulo dedicado à metodologia da pesquisa, a estratégia utilizada para a análise de dados foi a de “contar com proposições teóricas”, que se sustenta na utilização de proposições teóricas como o fio condutor para a análise do estudo de caso. A presente tese assume, nesse caso, que o aporte teórico fornecido pela literatura sobre conhecimento, aprendizagem e inovação, contribui para lançar luz sobre determinados

aspectos do processo de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear. Entretanto, cabe indagar em que medida a literatura é capaz de dar conta de todas as questões relevantes envolvidas no processo de inovação nessa área. Nesse sentido, ao mesmo tempo em que se adotou uma abordagem teórica relevante na área de inovação para analisar a área, a própria literatura é também questionada em sua capacidade de dar explicações suficientes para o entendimento do processo de inovação nesse setor.

Alinhado com a estratégia de análise adotada, o estudo empírico pretende apresentar uma comparação do padrão representado pela consolidação das informações obtidas na coleta de dados, com os padrões estabelecidos no aporte teórico fornecido no Capítulo 3.

É importante observar que a combinação desses padrões envolve algum grau de subjetividade, pois está fortemente associada às interpretações desenvolvidas pelo pesquisador. Baixos níveis de precisão nesse tipo de análise podem admitir alguma flexibilidade interpretativa, permitindo, por exemplo, que as interpretações do pesquisador sejam excessivamente restritivas, ao decidir que os padrões não correspondem, ou excessivamente tolerantes, ao destacar que o padrão foi combinado (YIN, 2010, p. 169).

No entanto, neste trabalho, a adoção de mais de um caso potencializa a capacidade de se entender especificidades contextuais das inovações investigadas. Além disso, a combinação desses casos contribui para minimizar a imprecisão das análises desenvolvidas, evitando, de alguma forma, a postulação de padrões empíricos baseados em evidências inconsistentes ou de baixa qualidade.

Outra observação que merece ser destacada é que o presente trabalho cita, de forma recorrente, processos de transferência de conhecimento entre organizações, comunidades e territórios. Nesse ponto, é importante esclarecer que, com base nos conceitos de informação e conhecimento apresentados no aporte teórico, pode parecer um equívoco tratar da geração, transferência e apropriação de conhecimento nas redes de cooperação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, que é um dos temas centrais da tese, uma vez que esses são processos associados a elementos cognitivos individuais.

No entanto, Issberner (2007, p.3) esclarece que na realização de estudos sobre processos associados à geração e transferência de conhecimento em espaços sociais, como redes, comunidades e territórios, a noção de conhecimento organizacional ou territorial pode ser entendida como uma metáfora, em que transferimos o significado daquilo que acontece no plano individual para uma dimensão social, como uma rede, uma organização ou um território.

Existe, ainda, uma corrente na literatura que assume que o conhecimento pode pertencer a grupos sociais na forma de práticas de trabalho compartilhadas e rotinas, bem como na forma de perspectivas e pressupostos comuns (HISLOP, 2009, p. 24). Spender (apud HISLOP, 2009), por exemplo, sustenta que grupos sociais compartilham tanto conhecimentos explícitos, que o autor denomina conhecimento objetivado<sup>31</sup>, como conhecimentos tácitos, representados por conhecimentos coletivos. Para o autor, o conhecimento objetivado pode pertencer a grupos sociais na forma de sistemas de regras documentadas, procedimentos de operação ou rotinas organizacionais formalizadas. Já o conhecimento coletivo, que está associado aos conhecimentos tácitos que determinado grupo social pode possuir, está representado pelas rotinas organizacionais informais e formas de trabalho, narrativas e sistemas de compreensão compartilhados pelo grupo.

### 5.3.2 Antecedentes

Os quatro casos apresentados são referentes a inovações desenvolvidas com base em relações interorganizacionais estabelecidas entre o órgão regulador brasileiro e diversas outras instâncias, representadas por órgãos reguladores de vários países e organizações internacionais. Isto sugere que a compreensão efetiva das características dos processos de criação de conhecimento, da difusão de inovações e de apropriação desses conhecimentos, envolve uma abordagem que vai além da perspectiva institucional. Esse aspecto atesta a aderência da análise das evidências no contexto da noção de sistemas setoriais de inovação (MALERBA, 2002), representado por uma formação social onde informações e conhecimentos são gerados, organizados e transferidos.

Cada setor apresenta especificidades próprias relacionadas a fatores institucionais, estrutura, interações e mecanismos de acesso ao conhecimento. O regime de informação de determinada formação social está associado, por exemplo, às condições culturais, políticas e econômicas próprias (GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2012). Dessa forma, o modo de circulação de informação e conhecimento vigente na área investigada está vinculado a essas condições, que foram estabelecidas ao longo do tempo sob influência de uma série de acontecimentos que ajudam a explicar, em parte, a dinâmica de compartilhamento de conhecimentos observada no estudo de caso.

---

<sup>31</sup> *objectified*

No setor nuclear, as práticas informacionais foram fortemente influenciadas por uma série de eventos que ocorreram após a descoberta da fissão nuclear em cadeia, que levou à fabricação das primeiras bombas atômicas pelos Estados Unidos e às explosões das primeiras bombas atômicas, pela antiga União Soviética, em 1949, e pela Inglaterra, em 1952.

O receio da ocorrência de um aumento no número de países nuclearmente armados, a pressão da indústria americana para participar do mercado de construção de geradores de energia elétrica e outros interesses comerciais, acarretaram em pressões políticas empreendidas para inibir certas atividades ou projetos por parte de outros países que ainda não dominavam a tecnologia nuclear, levantando barreiras tecnológicas, como a negativa de exportar materiais ou equipamentos essenciais para o desenvolvimento de atividades ou projetos na área nuclear.

Em 1953, o governo americano resolveu mudar sua política de considerar como secretas todas as atividades desenvolvidas sobre esse tema, bem como os trabalhos resultantes destas. Naquele ano, o Presidente Eisenhower lançou o programa “Átomos para a Paz”, que previa a transferência de conhecimento, dados e materiais relativos aos usos pacíficos da energia nuclear, mediante acordos de cooperação com o país recebedor, ficando os Estados Unidos com o direito de verificar se os bens transferidos estavam sendo usados exclusivamente para esses fins.

Ao longo dos anos, foi continuamente intensificado o compartilhamento de conhecimentos e a utilização de redes de cooperação na área, vinculados ao desenvolvimento e à transferência de tecnologias associadas exclusivamente à utilização da energia nuclear para fins pacíficos, na maioria das vezes, pautados por tratados e acordos entre partes.

Além disso, alguns dispositivos têm contribuído para o fortalecimento do compartilhamento de conhecimento na área. Um exemplo disso é a declaração dos objetivos e princípios de projeto e operação segura de usinas nucleares, formulada pelo *International Nuclear Safety Advisory Group* (INSAG). O princípio básico de segurança referente à experiência operacional e às pesquisas na área de proteção radiológica destaca que "as organizações devem garantir que os resultados da pesquisa relacionadas à segurança, bem como as informações relativas à experiência operacional, sejam trocadas, analisadas e revistas, e que as lições sejam aprendidas e incorporadas" (INSAG, 1999, p. 32).

A ideia é que os operadores de usinas nucleares promovam de forma sistematizada a coleta e interpretação de informações associadas à sua experiência operacional, permitindo que as causas de acidentes sejam analisadas e que eventos que possam ser considerados precursores de acidentes sejam identificados, considerando que isso pode facilitar a

implementação de ações que evitem que os eventos se repitam. O objetivo é que cada organização aprenda com a própria experiência e com a experiência de outras organizações.

No que se refere à segurança das centrais nucleares e instalações do ciclo do combustível, visando à mobilização, aprendizado e a capacitação dos profissionais que atuam na área, a AIEA utiliza continuamente uma série de métodos para a análise e revisão de práticas de segurança, incluindo a revisão por pares, prevista em iniciativas como o *Operational Safety Review Team* (OSART) e a *Safety Evaluation of Fuel Cycle Facilities During Operation* (SEDO) (IAEA, 2014).

Essas verificações são realizadas por grupos de peritos de usinas nucleares, de reatores de pesquisa e do ciclo do combustível nuclear do mundo inteiro. Eles visitam instalações nucleares com o objetivo de verificar as práticas de segurança utilizadas. Dessa forma, as instalações nucleares que optam por participar dessas revisões beneficiam-se diretamente da experiência coletiva de seus pares. Com base em suas experiências no campo, as práticas, as recomendações da AIEA e os padrões de segurança são continuamente analisados, revistos e incorporados à base regulatória das organizações do setor nuclear.

Os casos analisados na pesquisa, apesar de não estarem inseridos no contexto de instalações nucleares, mas sim de instalações radiativas, apresentam uma dinâmica de produção, circulação e apropriação da informação e do conhecimento muito similar aos exemplos apresentados, uma vez que todos os casos estão associados a iniciativas e eventos voltados ao fortalecimento do compartilhamento de experiências e de lições aprendidas sobre práticas específicas.

### 5.3.3 Produção de conhecimento

Conforme estabelecido nos aspectos metodológicos da pesquisa, os procedimentos priorizados para a discussão da dinâmica de inovação da área estão relacionados principalmente à avaliação da comparação dos dados empíricos obtidos no estudo de caso com as explicações encontradas na literatura.

Com relação à produção de conhecimento novo, o aporte teórico apresentado destaca que esse processo é favorecido pelo esforço compartilhado entre pares, incluindo os situados em contextos nacionais e internacionais, mostrando a importância de ações colaborativas e iniciativas conjuntas para a solução de questões e problemas comuns (AMIN; ROBERTS, 2008; MACIEL; ALBAGLI, 2010; SANTOS, 2003).

As evidências apresentadas sugerem que as interações e a interdependência entre as diversas instâncias envolvidas tiveram um papel importante para a produção do conhecimento necessário para o desenvolvimento das inovações. As quatro foram obtidas a partir da realização de atividades conjuntas voltadas a solução de problemas comuns. No caso A (limite de dose), por exemplo, a inovação foi motivada pela identificação do aumento do número de casos de catarata em profissionais expostos a radiações ionizantes; no caso B (consulta mútua), pelo crescente número de acidentes radiológicos decorrentes de falhas de segurança, destacando a necessidade de implementação de sistemas nacionais que garantissem a segurança e o controle de fontes radioativas; no caso C (indústria de reciclagem), pelos acidentes radiológicos envolvendo fontes órfãs e outros materiais radioativos nas indústrias de reciclagem e de produção de metal; e no último caso, o D (instalações com cíclotrons), pela introdução de novas tecnologias associadas à equipamentos cuja operação pode envolver a emissão de altas taxas de doses de radiação, recebidas pelos operadores e pelos pacientes.

Em todos os casos, grande parte do conhecimento necessário para o desenvolvimento das inovações foi obtida a partir das conexões do órgão regulador brasileiro com atores externos, sugerindo que o sucesso no desenvolvimento e implementação de inovações pela organização depende, em grande parte, de sua participação em redes de cooperação.

As evidências apresentadas também sugerem que as inovações na área não ocorrem de forma isolada, são processos coletivos onde as interações certamente têm um papel importante nos processos de produção de conhecimento. Essa característica pode demonstrar que em setores que possuem uma dinâmica de desenvolvimento científico e tecnológico mais intensa, onde as fontes de conhecimento estão amplamente distribuídas, o *locus* da inovação é encontrado em redes de cooperação, e não em organizações isoladas (POWELL; GRODAL, 2005). Esse contexto, de alguma forma, obriga que as atividades inovadoras de uma organização dependam cada vez mais de suas interações com as mais variadas fontes de informação, conhecimento, tecnologias, práticas e procedimentos.

Os quatro casos apresentados estão associados a conhecimentos e tecnologias baseadas em diferentes disciplinas, dificultando que os órgãos reguladores detenham internamente toda a capacitação, habilidade, conhecimento e recursos necessários para o desenvolvimento de inovações significantes. Essa talvez seja a principal motivação para o estabelecimento de relações seletivas que permitam o acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos na área.

Outra característica que merece atenção nesta análise é que os processos de informação e conhecimento observados no desenvolvimento das inovações identificadas estão

fortemente vinculados aos locais de trabalho, às práticas, às pessoas e aos contextos onde ocorre, atestando que o conhecimento é produzido por meio dessas instâncias, não podendo, dessa forma, estar separado das mesmas, conforme assinalado por Hislop (2009). Os casos analisados também atestam os argumentos de Brown e Duguid (2001), que sustentam que é a prática que cria o substrato comum das redes de conhecimento, reconhecendo, ainda, que a prática habilita a circulação de conhecimento nas mesmas, sendo, dessa forma, a principal responsável pela sua existência.

#### **5.3.4 Aprendizagem**

Nesta subseção são analisadas basicamente as formas como o conhecimento necessário para o desenvolvimento e implementação das inovações identificadas foi transferido e adquirido pelos profissionais do órgão regulador brasileiro, bem como os fatores que influenciaram a aquisição desses conhecimentos.

##### **5.3.4.1 A aprendizagem como um processo interativo**

O aporte teórico utilizado para analisar o estudo de caso enfatiza a aprendizagem como um processo interativo que envolve a construção de competências. Assim, está fortemente vinculada à capacidade de explorar conhecimentos externos e absorvê-los, dependendo, dessa forma, da habilidade de indivíduos em reconhecer, assimilar e aplicar novos conhecimentos nas atividades da organização.

Nesse contexto, o aprendizado pode ser visto como ponto de partida e a força indutora do processo de inovação da área, fornecendo o embasamento necessário tanto para o desenvolvimento, como para a difusão e adoção das inovações representadas pelas melhorias dos padrões de segurança utilizados nas atividades e instalações nucleares e radiativas.

Lastres e Ferraz (1999) identificam que os processos de aprendizagem, em suas várias instâncias, são os responsáveis pela acumulação dos conhecimentos que sustentam os avanços científicos, técnicos e organizacionais que viabilizam o desenvolvimento e a implementação de inovações. Grande parte desse conhecimento pode estar codificado em vários formatos informacionais.

No caso das inovações analisadas, todas utilizaram como fonte de conhecimento os padrões de segurança estabelecidos para o setor nuclear, desenvolvidos no âmbito da AIEA. Esses padrões representam a codificação da experiência internacional na área, e procuram

estabelecer e transmitir os requisitos de segurança que devem ser cumpridos para garantir a proteção das pessoas, das instalações e do meio ambiente. Além dos padrões, são vários os documentos, representados pelos relatórios técnicos e guias, que fornecem recomendações e orientações sobre como cumprir esses requisitos, apresentando lições aprendidas e boas práticas internacionais. Esses documentos refletem um consenso internacional sobre o que constitui um elevado nível de segurança.

No entanto, as evidências apresentadas sugerem que o conhecimento codificado desenvolvido na área de proteção radiológica e segurança nuclear, embora certamente útil, só conseguiu prestar assistência parcial para o desenvolvimento e implementação das inovações. Grande parte dos esforços associados ao estudo de caso envolveu principalmente o intercâmbio de experiências na área, a partir da participação de profissionais do órgão regulador brasileiro em projetos de cooperação técnica, eventos, acordos de cooperação e reuniões técnicas para a discussão e criação de consenso sobre temas específicos.

Nesse ponto, é importante destacar que a regulação das atividades que envolvem a utilização de radiações ionizantes é uma responsabilidade nacional. Nenhum país tem a obrigação de cumprir exatamente o que cada um desses padrões internacionais estabelece. Os compromissos assumidos por países estão associados, no entanto, ao cumprimento de convenções, tratados e acordos estabelecidos internacionalmente, que são observados de acordo com as capacidades, recursos e características de cada país. A função dos padrões de segurança, nesse caso, é exatamente a de fornecer suporte para que possam cumprir suas obrigações internacionais, fornecendo uma base para apoiar efetivamente a implementação de infraestruturas nacionais de proteção radiológica e segurança nuclear consistentes. Dessa forma, o objetivo desses padrões é simplesmente o de fornecer uma estrutura robusta de princípios fundamentais, requisitos e guias de segurança úteis para a garantia do uso seguro das radiações ionizantes.

Em maior ou menor intensidade, esses padrões precisam ser adaptados às especificidades do país e incorporados a instrumentos legais que vão estabelecer a sua obrigatoriedade. O cumprimento dos requisitos de segurança está, dessa forma, associado à habilidade do órgão regulador em realizar essa adequação, bem como na sua capacidade de fiscalizar e controlar determinada atividade tomando como referência esses requisitos.

Em todos os casos analisados houve a necessidade, em maior ou menor escala, de adequação de requisitos de segurança estabelecidos internacionalmente às especificidades das atividades reguladas e da estrutura regulatória brasileira. Essa adequação exigiu um elevado nível de entendimento dos problemas vinculados a cada uma das inovações. O fato dessas

inovações terem sido implementadas com sucesso no País atesta, dessa forma, que foram desenvolvidas novas competências no âmbito do órgão regulador brasileiro.

As evidências apresentadas, principalmente as associadas aos mecanismos de suporte, sugerem que grande parte do conhecimento necessário para o desenvolvimento das inovações foi obtido a partir das interações entre peritos brasileiros e peritos de órgãos reguladores de outros países. Nesse caso, os eventos relacionados ao compartilhamento de experiências, lições aprendidas, estabelecimento de consensos sobre temas específicos e elaboração de documentos de forma colaborativa permitiram, de alguma forma, a apropriação de novos conhecimentos pelo órgão regulador brasileiro, sem os quais, não seria possível o desenvolvimento e implementação das inovações no País.

Isso sugere que a transferência de conhecimento é, de fato, favorecida pela articulação entre agentes com algum grau de conhecimento em comum estabelecidos pela prática, fazendo inferências e construindo significado, conforme sustentado por Kogut e Zander (1992) e Hislop (2009).

As evidências também apontam que a capacidade inovativa do órgão regulador está relacionada à sua habilidade de reconhecer novas ideias, bem como de integrar novos conhecimentos e de testá-los em novas situações e contextos. Os casos analisados demonstraram essa capacidade nas iniciativas empreendidas para a adequação dos padrões de segurança ao contexto nacional. A adequação dos procedimentos nacionais de controle (caso A – limite de dose), a harmonização de procedimentos associada aos acordos de cooperação bilaterais firmados pelo Brasil (caso B – consulta mútua), o estabelecimento de novos procedimentos para o controle de fontes órfãs e materiais radioativos na indústria de reciclagem (caso C – indústria de reciclagem) e o desenvolvimento e a aplicação de guia para o licenciamento de instalações com cíclotrons (caso D – instalações com cíclotrons), demonstram, dessa forma, em maior ou menor intensidade, que o órgão regulador brasileiro teve habilidade, nos casos analisados, em identificar, avaliar, assimilar e aplicar novos conhecimentos. Essa habilidade diz respeito à “capacidade absorptiva” da organização (COHEN; LEVINTHAL, 1990), que sustenta que os conhecimentos acumulados previamente influenciam a adoção de novas ideias e novos conhecimentos.

Ainda com relação ao processo de transferência de conhecimentos, as evidências apresentadas no estudo de caso demonstram que o tipo de aprendizagem predominante na área foi o “*learning by interacting*” (LUNDVALL, 1988), que é caracterizado por um aprendizado em conjunto, a partir de laços de cooperação que se estabelecem entre as partes envolvidas com o processo de aprendizagem. Nos casos C (indústria de reciclagem) e D (instalações com

cíclotrons), por exemplo, peritos brasileiros atuaram de forma ativa, interagindo com outros atores em iniciativas voltadas a construção de significado e codificação da experiência internacional sobre temas específicos. Além disso, em todos os casos, as reuniões de consenso envolveram a legitimação de conhecimento novo a partir de processos sociais colaborativos de negociação e de disputa de significados, atestando que o conhecimento, nos casos analisados, foi construído socialmente nas esferas de interação da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

#### 5.3.4.2 Redes de Cooperação

A atuação em rede é uma característica observada em todos os casos analisados. No entanto, foram diversas as formas de atuação em rede estabelecidas para a efetivação das relações voltadas ao compartilhamento de conhecimentos e de experiências, bem como para o desenvolvimento e difusão de inovações. As principais ocorreram a partir de interações diretas entre indivíduos, promovidas por projetos e acordos de cooperação e pela participação de peritos brasileiros em reuniões e eventos internacionais, e também a partir de interações apoiadas pelas tecnologias de informação e comunicação (TIC).

As redes de cooperação definidas e estabelecidas formalmente, que possuem uma estrutura própria de operação e com objetivos previamente definidos, são mais evidentes nas descrições dos casos analisados. No entanto, o presente estudo assume que as redes informais são um desdobramento das interações empreendidas a partir da atuação nas redes de cooperação formais. No caso D (instalações com cíclotrons), por exemplo, um dos entrevistados relatou a manutenção de contatos frequentes com peritos dos órgãos reguladores da Bélgica e do Canadá, envolvendo a troca constante de conhecimentos dentro de suas áreas de atuação, após a participação destes nas redes de cooperação formais estabelecidas no setor.

As evidências apresentadas sugerem que a participação do órgão regulador brasileiro nessas redes de cooperação permitiu o acesso a frentes amplas de informação e também a possibilidade de aperfeiçoamento de seus processos de produção de conhecimento relacionado ao contexto nacional de regulação. Demonstram, ainda, algumas características dessas redes e a sua possível contribuição à complementaridade de conhecimentos necessários aos processos de inovação do órgão regulador.

Os quatro casos analisados estão relacionados a redes constituídas para a discussão, estabelecimento e implementação de medidas e criação de dispositivos associados a soluções de problemas comuns. No entanto, mesmo após o desenvolvimento e estabelecimento dos

requisitos de segurança considerados os mais adequados para tratar cada um dos problemas, continuaram as discussões em torno desses temas. As redes de cooperação foram mantidas com base em eventos periódicos, úteis para a avaliação dos avanços observados na implementação das medidas formuladas e para a discussão das lições aprendidas e da experiência obtida pelos países sobre o tema. Isso sugere que as redes, para serem eficientes, não devem ser vistas como uma série de transações discretas, com início, meio e fim.

O fato de o Brasil ter tido habilidade em adequar os requisitos de segurança ao contexto nacional, bem como a sua participação ativa na produção de conhecimento para os padrões internacionais nos casos C (indústria de reciclagem) e D (instalações com cíclotrons), no segundo caso, apoiando outros países da América Latina na implementação de seus programas de licenciamento de instalações com Cíclotrons, permite a obtenção de mais algumas evidências referentes às redes de cooperação. A primeira, sustentada por Mowery e Rosenberg (1989), é que as capacidades internas e a colaboração externa são complementares, e não são capazes de substituir uma a outra. Ou seja, a participação em redes de cooperação não é apenas um mecanismo para compensar a falta de capacidades internas. Nos casos analisados, a participação do Brasil nessas redes foi útil principalmente como uma forma de desenvolver e fortalecer as competências internas da organização. Uma segunda evidência está associada ao fato de que a participação do órgão regulador nas redes de cooperação favoreceu o desenvolvimento de sua capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990), ou seja, ampliou a sua capacidade de identificar, avaliar, assimilar e aplicar novos conhecimentos.

Com relação aos vínculos constituídos nas redes de cooperação analisadas, é possível observar que são estabelecidos em torno de um interesse comum, que é a solução de problemas específicos na área de proteção radiológica e segurança nuclear. Tal observação está alinhada com a afirmativa de Amin e Roberts (2008), quando destacam que os vínculos dentro de comunidades epistêmicas tendem a ser estruturados de forma mais intensa quando estão associados a projetos comuns ou a cooperações orientadas a solução de problemas comuns. Tanto a afirmativa dos autores, quanto as evidências apresentadas no estudo de caso, sugerem, mais uma vez, que é a prática que habilita a circulação de conhecimento nas redes de cooperação estabelecidas na área.

Finalmente, é interessante observar que as redes de cooperação estabelecidas para a discussão e solução de problemas comuns são geridas por terceiras partes. Nos casos

analisados, foi possível identificar que o UNSCEAR<sup>32</sup>, a ICRP<sup>33</sup>, o FORO e a AIEA foram as instâncias responsáveis por viabilizar e facilitar a interação entre seus membros, funcionando como “intermediários do conhecimento”. Eles foram os agentes responsáveis, por exemplo, pela identificação de interesses compartilhados e de fontes de conhecimento relevante, pela gestão das interações que permitiram o compartilhamento de conhecimentos e, eventualmente, o fortalecimento da capacidade absorptiva dos participantes dessas redes, bem como pela construção de novos significados associados às práticas de regulação nuclear e radiológica vigentes no setor. Isso sugere que essas terceiras partes têm forte influência no regime de informação vigente na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Com relação ao modo informacional dominante nessas redes, o sistema social analisado evidencia a importância atribuída à cooperação e ao “agir em conjunto” como principais vias de produção e apropriação de conhecimento. Os dados coletados no estudo de caso demonstram que essa dinâmica de cooperação foi viabilizada principalmente a partir da constituição de redes de cooperação, formais e informais, que favoreceram a produção e a circulação de informações e conhecimento especializado entre os atores que participaram dessas redes. No entanto, é interessante observar que essa dinâmica sempre esteve associada à solução de problemas comuns, tendo como interesse central, os princípios fundamentais e requisitos de proteção radiológica e segurança nuclear.

Essas características representam um desdobramento do regime de informação vigente na formação social analisada, considerando que as suas práticas informacionais estão associadas a um “conjunto mais ou menos estável de redes formais e informais nas quais as informações são geradas, organizadas e transferidas (...), por muitos e diversos meios, canais e organizações” (GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2003, p. 61).

No entanto, é importante considerar que as evidências apresentadas demonstram que a participação nessas redes é limitada por uma série de condicionantes. Por exemplo, foi demonstrado que os membros das redes analisadas possuem algum grau de conhecimento em comum estabelecido pela prática, que é o que permite que eles participem do processo de construção de significados sobre determinado assunto. Os membros dessas redes, adicionalmente, compartilham amplamente as mesmas circunstâncias que estão embutidas na prática que desenvolvem. Nesses casos, conforme demonstrado por Knorr-Cetina (apud

---

<sup>32</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR. Disponível em: <<http://www.unscear.org/>>

<sup>33</sup> International Commission on Radiological Protection – ICRP. Disponível em: <<http://www.icrp.org>>

BROWN; DUGUID, 2001), a comunicação tende a ser favorecida pelo fato de compartilharem a mesma prática, que pode ser vista como um elo entre os seus membros.

As práticas que os agentes sociais compartilham, bem como as suas propriedades comuns e o “agir em conjunto” em questões associadas a essas práticas, dessa forma, legitimam e favorecem o inter-relacionamento entre os atores envolvidos. Esses inter-relacionamentos, por sua vez, constituem o capital social das redes de cooperação analisadas.

Dessa forma, é possível assumir que a comunicação nas redes de cooperação analisadas no estudo de caso é favorecida pelo fato de seus membros compartilharem os mesmos pressupostos, perspectivas e interpretações do mundo ao seu redor, e formas semelhantes de enxergar a articulação desses elementos, de forma que façam sentido. Para Nahapiet e Ghoshal (1998, p. 253), esses fatores, ou seja, o compartilhamento de termos, linguagem, atividade e resultados comuns, facilitam o acesso dos profissionais do órgão regulador brasileiro às pessoas de fora da organização e às suas informações e conhecimentos.

Por outro lado, Albagli e Maciel (2009) explicam que para participar em redes desse tipo é necessário que a organização possua alguns requisitos mínimos, vinculados à sua capacidade de participar ativamente de uma dinâmica ininterrupta de inovação e aprendizado. Nesse sentido, esses mesmos fatores também podem funcionar como barreiras, impedindo que atores que não apresentem esses requisitos participem efetivamente dos processos de informação e conhecimento observados nessas instâncias.

De uma forma geral, com base nas evidências apresentadas no estudo de caso, é possível atestar que a participação do órgão regulador brasileiro nessas redes de cooperação produziu uma série de efeitos. Além de ter contribuído para o fortalecimento da capacidade absorviva do órgão regulador brasileiro, conseguiu expandir as fronteiras da organização, permitindo o seu acesso a uma ampla variedade de informações e conhecimentos externos.

### **5.3.5 Tecnologias de informação e comunicação**

Algumas características dos casos apresentados demonstram a importância de se analisar a influência das tecnologias de informação e comunicação (TIC), tanto nos processos de aprendizagem, quanto nos processos de desenvolvimento e difusão de inovações, que serão discutidos mais adiante.

Com relação aos processos de aprendizagem, a dinâmica de compartilhamento de informações da área enfatiza a importância de codificação da experiência acumulada pelos países na utilização das radiações ionizantes. Mesmo que, em alguns casos, não seja uma

obrigação formal, grande parte dos países assume que é um dever transformar em conhecimento explícito as experiências relacionadas às lições aprendidas, principalmente as associadas a acidentes e a outros eventos que representaram risco em potencial à saúde das pessoas e ao meio ambiente. Além disso, é grande o esforço da área na documentação de conhecimentos relacionados a atividades específicas, como, por exemplo, os guias mencionados nos casos B (consulta mútua), C (indústria de reciclagem) e D (instalações com cíclotrons), bem como os diversos documentos armazenados em bases de dados eletrônicas mantidas pela AIEA, pelo FORO e por diversas outras instâncias e organismos nacionais e internacionais.

No entanto, o acesso rápido a essa ampla variedade de informações e conhecimentos disponíveis, viabilizado pelas TIC, pode trazer algumas implicações. A primeira é que, na maioria das vezes, esses sistemas não possuem mecanismos efetivos de recuperação de informações, que seriam úteis para a identificação de informações relevantes sobre determinado tópico ou questão. A segunda é que a utilidade do conhecimento codificado é limitada. Se por um lado, a difusão das TIC facilita o aumento da quantidade e a transferência de conhecimentos codificados, por outro lado, ela pode ofuscar, de alguma forma, a importância relativa dos conhecimentos tácitos. Além disso, é necessário considerar que o conhecimento codificado representa um material que ainda precisa ser transformado. Nesse caso, de acordo com Foray e Lundvall (1996), o conhecimento tácito é a ferramenta imprescindível para manusear esse material. O simples acesso aos padrões de segurança estabelecidos internacionalmente para o setor nuclear não garante a sua aplicação. Os processos de licenciamento, fiscalização e controle das atividades que envolvem a utilização de radiações ionizantes estão relacionados a procedimentos que envolvem a capacidade de análise crítica do indivíduo, bem como a sua capacidade de julgamento e de tomada de decisão. É nesse ponto que David e Foray (2002) alertam que o campo do acesso à informação pode ser enganador, por fazer acreditar que a oferta de acesso livre à informação codificada seria a resposta a cada problema específico. Dentro desse contexto, no caso de tecnologias sensíveis, como as que envolvem o uso das radiações ionizantes, assumir que a transferência de conhecimento está baseada no modelo transmissor-receptor, a partir de uma transferência direta, pode representar algum risco.

Por outro lado, as evidências apresentadas, em várias situações, demonstram que as TIC contribuíram de forma significativa para a aceleração da produção de novos conhecimentos e para a intensificação do processo de adoção e difusão de inovações. Foram extremamente úteis, por exemplo, como mecanismo de comunicação e colaboração entre

pessoas fisicamente dispersas, permitindo que desenvolvessem e estabelecessem contatos com outros profissionais com conhecimentos relevantes em determinados assuntos.

As TIC também foram úteis para apoiar iniciativas envolvendo um grande número de participantes, que forneceram contribuições para o estabelecimento de padrões de segurança e outros documentos técnicos. Viabilizaram, ainda, os processos de consulta pública, via *Internet*, de alguns documentos citados no estudo de caso, contribuindo para o aprimoramento e para a legitimidade desses documentos.

De uma forma geral, as TIC permitiram uma maior flexibilidade com relação às restrições associadas à proximidade física em várias atividades, bem como a criação de “objetos virtuais”, por exemplo, os citados documentos técnicos elaborados de forma coletiva, permitindo que eles fossem acessados instantaneamente por diversos profissionais, facilitando o trabalho coletivo e a aprendizagem.

As evidências apresentadas no estudo de caso corroboram, dessa forma, o argumento sustentado por Foray (2004, p. 33), que reconhece que “as TIC, particularmente as associadas à categoria específica de tecnologias colaborativas, têm papel fundamental na produção coletiva de conhecimento”.

### 5.3.6 Desenvolvimento de inovações

Conforme estabelecido no aporte teórico, o presente trabalho assume que as inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear estão associadas ao processo pelo qual o órgão regulador brasileiro, na figura de sua força de trabalho, passa a dominar, implementar e utilizar novos procedimentos relacionados à segurança nuclear e radiológica, independente de já estarem sendo utilizados por outros países. Nesse caso, a noção de inovação não precisa estar vinculada a algo inédito no mundo, mas apenas sob o ponto de vista do agente que a está implementando.

No caso das inovações analisadas, a discussão sobre o grau de novidade de cada uma traz poucas contribuições para os resultados pretendidos pelo presente trabalho. O interessante, nesse caso, é considerar que, apesar de terem sido desenvolvidas em âmbito internacional, de forma cooperativa, todas passaram por um processo de adequação ao contexto nacional. Além disso, o simples processo de adoção dessas inovações no Brasil, por si só, já traz uma série de vantagens que merecem ser destacadas. A implementação das quatro inovações analisadas tem influência no sistema de inovação como um todo, uma vez que envolveram um intenso fluxo de conhecimento, com efeitos positivos na capacidade

absortiva do órgão regulador. Nesse caso, o aprendizado obtido pode contribuir para o desenvolvimento de outras inovações. De acordo com Cohen e Levinthal (1990, p. 138), isso ocorre por que os novos conhecimentos adquiridos com esse processo reforçam progressivamente a habilidade da organização em identificar, avaliar, assimilar e aplicar novos conhecimentos, criando um “ciclo positivo de auto reforço” de sua capacidade absorptiva.

Por outro lado, a participação mais ativa do órgão regulador brasileiro no processo de discussão e de desenvolvimento das diretrizes que nortearam o estabelecimento de padrões de segurança internacionais, destacados nos casos C (indústria de reciclagem) e D (instalações com ciclotrons), pode ter um impacto maior no aprimoramento do desempenho inovativo da área no País. A razão disso é explicada por Hansen (1999), quando sugere que a transferência de conhecimento complexo, ou seja, em grande parte tácito e interdependente, está vinculada a interações mais intensas.

As evidências apresentadas também demonstram que o processo de desenvolvimento de inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear é mais bem entendido em um contexto que vai além da perspectiva institucional. São inovações que dizem respeito a um setor como um todo, porém, com impactos diretos nos sistemas nacionais de segurança nuclear e radiológica. A motivação para o desenvolvimento das inovações analisadas, conforme já foi destacado, esteve associada a problemas comuns, e não a problemas localizados e específicos de determinado país. Todos os países envolvidos com o uso das radiações ionizantes, dessa forma, foram as partes interessadas pelo desenvolvimento dessas inovações.

Considerando que os processos de inovação diferem muito de setor para setor e que cada um possui especificidades próprias, é interessante considerar na análise do estudo de caso algumas observações mantidas pela noção de sistemas setoriais de inovação e produção, proposta por Malerba (2002).

Essa abordagem estabelece, por exemplo, os elementos básicos de um sistema setorial<sup>34</sup>, nos quais a atenção da análise deve estar concentrada. Um dos itens que merece especial atenção nesta análise são os “processos de competição e seleção”. Esses processos são utilizados para a redução da heterogeneidade causada pela diversidade de produtos, serviços, tecnologias, organizações, bem como estratégias e demandas.

---

<sup>34</sup> (a) agentes; (b) produtos e serviços; (c) processos de aprendizagem e conhecimento; (d) tecnologias básicas, insumos, demanda e correspondentes links e complementaridades; (e) mecanismos de interação internos e externos; (f) processos de competição e seleção; e (g) instituições (regras e padrões de comportamento) (MALERBA, 2002).

As quatro inovações analisadas foram obtidas a partir da realização de atividades conjuntas voltadas a solução de problemas associados: ao aumento do número de casos de catarata em profissionais ocupacionalmente expostos, aos acidentes radiológicos citados nos casos B (consulta mútua) e C (indústrias de reciclagem) e à introdução de novas tecnologias associadas a equipamentos que operam com altas taxas de doses de radiação.

Considerando que a base de conhecimento vinculada a esses problemas é ampla e diversa, é razoável afirmar que poderiam existir várias tecnologias e formas isoladas de serem abordados por cada país, independente de quão efetivas seriam essas soluções. Dessa forma, é interessante observar que o setor, ao priorizar o “agir em conjunto” para abordar problemas identificados, integrando a competência e a experiência acumulada por diversos agentes e instâncias, contribui para a redução da heterogeneidade causada pela diversidade de possíveis formas de tratar esses problemas.

Nos casos analisados, é possível observar que o UNSCEAR, a ICRP, o FORO e a AIEA, contribuindo para a redução da citada heterogeneidade, exercem papéis centrais na política de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Nesse caso, é interessante observar que políticas de inovação, conforme destacado por Santos (2003, p.32), só se materializam com a existência de estruturas de coordenação e cooperação entre os diversos atores, que favoreçam a definição de lógicas de atuação comuns, complementares e estrategicamente referenciadas.

Outro ponto que merece ser destacado na discussão do processo de desenvolvimento de inovações é o papel desses agentes no estabelecimento da agenda da política de inovação da área de segurança nuclear. De acordo com Kingdon (2006, p. 3), agenda é representada por uma lista de temas ou problemas que recebem considerável atenção pelas partes interessadas pelos resultados e impactos relacionados à implementação da política, em um determinado momento.

No entanto, é importante considerar que esses agentes (UNSCEAR, ICRP, FORO e AIEA), não definem os temas que constituem a agenda da política de inovação do setor. Por outro lado, as evidências apresentadas no estudo de caso demonstraram que esses foram os agentes responsáveis pela intermediação das discussões e das reuniões que viabilizam a identificação de interesses compartilhados. Foi nessas instâncias que diversos países, devidamente representados por suas autoridades regulatórias, definiram que os quatro casos analisados receberiam uma atenção especial, os definindo como temas prioritários e estabelecendo, dessa forma, a agenda da política de inovação da área.

### 5.3.7 Difusão de inovações

Conforme apresentado no aporte teórico da pesquisa, o termo difusão é geralmente utilizado para descrever o processo pelo qual indivíduos e organizações adotam uma inovação (HALL, 2006). A difusão é considerada parte integrante do processo de inovação (LUNDVALL, 1988), e tem suas características vinculadas ao ambiente onde estas inovações são implementadas (LEGEY, 1988).

As informações obtidas no estudo de caso demonstram que a melhoria da segurança no uso das radiações ionizantes diz respeito ao processo de difusão de novos dispositivos. Demonstram ainda que, apesar de grande parte do conhecimento codificado, relacionado a como realizar esses aprimoramentos, estar disponível em bases de informação da área, essa não é uma tarefa simples. A razão disso é que são vários os fatores que podem influenciar o processo de difusão de novos padrões e procedimentos de segurança.

Uma das abordagens úteis para discutir o processo de difusão na área de proteção radiológica e segurança nuclear está associada à taxa de adoção das inovações. Nessa abordagem, é válido considerar um fator que, em parte, tem influência sobre esse aspecto, que é a percepção de risco vinculada aos problemas a que elas estão associadas. No entanto, as informações obtidas na coleta de dados para o estudo de caso não são suficientes para analisar a influência dessa percepção na taxa de adoção das inovações identificadas. Por outro lado, é possível perceber que todas as inovações estavam associadas à redução de risco e incerteza, o que, de alguma forma, as colocaram como temas prioritários na agenda da política de inovação do setor. Embora não seja possível sustentar tal argumento apenas com base nas evidências apresentadas, é provável que esses aspectos tenham acelerado o processo de adoção das inovações analisadas.

Outro aspecto que tem influência no processo de adoção das inovações analisadas é a experiência acumulada pelo órgão regulador brasileiro. De acordo com Cassiolato (1994), limitações sociais do passado afetam a taxa de adoção de inovações.

Nos casos analisados, a adoção das inovações envolveu a adequação de procedimentos de controle relacionados a novos dispositivos de segurança no País, todos com algum grau de complexidade. A implementação dessas inovações, dessa forma, exigiu que os profissionais do órgão regulador possuísem capacidade para a absorção dos conhecimentos associados a esses novos dispositivos, que envolvem a incorporação de novas rotinas e informações

técnicas. Tigre (2006) explica que a solução de problemas na introdução, otimização e adaptação de tecnologias específicas envolve, de fato, o desenvolvimento de novas capacidades cognitivas, influenciado diretamente a difusão de novas tecnologias.

No entanto, foram vários os canais estabelecidos para a interação entre os profissionais da área, operacionalizados a partir de suas redes de cooperação, destacadamente, os eventos associados ao compartilhamento de experiência e lições aprendidas (casos B e C), as iniciativas empreendidas para a criação de consenso (todos os casos) e os projetos e acordos de cooperação (casos B, C e D).

Nesse sentido, é importante destacar que a difusão é um processo social e, ainda, que a comunicação é extremamente facilitada quando esse processo envolve indivíduos que compartilham os mesmos interesses, significados e linguagem, bem como características pessoais e sociais similares (ROGERS, 1995). Com base nesse argumento, as evidências apresentadas no estudo de caso sugerem que o suporte oferecido pelas interações realizadas no âmbito das redes de cooperação da área contribui diretamente para o aumento da taxa de difusão de inovações entre os países que participam dessas interações.

Alguns exemplos relacionados a essa dinâmica são apresentados no caso D (instalações com cíclotrons). Os entrevistados relataram a participação de peritos brasileiros em quatro missões técnicas, no Uruguai e no Equador, que tiveram como objetivos transmitir o conhecimento acumulado pelo Brasil e apoiar a implementação de programas de licenciamento e controle de instalações com cíclotron nesses países. Adicionalmente, foi solicitado ao Brasil, pela AIEA, que fosse realizado um curso sobre esse assunto no País, que contou com a participação de peritos de 21 países da América Latina e Caribe, e tratou de aspectos também associados a licenciamento de instalações com cíclotron. Esses eventos, em maior ou menor escala, tiveram impacto direto na difusão da inovação para outros países da América Latina.

De forma complementar aos tópicos apresentados, é importante considerar que fato de os usuários, no caso, os órgãos reguladores de vários países, participarem do processo de desenvolvimento de inovações contribui para o aumento das taxas de adoção das inovações da área de proteção radiológica e segurança nuclear. Legey (1998) explica que a participação do usuário na concepção de inovações facilita a sua difusão, além de trazer uma série de outras contribuições. Dessa forma, a participação brasileira no processo de desenvolvimento das inovações analisadas permitiu, por exemplo, que o país tivesse alguma influência na concepção de procedimentos de controle e de requisitos de segurança mais adequados ao contexto do País.

Outro fator que, em parte, tem influência sobre a taxa de difusão de inovações na área é a ampla disponibilidade de conhecimento codificado sobre aspectos relacionados à implantação de dispositivos de segurança. Os guias e documentos técnicos desenvolvidos e estabelecidos no âmbito dos organismos internacionais, mesmo que não tenham sido suficientes, foram particularmente importantes na implementação das inovações analisadas, destacadamente no caso A (limite de dose), onde foi observada uma participação mais “tímida” do Brasil nas práticas coletivas voltadas ao intercâmbio de informações e experiências associadas ao desenvolvimento dessa inovação.

Por fim, é importante enfatizar que as inovações analisadas no estudo de caso estão relacionadas a procedimentos desenvolvidos para o atendimento das recomendações estabelecidas em padrões internacionais de segurança. Dizem respeito a iniciativas voltadas à melhoria dos processos de inspeção e controle do uso das radiações ionizantes no País, que são executados exclusivamente pelo órgão regulador brasileiro. No entanto, por consequência, as exigências regulatórias decorrentes da aplicação desses procedimentos geralmente acarretam na necessidade de introdução de novos equipamentos de segurança, novos mecanismos de controle e novos procedimentos de operação, por parte das instâncias reguladas. Essa necessidade, por sua vez, pode estar vinculada ao desenvolvimento de outras inovações no setor, no entanto, no âmbito dos operadores. Nesses casos, por serem caracterizadas como de implementação obrigatória, tais inovações poderiam estar associadas a outros tipos de condicionantes e a taxas de difusão mais elevadas, diretamente influenciadas pelo arcabouço legal estabelecido no País para o controle das atividades que envolvem o uso das radiações ionizantes.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Os resultados obtidos na análise do estudo de caso indicam que a trajetória de inovação da área é caracterizada por processos contínuos de acumulação de conhecimento. Mostram que o estabelecimento de novos procedimentos e padrões de segurança na área ocorre a partir da identificação, estabelecimento e difusão, de forma articulada, de práticas vinculadas à melhoria contínua do licenciamento, controle e fiscalização de atividades relacionadas ao uso das radiações ionizantes, incluindo as instalações, os procedimentos, os equipamentos e o pessoal envolvido com essas atividades.

A investigação realizada também sugere que os dispositivos associados à melhoria dos níveis de segurança são desenvolvidos principalmente a partir do compartilhamento de

experiências, pontos de vista, posições, procedimentos e outros elementos, obtidos com base em investigações, estudos, negociações e consenso. Esse compartilhamento de informações permite, dessa forma, tanto o desenvolvimento quanto o aperfeiçoamento gradativo dos procedimentos e padrões de segurança, que são continuamente reformulados, em função da experiência acumulada pela área.

No entanto, é importante reconhecer que todos os processos que contribuíram para que as inovações analisadas fossem desenvolvidas e implementadas com sucesso pelo órgão regulador brasileiro tiveram contribuições, diretas e indiretas, de agentes intermediários, no caso, o UNSCEAR, a ICRP, o FORO e a AIEA.

Em primeiro lugar, essas instâncias foram responsáveis pela intermediação das discussões que viabilizaram a identificação de problemas comuns, de oportunidades de melhoria e de interesses compartilhados. Foram, ainda, os agentes responsáveis pela identificação das fontes externas de conhecimento relevante dentro das questões associadas a cada um dos casos analisados, além de fornecerem parte do conhecimento codificado necessário para o desenvolvimento das inovações, disponibilizado em suas bases de dados eletrônicas.

Conforme foi demonstrado, o processo de aprendizagem está vinculado a um espaço de interação entre indivíduos e organizações. O estudo também atesta a importância do papel exercido pelos intermediários na concepção desses espaços, uma vez que eles foram os agentes responsáveis pela criação das estruturas de articulação entre os diversos atores, fomentando o estabelecimento e a manutenção de redes de cooperação entre os profissionais da área. Com isso, eles conseguiram facilitar a instituição de lógicas de atuação comuns e complementares e estimular a criação e a manutenção de relevante capital social nas redes analisadas no estudo de caso. Permitiram, dessa forma, a ampliação da capacidade absorptiva dos profissionais e, por consequência, dos órgãos reguladores, principalmente daqueles que participaram ativamente da dinâmica dessas redes.

Além disso, as informações do estudo de caso atestam o relevante papel exercido pelos intermediários nos processos de construção de significado e codificação da experiência internacional sobre temas específicos, bem como na legitimação dos conhecimentos produzidos socialmente nas esferas de interação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, representadas pelas redes de cooperação associadas aos quatro casos investigados.

Finalmente, as evidências apresentadas também demonstram o suporte oferecido por esses agentes nos processos de implementação e de difusão de inovações na área, particularmente na identificação de fontes de conhecimento, sobretudo nos casos onde essas

fontes estão representadas por peritos de países com programas mais avançados, que puderam prestar assistência nesses processos.

A literatura recente da área de inovação tem dedicado um interesse crescente no fenômeno da intermediação das interações e dos processos de transferência de conhecimento. Um foco maior tem sido dado à investigação da influência dos agentes responsáveis por esse fenômeno no processo de inovação, denominados na literatura, de forma ampla, por intermediários.

Uma das razões do interesse pelo assunto está na variedade de possíveis conexões interorganizacionais, que é praticamente ilimitada, resultando em diversos e variados tipos de vínculos. O resultado disso é que algumas dessas conexões podem representar a constituição de um ambiente de atuação extremamente complexo e algumas vezes instável (TEECE, 1996, p. 207). Para Hoppe e Ozdenoren (2005, p. 484), tal complexidade favoreceu o aparecimento do fenômeno da intermediação.

O estudo considerado seminal na literatura que trata especificamente do papel dos intermediários da inovação é de 2006 (HOWELLS, 2006), atribuindo a esses atores um conjunto importante de funções dentro do sistema de inovação como mediadores ou facilitadores do processo de cooperação (HOWELLS, 2006).

Apesar do interesse da área no assunto, ainda é pequeno o número de publicações empíricas relacionadas ao estudo do papel dos intermediários. Os poucos trabalhos que existem são de natureza teórica, onde evidências são apresentadas de forma fragmentada e dispersa (ALHO, 2008, p. 2).

A pesquisa realizada mostra que, para uma compreensão mais precisa da dinâmica de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, é importante focar a investigação no papel exercido pelos intermediários no ambiente de inovação da área. Tal abordagem nem sempre é requerida nos estudos sobre a geração/difusão de inovações, porém, na pesquisa realizada no âmbito desse trabalho, o papel dos intermediários assume uma importância decisiva para o entendimento de todo o processo.

Assim, o capítulo a seguir tem como objetivo examinar o papel dos intermediários nos processos de compartilhamento de conhecimentos, nas formas de aprendizado e na difusão e implementação de inovações, bem como a sua influência na configuração do regime de informação vigente na área.

## **6 O PAPEL DOS INTERMEDIÁRIOS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO**

As evidências apresentadas no capítulo anterior destacam o relevante papel que os agentes encarregados de funções intermediárias desempenharam nos processos vinculados à implementação das inovações analisadas. O estudo de caso mostra que esses agentes foram responsáveis por atividades que envolveram desde o preenchimento de lacunas de informação até a criação de espaços que favoreceram as interações entre indivíduos e organizações, viabilizando, dessa forma, a criação dos novos conhecimentos que possibilitaram o desenvolvimento das referidas inovações.

Tais evidências suscitam o exame mais detalhado do papel exercido pelos intermediários, tanto nos processos de compartilhamento de conhecimentos, quanto nas formas de aprendizado e na difusão e implementação de inovações, bem como na configuração do regime de informação vigente na área de proteção radiológica e segurança nuclear. A ideia aqui é destacar a influência dos intermediários no processo de inovação, mostrando suas funções, objetivos e capacidades, com base em ideias desenvolvidas por alguns autores que têm se dedicado à investigação desses agentes, visando a discussão do estudo de caso, agora com foco nesses agentes, que será posteriormente apresentada neste trabalho.

Assim, expandindo o escopo da pesquisa, o objetivo deste capítulo é mostrar como a literatura apresenta a questão da intermediação nos processos de inovação e, com base nisso, examinar empiricamente a contribuição dos intermediários na implementação das inovações analisadas no estudo de caso.

### **6.1 TERMINOLOGIAS E FUNÇÕES EXERCIDAS PELOS INTERMEDIÁRIOS**

O papel dos agentes investigados nesta seção, tratados aqui de forma genérica pelo termo intermediário, tem sido cada vez mais reconhecida pela literatura que trata dos processos de inovação (STEWART; HYYSALO, 2008; CLARKE; RAMIREZ, 2013; SAPSED; GRANTHAM; DEFILLIPPI, 2007; DALZIEL, 2010).

Um número crescente de estudos apresentam as organizações intermediárias basicamente como “agentes de ligação” e facilitadoras da circulação de informação e conhecimento: empreendendo ações associadas à redução de assimetrias de informações (POPP, 2000); realizando atividades de apoio para a difusão de conhecimentos entre

comunidades (BESSANT; RUSH, 1995; GHERARDI; NICOLINI, 2002; SAPSED; GRANTHAM; DEFILLIPPI, 2007); atuando como “corretores de informação e conhecimento”<sup>35</sup>, fortalecendo os *links* existentes entre comunidades (BURT, 2005; OBSTFELD, 2005); e sendo responsáveis por várias outras funções, assumindo, de fato, um importante papel dentro do processo de inovação.

De acordo com a perspectiva em que hoje são considerados, são vários os termos encontrados na literatura para se referir a esses agentes, que, na maioria das vezes, são descritos como terceiras partes, organizações intermediárias, *bridges*, *brokers*, intermediários da informação e organizações em superestruturas (HOWELLS, 2006). Apesar dessa variedade de termos, de acordo com Stewart e Hyysalo (2008), a palavra “intermediário” tem se tornado um termo estabelecido na literatura de inovação e de estudos organizacionais.

É importante destacar que os estudos envolvendo as diversas nomenclaturas e funções atribuídas aos intermediários não são recentes (ex. BESSANT; RUSH, 1995; HARGADON; SUTTON, 1997; McEVILY; ZAHEER, 1999). O Quadro 8 apresenta uma síntese da revisão bibliográfica sobre intermediação elaborada por Howells (2006). Nele, o autor destaca uma lista de estudos, em ordem cronológica, que abordam o tema e sugerem definições e funções que podem ser exercidas por esses agentes, evidenciadas de forma dispersa na literatura. No entanto, o autor destaca que o levantamento não inclui todos os estudos sobre intermediação em geral, apenas aqueles com foco em inovação e tecnologia.

Quadro 8 – Resumo dos estudos sobre intermediários no processo de inovação

| <b>Termo</b>                                                | <b>Estudo</b>               | <b>Definição / função</b>                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estudos com foco em intermediários como organizações</b> |                             |                                                                                                 |
| Intermediários                                              | WatkinBs; Horley (1986)     | Agências intermediárias que apoiam a transferência de tecnologia para pequenas empresas         |
| Terceiras partes                                            | Mantel; Rosegger (1987)     | Indivíduos ou organizações que intervêm nas decisões de adoção de outras partes                 |
| <i>Brokers</i>                                              | Aldrich; von Glinow (1992)  | Facilitadores da difusão de novas ideias externas para dentro de determinado sistema social     |
| Intermediários                                              | Seaton; Cordey-Hayes (1993) | Examina o papel dos intermediários na exploração de tecnologias                                 |
| Agências intermediárias                                     | Braun (1993)                | Papel na formulação de políticas de P&D                                                         |
| Intermediários                                              | Callon (1994)               | Papel dos intermediários na introdução de mudanças nas redes de ciência e em comunidades locais |

<sup>35</sup> *brokers*

|                                                      |                              |                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Consultores (como promotores de pontes)              | Bessant; Rush (1995)         | Papel dos consultores independentes como construtores de pontes ( <i>bridge builders</i> ) no processo de inovação                                                              |
| Empresas intermediárias                              | Stankiewicz (1995)           | Adaptam soluções disponíveis no mercado às necessidades dos usuários individuais                                                                                                |
| Intermediários                                       | Shoher; Prevezer (1996)      | Organizações públicas e privadas que atuam como agentes de transferência de tecnologia entre provedores e usuários                                                              |
| <i>Bricoleurs</i>                                    | Turpin et al. (1996)         | Agentes que buscam o desenvolvimento de novas aplicações para novas tecnologias, fora do campo onde estas tecnologias foram desenvolvidas                                       |
| Organizações em superestruturas                      | Lynn et al. (1996)           | Organizações que ajudam a facilitar e coordenar o fluxo de informações para as empresas que, de fato, produzem a inovação e suas complementaridades tecnológicas                |
| <i>Brokers</i> de conhecimento                       | Hargadon (1998)              | Agentes que favorecem a inovação a partir da combinação de tecnologias existentes a novas formas de utilização                                                                  |
| Organizações de nível intermediário                  | Van der Meulen; Rip (1998)   | Apoiam a orientação do sistema científico aos objetivos socioeconômicos                                                                                                         |
| Intermediários da inovação                           | Howells (1999b)              | Papel proativo que determinadas empresas de serviço desempenham como intermediários dentro de sistemas de inovação                                                              |
| <i>Brokers</i> tecnológicos                          | Provan; Human (1999)         | Agentes preenchendo lacunas de informação e conhecimento em redes industriais                                                                                                   |
| Instituições regionais                               | McEvily; Zaheer (1999)       | Fornecem “laços substitutos” ( <i>surrogate ties</i> ), funcionando como substitutos funcionais para empresas que não se encontram inseridas em redes                           |
| Organizações de fronteira                            | Guston (1999)                | Papel de organização de fronteira na transferência e na coprodução de tecnologias                                                                                               |
| Organizações de fronteira                            | Cash (2001)                  | Papel de organização de fronteira na transferência de tecnologia                                                                                                                |
| Intermediários do conhecimento                       | Millar; Choi (2003)          | Organizações que avaliam o valor inatingível do conhecimento recebido                                                                                                           |
| <b>Estudos com foco no processo de intermediação</b> |                              |                                                                                                                                                                                 |
| Serviços de consultoria para a inovação              | Pilorget (1993)              | Papel de firmas de consultoria voltado especificamente à promoção da inovação, que envolve uma variedade de atores, incluindo empresas de consultoria e agências intermediárias |
| <i>Broker</i> de tecnologia                          | Hargadon; Sutton (1997)      | É onde uma organização cria continuamente novos produtos, fazendo conexões entre soluções existentes em outros setores ou a partir de outras tecnologias                        |
| Pontes de inovação                                   | Czarnitski; Spielkamp (2000) | Fornecimento de conhecimento ou serviços complementares às firmas                                                                                                               |
| <i>Broker</i> de conhecimento                        | Wolpert (2002)               | Promovem a troca de informações sobre inovações entre organizações                                                                                                              |

Fonte: HOWELLS, 2006, p. 718

O Quadro apresentado sugere que a questão da intermediação nos processos de inovação vem sendo tratada com foco em organizações específicas ou em classes distintas de intermediários. Dalziel (2010, p.3) explica que um dos motivos disso é que poucos estudos

consideravam necessário definir intermediários da inovação como uma classe organizacional particular. Apenas recentemente pesquisadores da área de inovação e de estudos organizacionais começaram a compreender os intermediários como um grupo distinto de organizações.

O estudo reconhecido como pioneiro sobre esses agentes foi desenvolvido por Howells (2006), onde o autor apresenta uma revisão e síntese da literatura sobre o tema e desenvolve uma tipologia e uma estrutura consolidando os diferentes papéis e funções associadas ao processo de intermediação.

Algumas vantagens da compreensão dos intermediários da inovação como uma classe organizacional única são apresentadas por Dalziel (2010). Em primeiro lugar, essa abordagem chama a atenção para funções que vinham sendo frequentemente ignoradas em estudos de sistemas nacionais de inovação (ex. LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993), de sistemas regionais de inovação (ex. COOKE; HEIDENREICH; BRACZYK, 2004) ou de sistemas setoriais de inovação (Ex. MALERBA, 2002). Em segundo lugar, a abordagem de intermediários da inovação como uma classe organizacional única facilita o desenvolvimento teórico do tema. De acordo com Dalziel (2010), vários autores têm argumentado que o motivo da natureza fragmentada da literatura e a natureza não cumulativa dos resultados de investigações se devem, em grande parte, pela falta de teorias sobre intermediários da inovação (ex. HOWELLS, 2006). Para Dalziel (2010), esta é uma das razões, por exemplo, pela qual se sabe tão pouco sobre organizações sem fins lucrativos. De acordo com o autor, é necessário, neste momento, trabalhar com uma população heterogênea, o que requer certo grau de abstração associada às especificidades das organizações investigadas, para que seja possível desenvolver explicações mais gerais, capazes de permitir progressos no desenvolvimento da teoria sobre intermediários.

Esses argumentos, de alguma forma, fortalecem a abordagem de Howells (2006) dentro da literatura da área de inovação, uma vez que vários autores reconhecem o seu trabalho como uma tentativa pioneira de tratar os agentes intermediários de forma consolidada.

Howells (2006, p. 720) define o intermediário como “uma organização ou grupo de profissionais que atuam como agentes em qualquer aspecto do processo de inovação entre duas ou mais partes”<sup>36</sup>. Seguindo a mesma linha de pensamento, Stewart e Hyysalo (2008, p. 296) sustentam que os intermediários da inovação são “atores que criam espaços e

---

<sup>36</sup> “an organization or body that acts as an agent or broker in any aspect of the innovation process between two or more parties”.

oportunidades para a geração e apropriação de produtos tecnológicos ou culturais por aqueles que podem ser considerados desenvolvedores ou usuários”. De forma complementar, com foco nas competências relacionais dos intermediários, Clarke e Ramirez (2011, p. 2) definem organizações intermediárias como instâncias que “promovem e facilitam o fluxo de conhecimento entre duas ou mais partes, contribuindo para o processo de aprendizagem e construção de capacidades entre organizações ou clusters com os quais trabalham”.

As definições apresentadas, dessa forma, sugerem que o termo intermediário está associado a um conjunto de organizações que estão envolvidas em atividades de apoio ao processo de inovação. São organizações que favorecem o desenvolvimento de processos inovativos, identificando potenciais colaboradores, intermediando transações entre duas ou mais partes, mediando interações entre profissionais ou organizações que já estão colaborando e apoiando a obtenção recursos (informações, recursos financeiros e humanos etc.), visando os resultados previstos em tais colaborações; facilitando, dessa forma, a transferência de conhecimento e de novas tecnologias com base na construção de relacionamentos entre agentes, viabilizando processos de negociação entre organizações (HOWELLS, 2006).

Para Stewart e Hyysalo (2008, p. 297), os intermediários da inovação podem ser identificados por seu envolvimento em atividades em que eles coletam, desenvolvem, controlam e disseminam o conhecimento, bem como em atividades onde fornecem suporte para a coleta e distribuição de recursos e, ainda, por seus esforços em mediar aplicações, desenvolvimentos, participações e ações de terceiros em redes de inovação. Para McEvily e Zaheer (1999), esses agentes são responsáveis pelo suporte às organizações que não possuem capacidade de criação de *networking* e estabelecimento de elos.

A diversidade de papéis associados à atuação dos intermediários sugere que esses agentes podem estar representados por vários tipos de organizações. Callon (1994, p. 414), por exemplo, destaca que os intermediários constituem um conjunto abrangente e heterogêneo de entidades. Para o autor, essas entidades são responsáveis pela introdução de mudanças dentro de redes científicas e coletividades locais.

Bessant e Rush (1995), que consideram os intermediários como “pontes para a inovação”, em estudo envolvendo o papel dos consultores enquanto intermediários, identificam que esses agentes exercem basicamente as seguintes funções: (a) articulação de necessidades tecnológicas específicas e seleção de opções mais apropriadas; (b) identificação de necessidades, seleção, treinamento e desenvolvimento de recursos humanos; (c) apoio financeiro (avaliação de investimento e criação de casos de negócios); (d) identificação, desenvolvimento, comunicação e implementação de estratégias de inovação e de negócios; (e)

educação, informação e comunicação sobre novas tecnologias; (f) localização de fontes-chave de novos conhecimentos; (g) construção de vínculos com sistemas externos de conhecimento; (h) gerenciamento de projetos; (i) gerenciamento de recursos externos.

Howells (2006) também consolida os diferentes papéis e funções associadas ao processo de intermediação, definindo dez tipologias que caracterizam a atuação dos intermediários junto às organizações<sup>37</sup>:

- 1. Prospeção e diagnóstico** - envolve atividades de prospecção e previsão tecnológica, estabelecimento de roteiro tecnológico e a articulação de necessidades e requisitos.
- 2. Vigilância tecnológica e processamento de informações** – envolve atividades de “*scanning*” e de inteligência tecnológica, incluindo a identificação e seleção de potenciais parceiros para cooperação.
- 3. Processamento e combinação / recombinação de conhecimento** – suporte na combinação de conhecimento de dois ou mais parceiros, podendo gerar conhecimento técnico a ser combinado com o conhecimento de outras organizações.
- 4. Gatekeeping e brokering** – negociação e realização de acordos e suporte no estabelecimento de contratos, podendo envolver *expertise* de especialistas em propriedade intelectual.
- 5. Testes, validação e treinamento** – envolve atividades associadas ao teste, diagnóstico, análise e acompanhamento de empreendimentos e iniciativas, podendo incluir o desenvolvimento de protótipos ou instalações piloto, bem como o suporte nos aspectos associados à expansão de atividades (incluindo a otimização e validação de processos e o fornecimento de métodos de análise). Envolve ainda atividades de treinamento conjunto no uso de novas tecnologias.
- 6. Acreditação e estabelecimento de padrões** – estabelecimento de especificações ou fornecimento de orientações para o estabelecimento de padrões, podendo incluir atividades de verificação.
- 7. Arbitragem, validação e regulamentação** – envolve atividades de regulação e arbitragem formal e informal entre diferentes grupos, por exemplo, entre consumidores e produtores.

---

<sup>37</sup> Traduzido de Howells (2006, p. 720) – “(1) *Foresight and diagnostics*; (2) *Scanning and information processing*; (3) *Knowledge processing and combination / recombination*; (4) *Gatekeeping and brokering*; (5) *Testing and validation*; (6) *Accreditation*; (7) *Validation and regulation*; (8) *Protecting the results*; (9) *Commercialisation*; and (10) *Evaluation of outcomes*”.

**8. Proteção dos resultados** – suporte na proteção dos resultados da colaboração, fornecendo, por exemplo, atividades de consultoria sobre os direitos de propriedade intelectual e de gestão da propriedade intelectual de clientes.

**9. Comercialização** – diz respeito à exploração dos resultados da inovação, envolvendo atividades de planejamento de marketing, busca de fontes de financiamento, apoio no processo de comercialização, estabelecimento de redes e canais de venda, dentre outras.

**10. Avaliação de resultados** – análise e avaliação de produtos e tecnologia existentes no mercado, incluindo a avaliação do desempenho desses elementos.

Com base na identificação dos papéis e funções exercidas pelos intermediários da inovação, Howells (2006, p. 724) nota que grande parte das discussões e análises sobre intermediários na literatura assume que esses agentes operam a partir de relações com base de “um-para-um-para-um”, de forma vertical. No entanto, o autor sustenta que, em sistemas de inovação distribuídos, os intermediários estão cada vez mais envolvidos em relações mais complexas, envolvendo cooperações do tipo “muitos-para-um-para-um”, “um-para-um-para-muitos”, “muitos-para-um-para-muitos”, e até mesmo “muitos-para-muitos-para-muitos”, caracterizando a existência de relações verticais e horizontais dentro desses sistemas de inovação.

De forma complementar, Clarke e Ramirez (2013) identificam que os intermediários não são meramente agentes passivos preenchendo lacunas de informação e conhecimento, uma vez que são responsáveis por intervenções que podem proporcionar a criação, a priorização e a articulação de significado à prática.

Para sustentar esse ponto de vista, os autores consideram que um ambiente social é criado para o desenvolvimento de práticas comuns (AMIN; ROBERTS, 2008), e que o aprendizado pode emergir a partir do processo de transferência de conhecimento pelas interações realizadas entre atores dentro de uma comunidade (EASTERBY-SMITH; LYLES; TSANG, 2008; LAVE; WENGER, 1991). Dentro dessa perspectiva, considerando a prática como a peça central do aprendizado, pois os intermediários ajudam a criar a prática, Clarke e Ramirez (2013) sugerem que esses agentes podem assumir um papel mais central do que o que foi reconhecido pela literatura até agora, assumindo funções estratégicas associadas ao:

- a. Acesso** – mapeamento e busca de fontes de conhecimento e recursos; avaliação de conhecimentos, de novas tecnologias, de novos mercados e colaboradores e de potenciais parceiros comerciais.

- b. Difusão** – facilitando a propagação de conhecimentos (procedimentos, boas práticas e padrões) entre atores dentro de uma comunidade, ou simplificando o conhecimento para um público não especialista.
- c. Coordenação** – facilitando iniciativas conjuntas (comerciais e tecnológicas); e estabelecendo legitimidade a práticas e procedimentos industriais.
- d. Habilitação**<sup>38</sup> - fornecendo novos conhecimentos como *inputs*; traduzindo o conhecimento para a sua utilização em outros contextos.

Apesar da diversidade de funções exercidas pelos intermediários e da flexibilidade em suas formas de atuação e interação, é importante destacar que as competências dos intermediários são essencialmente relacionais (CLARKE; RAMIREZ, 2013). Essas competências permitem que, no contexto de sistemas de inovação, esses agentes atuem como facilitadores de iniciativas conjuntas e de estabelecimento de vínculos entre as partes com as quais eles se relacionam, fazendo que eles funcionem como facilitadores de redes (McEVILY; ZAHEER, 1999), fortalecendo de forma contínua suas capacidades relacionais e permitindo que apoiem processos de transferência de conhecimento (HARGADON; SUTTON, 1997). Isso significa que os intermediários podem exercer um papel central no contexto de sistemas setoriais de inovação, como facilitadores da transferência de conhecimento interorganizacional e como um *link* entre atores dentro de uma comunidade, fornecendo contribuições substanciais para o processo de construção de capacidades organizacionais (STAUDE; RAMIREZ, 2013).

Sintetizando os pontos de vista apresentados, Klerkx e Leeuwis (2009, p. 20) sustentam que o envolvimento dos intermediários “evita a inércia e acelera o processo de inovação”, ajudando as pessoas a manterem o foco e energia em seus projetos específicos<sup>39</sup>. Dessa forma, de acordo com os autores, uma das principais funções realizadas pelos intermediários é a gestão do processo de inovação, sobretudo quando se considera que esse processo geralmente envolve diferentes grupos de atores, com diferentes expectativas e interesses, em função de suas especificidades institucionais.

---

<sup>38</sup> *enabling*

<sup>39</sup> *The involvement of innovation brokers in innovation processes, avoids inertia and accelerates the process by helping project members maintain their focus and energy throughout.*

## 6.2 FUNÇÕES EXERCIDAS PELOS INTERMEDIÁRIOS NO ESTUDO DE CASO

O objetivo desta seção é examinar empiricamente o apoio prestado pelos intermediários na implementação das inovações analisadas no estudo de caso, analisando, dessa forma, o impacto da atuação desses agentes no desempenho inovativo do órgão regulador brasileiro, bem como a sua influência na configuração do regime de informação vigente na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Esta seção está dividida em duas partes. A primeira parte apresenta uma avaliação comparativa entre as funções atribuídas aos intermediários pela literatura e o apoio prestado por esses agentes na implementação das inovações investigadas no estudo de caso. A segunda parte apresenta algumas considerações sobre o papel dos intermediários na área de proteção radiológica e segurança nuclear, demonstrando que esses agentes podem assumir funções que ainda não foram reconhecidas pela literatura.

### 6.2.1 Análise da influência da atuação dos intermediários no desempenho inovativo do órgão regulador brasileiro

Para analisar as funções desempenhadas pelos intermediários no processo de inovação do sistema setorial analisado no estudo de caso, são utilizadas como referência as funções identificadas nos trabalhos de Bessant e Rush (1995), Howells (2006) e Clarke e Ramirez (2013). No entanto, não é a intenção desta seção abordar detalhadamente cada uma delas. A ideia aqui é apresentar considerações sobre as funções dos intermediários que ficaram mais evidentes no estudo de caso.

No caso das funções atribuídas aos intermediários por Bessant e Rush (1995)<sup>40</sup>, as evidências apresentadas na investigação do processo de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear demonstram a relevante contribuição desses agentes na articulação das necessidades tecnológicas dos órgãos reguladores, empreendendo iniciativas voltadas a obtenção de soluções mais apropriadas para os problemas associados às inovações analisadas. As outras funções sustentadas pelos autores, que também ficaram evidentes no

---

<sup>40</sup> (a) articulação de necessidades tecnológicas específicas e seleção de opções mais apropriadas; (b) identificação de necessidades, seleção, treinamento e desenvolvimento de recursos humanos; (c) apoio financeiro (avaliação de investimento e criação de casos de negócios); (d) identificação, desenvolvimento, comunicação e implementação de estratégias de inovação e de negócios; (e) educação, informação e comunicação sobre novas tecnologias; (f) localização de fontes-chave de novos conhecimentos; (g) construção de vínculos com sistemas externos de conhecimento; (h) gerenciamento de projetos; (i) gerenciamento de recursos externos.

estudo de caso, foram as seguintes: (1) apoio na identificação, desenvolvimento, comunicação e implementação de estratégias de inovação; (2) localização de fontes-chave de novos conhecimentos; e (3) construção de vínculos com sistemas externos de conhecimento.

O segundo estudo utilizado como referência para a análise das funções empreendidas pelos intermediários é o desenvolvido por Howells (2006), que sintetiza a diversidade de funções existentes na literatura, definindo dez tipologias que caracterizam a atuação desses agentes junto às organizações, que são comparadas, a seguir, com as funções dos intermediários observadas no estudo de caso.

Na função **“prospecção e diagnóstico”**, Howells (2006) considera que os intermediários podem ser responsáveis pela identificação e análise de tendências tecnológicas relacionadas com a área de atuação da organização, tentando eliminar conflitos na aplicação de novas tecnologias. Com relação a essa função, as informações apresentadas no estudo de caso demonstram o apoio dos agentes intermediários no desenvolvimento de soluções para os problemas apresentados. O fato de tais soluções terem sido baseadas, sobretudo, na experiência acumulada e em lições aprendidas por países que participaram das redes de cooperação apoiadas por esses agentes, atestam o papel exercido pelo intermediário nesta função. Outro exemplo é observado particularmente no caso D (instalações com cíclotrons), que mostra os intermediários apoiando iniciativas voltadas ao estabelecimento de procedimentos para o controle de instalações que introduzem continuamente novas tecnologias associadas a equipamentos, cuja operação envolve a emissão de altas taxas de dose de radiação. Nesse caso, é importante observar que tais tecnologias estão relacionadas à necessidade de desenvolvimento de novos procedimentos de controle. Essa necessidade, por sua vez, é permanentemente monitorada pelas instâncias fomentadas pelos intermediários, caracterizando que, de fato, os intermediários foram responsáveis pelo empreendimento de ações associadas à função **“prospecção e diagnóstico”**.

A função **“vigilância tecnológica e processamento de informações”**, da forma que é sustentada por Howells (2006), envolve a identificação e seleção de potenciais parceiros para a cooperação, o que também foi observado em todas as inovações analisadas no estudo de caso.

Com relação ao **“processamento e combinação e recombinação de conhecimento”**, Howells (2006) comenta que essa função vai além da coleta, tratamento e difusão de informações aos clientes, pois envolve a modificação desse conhecimento, podendo “gerar conhecimento técnico desenvolvido internamente, a ser combinado com o conhecimento dos

clientes”<sup>41</sup> (HOWELLS, 2006, p. 722). O estudo de caso demonstra que a implementação das inovações investigadas envolveu a adequação dos conhecimentos desenvolvidos nas instâncias fomentadas pelos intermediários às especificidades do contexto em que o órgão regulador brasileiro opera.

A função “*gatekeeping e brokering*” diz respeito a dois termos que são definidos na literatura de forma distinta que, no entanto, são considerados em conjunto por Howells (2006). Para o autor, o objetivo principal dessa função é identificar interesses comuns entre parceiros, fornecendo suporte e fomentando acordos de cooperação e parcerias. As evidências apresentadas no estudo de caso atestam que essa função também foi desempenhada pelos intermediários. No caso B (consulta mútua), por exemplo, está relacionada ao apoio prestado por esses agentes no estabelecimento de acordos bilaterais de cooperação firmados pelo Brasil; no caso C (indústria de reciclagem), o intermediário (FORO) é apresentado como a principal instância de promoção e execução de um projeto regional de cooperação; e no caso D (instalações com cíclotrons), as informações apresentadas demonstram que o intermediário (AIEA) fomentou o projeto de cooperação técnica que viabilizou o desenvolvimento e a implementação da inovação.

A função “*testes, validação e treinamento*” é interessante de ser considerada em alguns de seus aspectos. Por exemplo, de acordo com Howells (2006), essa função está associada ao desenvolvimento de protótipos que, nos casos analisados, podem ser representados pelas versões iniciais dos guias e padrões de segurança mencionados no estudo de caso. As informações apresentadas também demonstram que esses protótipos são validados em eventos e iniciativas promovidas pelos intermediários, visando à criação de consenso.

Sobre a função “*treinamento*”, o autor comenta que as instituições intermediárias podem colocar à disposição de organizações suas instalações e seus especialistas, empreendendo ações que possam promover e facilitar a colaboração interorganizacional. Com relação a este tópico, as informações apresentadas no caso D (instalações com cíclotrons) destacam, por exemplo, a participação de especialistas brasileiros em missões solicitadas e fomentadas pelo intermediário (AIEA), realizadas no Uruguai e Equador, com o objetivo de transmitir o conhecimento acumulado pelo Brasil na área de licenciamento e controle de instalações com cíclotrons e apoiar a implementação de programas de licenciamento nesses países. Nesse caso, é importante considerar que tais especialistas, embora pertençam ao

---

<sup>41</sup> (...) *generating inhouse research and technical knowledge to combine with the client's knowledge.*

quadro profissional do órgão regulador brasileiro, realizam suas missões formalmente na figura de peritos da AIEA.

Adicionalmente, Howells (2006) apresenta outras cinco funções atribuídas aos intermediários, das quais duas não são aplicáveis ao papel desses agentes no estudo de caso: **“proteção dos resultados”**, associada aos direitos de propriedade intelectual, e **“comercialização”**, que diz respeito à exploração comercial dos resultados da inovação.

Por outro lado, as três seguintes, **“acreditação e estabelecimento de padrões”**, **“arbitragem, validação e regulamentação”** e **“avaliação de resultados”**, são observadas em todos os casos analisados, uma vez que envolvem o estabelecimento de especificações ou fornecimento de orientações para o estabelecimento de padrões, atividades de arbitragem entre diferentes grupos e a análise e avaliação de produtos e tecnologia existentes. A última, **“avaliação de resultados”**, apesar de estar relacionada principalmente à avaliação de resultados de comercialização, é aplicável na medida em que considera os demais resultados e impactos obtidos com a implementação das inovações.

A terceira referência para a análise das funções empreendidas pelos intermediários é o estudo desenvolvido por Clarke e Ramirez (2013), que sugerem que esses agentes podem assumir um papel mais central no processo de inovação do que o que foi reconhecido pela literatura, empreendendo ações associadas às seguintes funções: acesso, difusão, coordenação e habilitação.

Com relação à função **“acesso”**, as evidências apresentadas no estudo de caso demonstram que os intermediários foram responsáveis por uma série de atividades associadas ao acesso a conhecimento novo e recursos. Em todos os casos, os intermediários apoiaram o órgão regulador brasileiro no desenvolvimento e implementação das inovações analisadas, permitindo que a organização tivesse acesso a importantes fontes de conhecimento externo, expondo o órgão regulador a uma ampla gama de organizações com conhecimentos valiosos, compartilhados, por exemplo, no processo de desenvolvimento de soluções para problemas comuns. De forma complementar, em todos os casos, os intermediários ofereceram meios para preencher lacunas na estrutura dos fluxos de informação entre os países envolvidos com o desenvolvimento das inovações analisadas, conectando comunidades.

As evidências apresentadas no estudo de caso também demonstram o papel dos intermediários associado à propagação de conhecimentos entre os atores do sistema setorial investigado. Esse papel diz respeito à função **“difusão”**, também sustentada por Clarke e Ramirez (2013). Tais evidências demonstram que os intermediários apoiaram iniciativas e mecanismos que permitiram o compartilhamento de experiências entre diferentes atores de

uma comunidade epistêmica, propagando experiências entre locais geograficamente dispersos. Dessa forma, eles foram responsáveis pelo estabelecimento dos espaços que a difusão de conhecimento exige, promovendo seminários e reuniões destinadas a apoiar o intercâmbio de ideias entre peritos e especialistas de vários países, bem como conferências onde novas práticas puderam ser legitimadas.

Com relação à função “**coordenação**”, as evidências apresentadas atestam que as atividades associadas a essa função permitiram o desenvolvimento de “objetos fronteiriços”<sup>42</sup> (STAR; GRIESEMER apud BROWN; DUGUID, 2001), representados pelos padrões de segurança relacionados às inovações analisadas, desenvolvidos e compartilhados pelos países envolvidos com a sua elaboração. No estudo de caso, esses objetos estão representados pelo TECDOC elaborado no caso A (limite de dose), pelo código de conduta e pelo guia elaborado no caso B (consulta mútua) e pelos guias elaborados nos casos C (indústria de reciclagem) e D (instalações com cíclotrons).

De uma forma geral, as evidências apresentadas demonstram que os intermediários tiveram papel fundamental de coordenação de iniciativas conjuntas, provendo meios e dispositivos para o estabelecimento da legitimidade exigida às práticas e procedimentos associados ao licenciamento, inspeção e controle de instalações e atividades com materiais nucleares e radioativos.

A quarta função atribuída aos intermediários por Clarke e Ramirez (2013) é a “**habilitação**”, que está associada à capacidade do intermediário em fornecer novos *inputs* de conhecimento e à sua habilidade de tradução do conhecimento existente para torná-lo utilizável em outro contexto. Essa função, da forma em que é apresentada pelos autores, apresenta algumas similaridades com a função “**processamento e combinação e recombinação de conhecimento**”, sustentada por Howells (2006). Assim, as informações apresentadas no estudo de caso demonstram que as implementações das inovações analisadas envolveram a adequação de conhecimentos às características dos processos locais e às especificidades das atribuições legais do órgão regulador brasileiro. Dessa forma, essa função atesta que os agentes intermediários podem, de fato, ser responsáveis por funções que vão além do preenchimento de lacunas de informação.

---

<sup>42</sup> *boundary objects*. De acordo com Brown e Duguid (2001), podem ser representados por documentos, ferramentas, processos de negócios ou objetivos compartilhados. González de Gómez (2004) identifica que esses objetos podem ter “caráter de objetos referenciais compartilhados que, embora interpretados de diferente maneira em cada grupo ou comunidade, geram um processo de tradução em aberto, mais ou menos difícil ou simplificado, tácito ou consciente e sistemático”. Para a autora, “trata-se de fato não só de compatibilização de códigos, mas também de normas e interesses”.

### 6.2.2 Considerações sobre o papel dos intermediários na área de proteção radiológica e segurança nuclear

A atuação dos intermediários observada no estudo de caso reflete parcialmente as abordagens sugeridas por Bessant e Rush (1995), Howells (2006) e Clarke e Ramirez (2013), uma vez que as evidências apresentadas demonstram que o papel do intermediário no processo de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear envolveu, de uma forma geral, a construção de relacionamentos a partir do estabelecimento de vínculos entre atores, que permitiram a transferência, criação, tradução e disseminação de conhecimento. Além disso, esses agentes tiveram a habilidade de manter fluxos de informações em constante movimento, favorecendo, sobretudo, a criação de novos conhecimentos associados ao controle das radiações ionizantes.

Em outras palavras, os intermediários foram capazes de promover a articulação entre agentes com algum grau de conhecimento em comum estabelecidos pela prática, fazendo inferências dentro de um processo ativo de construção de significados, combinando e recombinando conhecimentos.

Neste ponto, é importante destacar que essa característica, de ser capaz de alterar significados, é incompatível com as funções dos intermediários encontradas na literatura baseada na teoria ator-rede (LATOUR apud STEWART; HYYSALO, 2008). De acordo com Latour (apud STEWART; HYYSALO, 2008), o termo intermediário diz respeito a atores que não modificam conhecimentos ou objetos, que simplesmente passam por eles sem qualquer tipo de alteração. Para o autor, os agentes responsáveis pela modificação de informação e conhecimento dentro de redes são denominados “mediadores”.

Dessa forma, apesar de alguns autores sustentarem que a palavra “intermediário” se tornou um termo estabelecido na literatura de inovação e estudos organizacionais, em alguns casos, sugerindo que nada mais pode ser feito com relação a isso<sup>43</sup>, a presente tese sustenta que “intermediários” pode não ser o termo mais adequado para se referir a esses agentes.

A variedade de terminologias utilizadas pelos diversos autores para identificar os intermediários e para descrever as funções que desempenham, nas diversas áreas que atuam, sugere que o tema está inserido em uma literatura que ainda pode ser considerada emergente.

---

<sup>43</sup> por exemplo, Stewart e Hyysalo (2008, p. 298), quando sugerem que *“this discrepancy in usage between certain actor network literature and most other literature is unfortunate but there is not much that can be done about it anymore”*.

Por esses motivos, a presente tese assume que o termo mais adequado para fazer referência a esses agentes seria “**mediadores da inovação**”.

Ainda no contexto das redes, é importante destacar que as evidências apresentadas no estudo de caso demonstram que foram essas instâncias que permitiram o desenvolvimento e implementação das inovações analisadas, servindo não apenas para suprir as necessidades de comunicação que o processo de inovação exige. Elas foram úteis, sobretudo, para ampliar a capacidade do órgão regulador em identificar, avaliar, assimilar e aplicar novos conhecimentos. Isso demonstra que os intermediários também têm forte influência no aprimoramento da capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990) das organizações, melhorando suas habilidades em reconhecer novas ideias e de integrá-las e testá-las em novas situações e contextos. Dessa forma, o estudo demonstra o importante papel dos intermediários na concepção de espaços de interação entre indivíduos e organizações, criando estruturas de articulação entre os diversos atores do sistema de inovação investigado. A partir desses espaços, representados pelas redes de cooperação da área, foi possível o estabelecimento de lógicas de atuação comuns e complementares para a solução de problemas compartilhados.

Outro aspecto que merece ser considerado na análise dos intermediários é a importância desses agentes na configuração e reconfiguração das redes de cooperação estabelecidas no sistema setorial investigado.

Neste ponto, é interessante observar que as redes de cooperação da área de proteção radiológica e segurança nuclear são formadas, em parte, por atores com bases de conhecimento distintas. São representadas por grupos sociais constituídos por engenheiros, nas suas diversas modalidades, por físicos, químicos, biólogos, dentre outros profissionais. O que esses atores têm em comum são as rotinas organizacionais, as formas de trabalho, as narrativas e os sistemas de compreensão, ou seja, possuem as mesmas perspectivas, pressupostos e interpretações do mundo ao seu redor, e formas semelhantes de enxergar a articulação desses elementos, de forma que façam sentido. Em outras palavras, o que une esses atores é o fato de compartilharem amplamente as mesmas circunstâncias que estão embutidas na prática que desenvolvem.

Com base nesses argumentos, é possível identificar que é a prática que cria o substrato comum das redes de cooperação da área, habilitando a circulação de conhecimento, sendo, dessa forma, a principal responsável pela sua existência.

Por outro lado, considerando que as redes de cooperação são formadas por elementos heterogêneos, ou seja, profissionais que compartilham a mesma prática, no entanto, com bases

de conhecimento distintas, é possível admitir que a configuração dessas redes vai depender do tipo de problema ou interesse que a constituiu.

A agenda da política de inovação da área é dinâmica. É formada por temas ou problemas que recebem considerável atenção em um determinado momento, podendo ser alterada a partir da identificação de novos interesses compartilhados. Dessa forma, um acidente radiológico, por exemplo, pode motivar a adequação dessa agenda, alterando as suas prioridades.

Nesse sentido, as evidências apresentadas no estudo de caso atestam que os intermediários estão diretamente envolvidos com a construção e reconstrução contínua de espaços onde informações e conhecimentos circulam. Em outras palavras, são responsáveis pela configuração e reconfiguração das redes de cooperação da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

De forma complementar, considerando que as práticas informacionais da formação social investigada estão associadas a um “conjunto mais ou menos estável de redes formais e informais nas quais as informações são geradas, organizadas e transferidas (...), por muitos e diversos meios, canais e organizações” (GONZÁLEZ DE GÓMEZ, 2003, p. 61), é possível identificar que essa habilidade de configuração e reconfiguração de redes tem impacto direto na conformação do regime de informação vigente na área.

Com base nos argumentos apresentados, a presente tese sugere que os intermediários podem exercer uma função ainda não reconhecida pela literatura que aborda o tema da intermediação nos processos de inovação, que é a **configuração e reconfiguração de redes**, o que caracteriza que esses agentes têm forte influência na **conformação de regimes de informação vigentes em sistemas setoriais de inovação**.

## 7 CONCLUSÕES

O objetivo deste capítulo é apresentar as conclusões da tese, demonstrando as principais contribuições da pesquisa, bem como as suas limitações, implicações práticas para os gestores que atuam na área de proteção radiológica e segurança nuclear e apresentar questões em aberto para futuras pesquisas.

## 7.1 CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A presente tese, a partir da investigação do estudo de caso proposto, demonstra que as inovações na área de proteção radiológica e segurança nuclear apresentam uma dimensão cumulativa de conhecimentos e estão relacionadas a processos de aprendizagem integrados globalmente. Essas inovações ocorrem principalmente a partir da identificação de problemas ou oportunidades de melhoria, e do desenvolvimento e difusão de práticas vinculadas ao aperfeiçoamento contínuo do licenciamento, do controle e da fiscalização de atividades que envolvam radiações ionizantes, incluindo as instalações, os procedimentos, os equipamentos e o pessoal envolvido com essas atividades. Dessa forma, proporcionam ao órgão regulador brasileiro a incorporação de dispositivos capazes de assegurar o aumento dos níveis de segurança na utilização das radiações ionizantes, representados pela introdução ou aperfeiçoamento de procedimentos e requisitos de segurança.

A centralidade da informação e do conhecimento se verifica nas várias etapas do processo que vai desde a apropriação de novos conhecimentos por parte do órgão regulador, passando por todas as esferas de relações estabelecidas pelo setor, até o desenvolvimento, difusão e adoção das inovações nos processos de licenciamento, inspeção e controle das atividades e instalações nucleares e radiativas.

Nesse sentido, as evidências apresentadas atestam que os órgãos reguladores precisam desenvolver habilidades para lidar de forma eficaz com a informação, para transformá-la em conhecimento, o que só se consegue a partir de um aprendizado efetivo e contínuo. Para isso, são determinantes as formas de capacitação da força de trabalho e de apreensão do conhecimento adquirido a partir de práticas colaborativas, apoiadas por mecanismos de cooperação técnica.

Dentro desse contexto, a tese demonstra a importância do fortalecimento e adequação contínua dos dispositivos de aprendizagem nas atividades conduzidas pelo órgão regulador brasileiro, bem como a necessidade de estabelecimento de mecanismos que possam fortalecer o processo de aprendizado interativo, a partir de uma atuação efetiva nas redes de cooperação na área de proteção radiológica e segurança nuclear.

A busca por respostas para as questões de pesquisa estabelecidas na presente tese, de uma forma geral, permitiu que fosse verificado que vários padrões obtidos no estudo de caso combinam com os padrões fornecidos pela literatura, o que atesta a utilidade do aporte teórico

priorizado na pesquisa para a compreensão da dinâmica de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Com base nesse aporte teórico, foi possível identificar características e fatores que podem ser considerados essenciais nos processos de aprendizagem e de desenvolvimento, difusão e implementação de inovações na área, bem como a influência desses fatores no desempenho inovativo do órgão regulador brasileiro e na adequação e desenvolvimento de procedimentos e padrões de segurança no País.

As evidências empíricas apresentadas mostraram a importância de ações colaborativas e iniciativas conjuntas para a solução de questões e problemas comuns, demonstrando que o sucesso no desenvolvimento e implementação de inovações pelo órgão regulador brasileiro depende diretamente de sua participação em redes de cooperação. Foi verificado que a participação do Brasil nessas redes proporcionou a inserção do órgão regulador brasileiro em sistemas sociais de aprendizagem. Os casos analisados identificaram que as redes não foram utilizadas apenas como um mecanismo para compensar a falta de capacidades internas. Foram úteis principalmente para o desenvolvimento e fortalecimento das competências internas da organização, favorecendo o desenvolvimento de sua capacidade absorptiva (COHEN; LEVINTHAL, 1990). Além disso, foram essas redes que permitiram o acesso a frentes amplas de informação e conhecimento, contribuindo para a complementaridade de conhecimentos necessários aos processos de inovação e expandindo, dessa forma, as fronteiras da organização. Essa evidência particularmente atesta que as fontes de conhecimento da área investigada estão vastamente distribuídas e que, nesse caso, o *locus* da inovação não é encontrado em organizações isoladas, mas sim nas redes estabelecidas no setor. Assim, essa característica demonstra que as atividades inovativas do órgão regulador brasileiro dependem de suas interações com instâncias que possam permitir o seu acesso a variadas fontes de informação e conhecimento. Em outras palavras, as evidências apresentadas na pesquisa sugerem que a melhoria dos níveis de segurança radiológica e nuclear no País está vinculada à participação do órgão regulador em ações colaborativas.

O estudo também demonstra que os inter-relacionamentos entre os atores nas redes de cooperação estabelecidas na área permitiram a integração de conhecimentos existentes e a produção de novos conhecimentos, atestando o elevado capital social das redes associadas aos casos analisados. Isso assinala a importância de se analisar não apenas se existe ou não aprendizado dentro de determinado território, mas principalmente a natureza e a intensidade do aprendizado que nele ocorre.

Além das contribuições para o entendimento da dinâmica peculiar de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, a tese também fornece algumas contribuições teóricas associadas à área de inovação. Com relação às redes de cooperação, as evidências empíricas demonstram, por exemplo, que foi a prática que habilitou a circulação de conhecimento nas redes de cooperação associadas aos casos analisados. Elas foram responsáveis pela existência das redes, em todos os casos. Isso sugere que, em redes de conhecimento, não basta que seus participantes simplesmente pertençam ao mesmo campo ou área de conhecimento. As informações obtidas durante a pesquisa sugerem que, para que apresentem melhores resultados associados aos processos de aprendizagem e de desenvolvimento, difusão e implementação de inovações, é necessário que os participantes dessas redes compartilhem a mesma prática e que estejam envolvidos em um processo ativo de construção de significados visando a solução de questões e problemas comuns específicos. Nesse contexto, redes de conhecimento temáticas criadas com objetivos dispersos podem apresentar resultados de utilidade limitada, uma vez que o fluxo de conhecimentos nesse tipo de rede tende a ser menos intenso. Por isso, para que sejam efetivas, o estudo sugere que é necessário que as redes de conhecimento sejam estabelecidas em torno de questões específicas. Conforme demonstrado na investigação do estudo de caso, não foram os temas ou áreas comuns de atuação que habilitaram a circulação de conhecimento nessas redes, mas sim as práticas compartilhadas pelos atores envolvidos com o desenvolvimento e implementação das inovações analisadas, assinaladas na presente tese como as principais responsáveis pela existência das redes de cooperação.

O estudo também destaca a importância das tecnologias de informação e comunicação (TIC) nos processos de aprendizagem e de desenvolvimento e difusão de inovações. Sem descartar a importância das TIC para a transferência de conhecimento codificado, as evidências empíricas demonstram que a utilização dessas tecnologias como mecanismo de comunicação e colaboração entre pessoas fisicamente dispersas tiveram um papel fundamental na produção coletiva de conhecimento. Isso sugere que a literatura sobre o assunto deveria enfatizar mais a discussão e o desenvolvimento de tecnologias colaborativas, destacando a importância das TIC na transferência de conhecimentos tácitos.

De uma forma geral, o estudo demonstra que existe uma correlação direta entre as relações de cooperação estabelecidas na área e o desempenho inovador do órgão regulador brasileiro e, ainda, que a intensidade de interação e de utilização dos dispositivos de comunicação entre agentes é proporcional ao grau de melhoria dos procedimentos de segurança no País.

Neste ponto, é importante destacar que o conjunto de resultados preliminares obtidos na análise do estudo de caso já seria suficiente para justificar a relevância da tese, tanto para a compreensão da dinâmica de inovação da área investigada, quanto aos aspectos associados às suas contribuições para a teoria da área de inovação. No entanto, durante a investigação do sistema setorial de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear, um grupo de agentes foi ganhando destaque na análise das inovações consideradas na tese. Nesse contexto, na busca por respostas às questões de pesquisa formuladas na tese, foi revelado o papel crítico que os agentes encarregados por funções intermediárias desempenharam nos processos vinculados à implementação das inovações analisadas.

As evidências apresentadas demonstraram que esses agentes tiveram um papel determinante nos processos de compartilhamento de conhecimentos, nas formas de aprendizado e na difusão e implementação de inovações, demonstrando, ainda, a sua influência na conformação do regime de informação vigente na área. Em função disso, foi inserido na tese um capítulo adicional para examinar empiricamente o apoio prestado pelos intermediários na implementação das inovações analisadas no estudo de caso (Capítulo 6).

Mais uma vez combinando padrões encontrados na literatura de inovação com os padrões obtidos na investigação do estudo de caso, entretanto, com foco nos agentes intermediários, foi possível identificar que essas instâncias foram responsáveis, dentre outras funções:

- pela intermediação das discussões que viabilizaram a identificação de problemas comuns, de oportunidades de melhoria e de interesses compartilhados;
- pela identificação das fontes externas de conhecimento relevante dentro das questões associadas a cada um dos casos analisados;
- por fornecer parte do conhecimento codificado necessário para o desenvolvimento das inovações, disponibilizado em suas bases de dados eletrônicas;
- pela concepção de espaços de interação entre indivíduos e organizações, sendo responsáveis pela criação das estruturas de articulação entre os diversos atores, fomentando o estabelecimento e a manutenção de redes de cooperação entre os profissionais da área;
- pela ampliação da capacidade absorptiva dos profissionais e, por consequência, dos órgãos reguladores envolvidos com o desenvolvimento e implementação das inovações investigadas;
- pela codificação da experiência internacional sobre temas específicos; e

- pela legitimação dos conhecimentos produzidos socialmente nas esferas de interação da área de proteção radiológica e segurança nuclear.

Essas evidências demonstram que os intermediários tiveram habilidade para manter fluxos de informações em constante movimento, favorecendo, sobretudo, a combinação e recombinação de conhecimentos, apoiando a criação de conhecimento novo.

No entanto, a função associada à combinação e recombinação de conhecimento, que envolve uma capacidade de alteração de significados, destacou a inadequação do termo “intermediários” para definir esses agentes. Com a finalidade de compatibilizar o papel exercido por esses agentes no contexto da teoria ator-rede, a presente tese sustenta que a melhor forma de fazer referência aos agentes intermediários é a partir da denominação “medidores da inovação”.

Adicionalmente, a presente tese também identifica uma função exercida pelos intermediários que ainda não foi reconhecida pela literatura. Com relação a isso, as evidências obtidas no estudo de caso demonstram que os intermediários foram responsáveis pela configuração e reconfiguração das redes de cooperação estabelecidas no sistema setorial investigado. Essa função foi observada durante as várias fases do processo de inovação, desde a identificação de interesses compartilhados entre os atores envolvidos até a implementação efetiva das inovações.

Outro aspecto que caracteriza essa função é o fato de as redes de cooperação serem formadas a partir da identificação de interesses vinculados às prioridades do setor. No entanto, essas prioridades podem ser alteradas ao longo do tempo em discussões fomentadas pelos próprios intermediários. Assim, grande parte dos atores das redes configuradas para tratar de um problema específico, principalmente as que compartilham o mesmo tema, pode ser utilizada para tratar de um novo problema destacado como prioritário dentro da área, fazendo com que as redes de cooperação assumam novas configurações.

Tais argumentos, dessa forma, atestam que os intermediários podem exercer a função de **“configuração e reconfiguração de redes”** ou, de forma mais abrangente, serem responsáveis pela **“conformação de regimes de informação vigentes em sistemas setoriais de inovação”**.

## 7.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O conceito de regime de informação utilizado aqui é relevante, sobretudo, para situar o modo de produção informacional dominante na formação social investigada. Dessa forma,

dada a natureza dos objetivos da investigação, e considerando que são amplos e diversos os aspectos associados ao regime de informação da área, o conceito é utilizado nesta análise a partir de uma abordagem mais instrumental, com pouca ênfase nas relações entre informação e poder observadas nas práticas informacionais apresentadas no estudo de caso. Nesse sentido, é interessante observar que a utilização do conceito desta forma, dentro de uma abordagem mais restrita, acarretou na apresentação de análises mais relacionadas à gestão do que à política de inovação da área.

Outra limitação da pesquisa está associada ao grau de subjetividade na combinação dos padrões teóricos estabelecidos na literatura com o padrão representado pela consolidação das informações obtidas no estudo de caso. Essa subjetividade está relacionada às interpretações desenvolvidas pelo pesquisador ao longo da tese. De acordo com Yin (2010), tal característica permite, por exemplo, que as interpretações do pesquisador sejam excessivamente restritivas, ao decidir que os padrões não correspondem, ou excessivamente tolerantes, ao destacar que o padrão foi combinado.

Mesmo considerando que a adoção de mais de um caso pode minimizar a imprecisão das análises desenvolvidas, evitando a postulação de padrões empíricos baseados em evidências inconsistentes, a estratégia de análise preconizada pela pesquisa admite alguma flexibilidade interpretativa. Neste ponto, é importante reconhecer que as interpretações apresentadas na tese estão baseadas em uma análise que permitiu essa flexibilidade.

Finalmente, é válido destacar que evidências baseadas em análises de casos específicos não representam necessariamente a perspectiva geral associada à dinâmica de inovação de um setor. Dessa forma, é possível admitir, a princípio, que a tese não apresenta evidências que permitam generalizar os resultados obtidos. Nesse caso, é importante reconhecer que investigações que tomem como referência outras unidades de análise, por exemplo, analisando o mesmo processo em órgãos reguladores de outros países, podem apresentar padrões diferentes dos identificados na presente tese.

### 7.3 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA OS GESTORES DA ÁREA DE REGULAÇÃO

Com base nos resultados da pesquisa, é possível estabelecer um conjunto de recomendações associadas ao fortalecimento da postura inovativa do órgão regulador brasileiro, permitindo, dessa forma, o aumento dos níveis de segurança na utilização das radiações ionizantes no País, a partir da efetiva introdução ou aperfeiçoamento contínuo de

procedimentos e requisitos de segurança. As principais recomendações para os gestores da área de regulação, decorrentes da análise do estudo de caso são as seguintes:

- o órgão regulador brasileiro deve adotar modelos interativos de inovação e de transferência de conhecimento;
- os gestores devem desenvolver e priorizar iniciativas que possam facilitar a participação brasileira em redes de conhecimento interorganizacionais, e
- os gestores devem investir no aprimoramento da capacidade de interação de seu corpo técnico nessas redes.

#### 7.4 QUESTÕES EM ABERTO PARA FUTURAS PESQUISAS

Os resultados apresentados na tese estão diretamente associados a um sistema setorial com dinâmica própria, influenciada por um ambiente tecnológico que determina a natureza dos problemas enfrentados pelas organizações responsáveis pela segurança nuclear e radiológica.

Futuras pesquisas poderiam testar esses resultados em outros sistemas setoriais de inovação, investigando os padrões associados aos fluxos de informação e conhecimento e características dos agentes envolvidos com as atividades inovadoras dentro desses sistemas, bem como as particularidades das inter-relações estabelecidas, analisando, de forma complementar, as variáveis externas que influenciam esses processos. Tais investigações, dessa forma, poderiam fornecer algum entendimento adicional que possa permitir a generalização dos resultados apresentados nesta tese.

Conforme destacado por alguns autores (ex. ALHO, 2008; STEWART; HYYSAALO, 2008), são poucas as publicações empíricas que abordam a diversidade de funções que podem ser exercidas pelos agentes intermediários, e os poucos que existem são de natureza fundamentalmente teórica. Esse é um campo fértil para a realização de estudos associados, por exemplo, ao impacto de sua atuação, aos fatores que podem motivar ou inibir o seu desempenho, à identificação das funções exercidas por esses agentes particularmente, e de forma detalhada, em cada uma das fases relacionadas ao processo de inovação, ou seja, no desenvolvimento, na difusão e na implementação de inovações, dentre outros.

Outra abordagem válida para futuras pesquisas está associada à investigação do papel das Universidades, Centros de Pesquisa, Agências de Governo e ONGs enquanto agentes intermediários, identificando as funções de intermediação que poderiam ser melhor executadas por esses agentes dentro do sistema nacional de inovação, promovendo ações de

apoio aos processos vinculados ao desenvolvimento, difusão e implementação de inovações pelo setor produtivo nacional. Tais estudos poderiam identificar, ainda, os fatores que inibem ou favorecem a atuação desses agentes exercendo as funções atribuídas na literatura aos intermediários da inovação.

## 7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese, conforme estabelecido em seu objetivo, investigou a relação entre as ações colaborativas empreendidas na área de proteção radiológica e segurança nuclear e o desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro, examinando a influência dos mecanismos de interação entre agentes na melhoria dos procedimentos de segurança no País. Visando o alcance desse objetivo, foram: (a) identificados os principais agentes do sistema de inovação da área; (b) examinadas as estruturas de coordenação e cooperação entre esses agentes, identificando, com base nas práticas colaborativas, as características das interações e interdependências entre o órgão regulador nuclear brasileiro e agentes externos; (c) identificados os principais canais de acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos, ou seja, as fontes de inovação priorizadas pelo órgão regulador nuclear brasileiro; e (d) identificado o impacto das colaborações interorganizacionais no desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro.

Com relação às questões de pesquisa, foi verificado que a participação brasileira nas ações colaborativas e iniciativas conjuntas da área de proteção radiológica e segurança nuclear é fundamental para a melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no País (Questão de pesquisa - Q1). A participação do órgão regulador brasileiro nessas ações produziu uma série de efeitos. De uma forma geral, além de ter contribuído para o fortalecimento da capacidade absorptiva da organização, permitiu o seu acesso a uma ampla variedade de informações e conhecimentos externos, expandindo suas fronteiras.

Foram ainda identificados os principais agentes do sistema setorial de inovação investigado (Questão de pesquisa - Q2), dentre eles, os agentes intermediários, que teve a influência de sua atuação analisada, particularmente com relação ao seu papel na criação e manutenção de espaços de interação e de estruturas de articulação na área de proteção radiológica e segurança nuclear. Foi ainda assinalada a influência de sua atuação para a melhoria dos procedimentos e padrões de segurança no Brasil e no desempenho inovativo do órgão regulador nuclear brasileiro (Questão de pesquisa - Q3).

Os resultados alcançados pela presente tese, dessa forma, identificam que os intermediários assumem um papel central nos processos de inovação da área de proteção radiológica e segurança nuclear. Sustentam, ainda, que o órgão regulador depende do apoio dos intermediários como parte integrante dos esforços para a melhoria da eficácia regulatória. Além disso, atestam que existe uma relação positiva entre as atividades realizadas pelos intermediários e os resultados da organização no desenvolvimento e implementação de inovações, que permitem a incorporação de dispositivos capazes de assegurar o aumento dos níveis de segurança na utilização da tecnologia nuclear no País, viabilizando a busca permanente pela devida e necessária proteção aos trabalhadores, à população e ao meio ambiente com relação aos efeitos da exposição às radiações ionizantes.

## REFERÊNCIAS

ALBAGLI, Sarita; MACIEL, Maria Lúcia. Informação e conhecimento na inovação e no desenvolvimento local. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 9-16, set./dez. 2004.

\_\_\_\_\_. Novas condições de circulação e apropriação da informação e do conhecimento: questões no debate contemporâneo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 10. 2009, João Pessoa. **Anais...** . João Pessoa: ANCIB, 2009. p. 1 - 14.

ALHO, Ana Margarida Catarino Silva. **A cooperação empresarial internacional em IDI. Uma análise empírica, com especial enfoque no papel dos Intermediários**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia e Gestão Internacional, Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

ALMEIDA, Ivan Pedro Salati. **A importância da tecnologia nuclear para o desenvolvimento do País: tecnologia nuclear – energia e demais aplicações**. Palestra realizada na Escola Superior de Guerra – ESG. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **Avaliação de fatores que afetam a eficácia de órgãos reguladores: uma aplicação ao setor nuclear**. 2005. 331 f. Tese (Doutorado em Engenharia Nuclear) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

ALMEIDA, Ivan Pedro Salati; MARECHAL, Maria Helena da Hora. **Radioactive sources control after the accident in Goiânia (no prelo)**

AMIN, Ash; ROBERTS, Joanne. Knowing in action: Beyond communities of practice. **Research Policy**, v. 37, n. 2, p. 353-369, 2008.

ARROW, Kenneth J. The economic implications of learning by doing. **Review of Economic Studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, 1962.

ATKINSON, Anthony B.; STIGLITZ, Joseph E. A new view of technological change. **Economic Journal**, v. 79, n. 315, p. 573-578, 1969.

BESSANT, John et al. **Using supply chains to transfer learning about best practices: report for the Department of Trade and Industry (DTi)**. 1999. Disponível em: <[http://eprints.brighton.ac.uk/5705/2/Using\\_Supply\\_Chains\\_to\\_Transfer\\_learning\\_About\\_Best\\_Practice.pdf](http://eprints.brighton.ac.uk/5705/2/Using_Supply_Chains_to_Transfer_learning_About_Best_Practice.pdf)>. Acesso em: 11 dez 2013.

BESSANT, John; RUSH, Howard. Building bridges for innovation: the role of consultants in technology transfer. **Research Policy**, v. 24, n. 1, p. 97-114, 1995.

BESSANT, John; TIDD, Joe. **Inovação e empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BESSANT, John; TSEKOURAS, George. Developing learning networks. **AI & Society**, v. 15, n. 1-2, p. 82-98, 2001.

BLACKLER, Frank. Knowledge, knowledge work and organizations: an overview and interpretation. **Organization Studies**, v. 16, n. 6, p. 1021-1046, 1995.

BOGNER, William C.; BANSAL, Pratima. Knowledge management as the basis of sustained high performance. **Journal of Management Studies**, v. 44, n. 1, p. 165-188, 2007.

BOLAND, Richard J.; TENKASI, Ramkrishnan V.; TE'ENI, Dov. Designing information technology to support distributed cognition. **Organization Science**, v. 5, n. 3, p. 456-475, 1994.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 49, de 8 de fevereiro de 2006. Altera a redação da alínea b e acrescenta alínea c ao inciso XXIII do caput do art. 21 e altera a redação do inciso V do caput do art. 177 da Constituição Federal para excluir do monopólio da União a produção, a comercialização e a utilização de radioisótopos de meia-vida curta, para usos médicos, agrícolas e industriais. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 9 fev. 2006. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc49.htm#art2](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc49.htm#art2)>. Acesso em: 2 out. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia - MME. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: 2007.

BROWN, John Seely; DUGUID, Paul. Knowledge and organization: a social-practice perspective. **Organization Science**, v. 12, n. 2, p. 198-213, 2001.

BURT, Ronald S. **Brokerage and closure: an introduction to social capital**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

CALLON, Michel. Is science a public good? Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 March 1993. **Science, Technology & Human Values**, v. 19, n. 4, p. 395-424, 1994.

CAPURRO, Rafael; HJORLAND, Briger. O conceito de informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n.1, p. 148-207, jan./abr. 2007.

CARDOSO, Eliezer de Moura. **Apostila educativa: aplicações da energia nuclear**. Rio de Janeiro: CNEN, 2008.

CASSIOLATO, José E. Innovación y cambio tecnológico. In: MARTINEZ, E. (Ed.). **Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas**. Chile: Nova Sociedad, 1994.

CLARKE, Ian; RAMIREZ, Matias. **Intermediaries and capability building in an emerging resource based cluster**. Brighton: SPRU, 2011. (SPRU Eletronic Working Paper Number 197).

\_\_\_\_\_. Intermediaries and capability building in 'emerging' clusters. **Environment and Planning C: Government and Policy**, v. 31, p. 1-17, 2013.

CLARKE, R. H.; VALENTIN, J. The history of ICRP and the evolution of its policies. **Annals of the ICRP**, v. 39, n. 1, p. 75-110, 2009.

COHEN, W. M., LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. **Planejamento Institucional 2012 - 2015**. Rio de Janeiro: CNEN/Coordenação Geral de Planejamento e Avaliação, 2011. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/acnen/relatorios/plan-institucional2012-2015.pdf>>.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Atividades 2003 / 2010**. Rio de Janeiro: 2011a. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/acnen/relatorios/rel-atividades-2003-10.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão do Exercício de 2011**. Rio de Janeiro: 2012.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão do Exercício de 2012**. Rio de Janeiro: 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 112, de 24 de agosto de 2011. Dispõe sobre o licenciamento de instalações radiativas que utilizam fontes seladas, fontes não-seladas, equipamentos geradores de radiação ionizante e instalações radiativas para produção de radioisótopos e revoga a Resolução CNEN/DEx1 nº 09/84 e a Portaria CNEN Nº 059/98, que aprovou e revisou a NORMA EXPERIMENTAL CNEN-NE-6.02 - Licenciamento de Instalações Radiativas. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 1 set. 2011b. Seção 1. Disponível em: <[http://memoria.cnen.gov.br/Doc/pdf/Legislacao/RS\\_CNENCD\\_112\\_2011.pdf](http://memoria.cnen.gov.br/Doc/pdf/Legislacao/RS_CNENCD_112_2011.pdf)>. Acesso em: 2 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. CNEN - SISTEMA RH FÁCIL, 2014. Acesso em 15 fev. 2014.

COOK, Scott D. N; BROWN, John Seely. Bridging epistemologies: the generative dance between organizational knowledge and organizational knowing. **Organization Science**, v. 10, n. 4, p. 381-400, 1999.

COOKE, Philip; HEIDENREICH, Martin; BRACZYK, Hans-Joachim. **Regional innovation systems: The role of governance in a globalized world**. New York: Psychology Press, 2004.

DALZIEL, Margaret. **Why do innovation intermediaries exist?** 2010. Disponível em: <<http://www2.druid.dk/conferences/viewpaper.php?id=500976&cf=43>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Working knowledge: how organizations manage what they know**. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1998.

DAVID, P. A.; FORAY, D. An introduction to economy of the knowledge society. **International Social Science Journal**, v. 54, n. 171, p. 9-23, 2002.

DOLOREUX, David. Regional networks of small and medium sized enterprises: evidence from the Metropolitan Area of Ottawa in Canada. **European Planning Studies**, v. 12, n. 2, p. 173-189, 2004.

DOSI, G. The Nature of the innovative process. In: DOSI, G. et al. (Ed.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988. p. 221-238.

DRUCKER, Peter. **Innovation and entrepreneurship: practice and principles**. New York: HarperBusiness, 1985.

EASTERBY-SMITH, Mark; LYLES, Marjorie A.; TSANG, Eric W. K. Inter-organizational knowledge transfer: current themes and future prospects. **Journal of Management Studies**, v. 45, n. 4, p. 677-690, 2008.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

EMPSON, Laura. Introduction: knowledge management in professional service firms. **Human Relations**, v. 54, n. 7, p. 811-817, 2001.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FICHMAN, Robert G. The diffusion and assimilation of information technology innovations. In: ZMUD, R. W. (Ed.) **Framing the domains of IT management: projecting the future through the past**. Cincinnati: Pinnaflex Educational Resources, 1999.

FIOL, C. Marlene. Squeezing harder doesn't always work: continuing the search for consistency in innovation research. **Academy of Management Review**, v. 21, n. 4, p. 1012-1021, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO et al. **International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources**. Vienna: IAEA, 1996. Safety Series n. 115.

FORAY, Dominique. **The economic of knowledge**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.

FORAY, Dominique; LUNDVALL, B. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. In: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OCDE. **Employment and growth in the knowledge-based economy**. Paris: 1996.

FÓRUM IBEROAMERICANO DE ÓRGÃOS REGULADORES RADIOLÓGICOS E NUCLEARES – FORO. **Estrategia para la prevención, detección y respuesta frente a la presencia inadvertida de material radioactivo em el reciclado de metales y otros procesos asociados**. Buenos Aires: 2011.

FREEMAN, C. The ICT Paradigm. In: MANSELL, Robin et al. (Ed.). **The Oxford handbook of information and communication technologies**. Oxford; New York: Oxford University Press, 2007.

FUCHS, Christian. Transnational space and the “Network Society”. In: ASSOCIATION OF INTERNET RESEARCHERS (AOIR) CONFERENCE, 2000. **Internet Research 7.0**. Brisbane: 2000.

GARVIN, D. Building a learning organization. **Harvard Business Review**, July/Aug. 1993.

GHERARDI, Silvia. Practice-based theorizing on learning and knowing in organizations. **Organization**, v. 7, n. 2, p. 211-223, 2000.

GHERARDI, Silvia; NICOLINI, Davide. Learning in a constellation of interconnected practices: canon or dissonance?. **Journal of Management Studies**, v. 39, n. 4, p. 419-436, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

GONÇALVES, Odair Dias. Brasil ainda hesita na área nuclear. **Scientific American Brasil. Especial Energia Nuclear**, p. 35-39, Jun. 2011.

GONÇALVES, Odair Dias; ALMEIDA, Ivan Pedro Salati de. A energia nuclear e seus usos na sociedade. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 220, p. 36-44, out. 2005.

GONZÁLEZ DE GÓMEZ, Maria Nélide. Escopo e abrangências da Ciência da Informação e a Pós-Graduação na área: anotações para uma reflexão. **Transinformação**, v. 15, n. 1, p. 31-43, 2003.

\_\_\_\_\_. Informação, conhecimento e poder: do ponto de vista das relações entre política, economia e linguagem. In: ALBAGLI, Sarita; MACIEL, Maria Lucia (Org.). **Informação, conhecimento e poder: mudança tecnológica e inovação social**. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. p. 183-210.

\_\_\_\_\_. Novas fronteiras tecnológicas das ações de informação: questões e abordagens. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 55-67, 2004.

\_\_\_\_\_. Regime de informação: construção de um conceito. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 22, n. 3, p. 43-60, 2012.

GRANT, Robert M. Toward a knowledge-based theory of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 17, p. 109-122, 1996.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Segurança nuclear. In: SEMINÁRIO, 2011. **Segurança Nuclear e Radiolândia**. Rio de Janeiro: TCU, out. 2011.

GUTTERRES, Ricardo Fraga. Licenciamento e proteção radiológica de instalações médicas e de pesquisa. In: LATIN AMERICAN IRPA REGIONAL CONGRESS ON RADIATION PROTECTION AND SAFETY – IRPA, 9, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...**, abr. 2013.

HAGEDOORN, John. Inter-firm R&D partnerships: an overview of major trends and patterns since 1960. **Research Policy**, v. 31, n. 4, p. 477-492, 2002.

HALL, Bronwyn H. Innovation and diffusion. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (Ed.). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

HANSEN, Morten T. The search-transfer problem: The role of weak ties in sharing knowledge across organization subunits. **Administrative Science Quarterly**, v. 44, n. 1, p. 82-111, 1999.

HARGADON, Andrew; SUTTON, Robert I. Technology brokering and innovation in a product development firm. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, p. 716-749, 1997.

HARRIS, Lisa; COLES, Anne-Marie; DICKSON, Keith. Building innovation networks: Issues of strategy and expertise. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 12, n. 2, p. 229-241, 2000.

HIPPEL, Eric von. Horizontal innovation networks: by and for users. **Industrial and Corporate Change**, v. 16, n. 2, p. 293-315, 2007.

HISLOP, Donald. **Knowledge management in organizations: A critical introduction**. Oxford : Oxford University Press, 2009.

HOPPE, Heidrun C.; OZDENOREN, Emre. Intermediation in innovation. **International Journal of Industrial Organization**, v. 23, n. 5, p. 483-503, 2005.

HOPPEN, Norberto; LAPOINTE, Liette; MOREAU, Eliane. Um guia para avaliação de artigos de pesquisas em sistemas de informação. **Read: Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, ed. 3, v. 2, n. 2, set./out. 1996. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19397/000300124.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 abr. 2012.

HOWELLS, Jeremy. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. **Research Policy**, v. 35, n. 5, p. 715-728, 2006.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL – INB. **Ciclo do Combustível Nuclear**. Site Institucional. Disponível em: <http://www.inb.gov.br>. Acesso em: 18 abr. 2012.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Code of conduct on the safety and security of radioactive sources**. Vienna, 2004.

\_\_\_\_\_. **Comparative analysis of methods and tools for nuclear knowledge preservation**. Vienna, 2011.

\_\_\_\_\_. **Control of orphan sources and other radioactive material in the metal recycling and production industries**. Vienna, 2012b. IAEA Safety Standards Series No. SSG-17.

\_\_\_\_\_. **Fundamental safety principles: safety fundamentals**. Vienna, 2006.

\_\_\_\_\_. **Governmental, legal and regulatory framework for safety**. Vienna, 2010. IAEA Safety Standards Series GSR Part 1.

\_\_\_\_\_. **Guidance on the import and export of radioactive sources – 2012 Edition**. Vienna, 2012a.

\_\_\_\_\_. **IAEA Safety Standards – for protecting people and the environment.** Site Institucional. Disponível em: <<http://www-ns.iaea.org/standards/>>. Acesso em: 5 maio 2012.

\_\_\_\_\_. **Implications for occupational radiation protection of the new dose limit for the lens of the eye.** Vienna: 2013. IAEA-TECDOC Series, n. 1731.

\_\_\_\_\_. **Legal and governmental infrastructure for nuclear, radiation, radioactive waste and transportation safety - requirements, GS-R-1.** Viena, 2000.

\_\_\_\_\_. **Organization and staffing of the regulatory body for nuclear facilities: safety guide.** Vienna, 2002.

\_\_\_\_\_. **Predisposal management of radioactive waste.** Vienna, 2009. IAEA Safety Standards Series GSR Part 5.

\_\_\_\_\_. **Safety Culture: INSAG-4;** Viena, 1991. 31 p. IAEA Safety Series No. 75.

\_\_\_\_\_. **Security of radioactive sources.** Vienna, 2009a. IAEA Nuclear Security Series No. 11.

\_\_\_\_\_. **Site Institucional.** Disponível em: <http://www.iaea.org>. Acesso em: 18 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. **The interface between safety and security at nuclear power plants: a report by the International Nuclear Safety Group.** Vienna, 2010.

\_\_\_\_\_. **Use of irradiation as a quarantine treatment of food and agricultural commodities.** Vienna, 1992.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION – ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. **Annals of the ICRP**, v. 37, n. 2–4, p. 1-332, 2007.

INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP – INSAG. **Basic safety principles for nuclear power plants.** Vienna: IAEA, 1999. 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12.

ISSBERNER, Liz Rejane. Informação e conhecimento em redes produtivas: capacitação para o uso sustentado da biodiversidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 8., 2007, Salvador. **Anais...** . Salvador: Ancib, 2007. p. 1 - 11.

KINGDON, John W. Agendas alternativas e políticas públicas. In: SARAVIA, Enrique; FERRAREZI, Elisabeth. **Coletânea de políticas públicas.** Brasília: ENAP, 2006.

KLERKX, Laurens; HALL, Andy; LEEUWIS, Cees. Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer?. **International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology**, v. 8, n. 5, p. 409-438, 2009.

KOGUT, Bruce; ZANDER, Udo. Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. **Organization Science**, v. 3, n. 3, p. 383-397, 1992.

LAM, Alice. Organizational innovation. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (Ed.). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

LASTRES, Helena M. M.; FERRAZ, João C. Economia da informação, do conhecimento e do aprendizado. In: LASTRES, Helena M. M.; ABAGLI, S. **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999. p. 27-57.

LAVE, Jean; WENGER, Etienne. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

LEGEY, Liz Rejane Issberner. **Adoção e difusão de tecnologias de informação e comunicação**: o mercado de EDI no Brasil. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

LE MOS, C. Inovação na era do conhecimento. In: LASTRES, Helena M. M.; ABAGLI, S. **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999.

LESSER, Eric L. **Leveraging social capital in organizations**. In: LESSER, Eric L. **Knowledge and social capital**: foundations and applications. Boston: Butterworth-Heinemann, 2000. p. 3-16.

LONGO, W. P. **Conceitos básicos sobre ciência e tecnologia**. Notas de Aula. Rio de Janeiro: UFF, 2000.

LUNDVALL, Bengt-Ake. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, Giovanni et al. (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988. v. 369.

\_\_\_\_\_. **Innovation, growth and social cohesion**: the Danish model. Cheltenham Glos: Edward Elgar Publishing, 2002.

\_\_\_\_\_. **National innovation system**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

\_\_\_\_\_. **The social dimension of the learning economy**. Fibigerstraede: Aalborg University, April 1996. (Druidworking Paper n<sup>o</sup> 96-1).

LUNDVALL, Bengt-Ake; BORRÁS, S. **The globalising learning economy**: implications for innovation policy. Luxemburgo: European Communities, 1998. (Targeted Socio-Economic Research — TSER).

LUNDVALL, Bengt-Ake; MASKELL, Peter. **Nation states and economic development**: from national systems of production to national systems of knowledge creation and learning. Oxford: Oxford University Press, 2000.

LYLES, M. A. Aprendizagem organizacional e transferência de conhecimento em *Joint Ventures* Internacionais. In: FLEURY, Maria Tereza Leme; OLIVEIRA JR., Moacir de Miranda (Org.). **Gestão estratégica do conhecimento**: integrando aprendizagem, conhecimento e competências. São Paulo: Atlas, 2001.

MACIEL, M. L.; ALBAGLI, S. Cooperação internacional em ciência e tecnologia: desafios contemporâneos. In: MACIEL, M. L.; ALBAGLI, S. (Ed.) **Cooperação internacional na era do conhecimento**. Brasília: CGEE, 2010, p. 9-22.

MAGNANI, Maria Cristina Brasil; PINHEIRO, Marta Macedo Kerr. “Regime” e “Informação”: a aproximação de dois conceitos e suas aplicações na Ciência da Informação. **PBCIB**, v. 7, n. 1, 2011.

MALERBA, Franco. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, p. 247-264, 2002.

MARECHAL, Maria Helena da Hora. Licenciamento e controle de instalações radiativas no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE SAÚDE EM DESASTRES, 4, 2012, Brasília. **Anais...**, 10 out. 2012.

MARTELETO, Regina M.; SILVA, A. B. O. Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local. **Ciência da Informação**, Brasília, v.33, n.3, p. 41-49, 2004.

MASSARDIER, Gilles. Redes de políticas públicas. In: SARAVIA, Enrique; FERRAREZI, Elisabeth. **Coletânea de políticas públicas**. Brasília: ENAP, 2006. v. 2.

MAZZOTTI, Alda Judith Alves. Usos e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de Pesquisa**, v.36, n. 129, p. 637-651, 2006.

MCADAM, Rodney; MCCREEDY, Sandra. A critique of knowledge management: using a social constructionist model. **New Technology, Work and Employment**, v. 15, n. 2, p. 155-168, 2000.

MCEVILY, Bill; ZAHEER, Akbar. Bridging ties: a source of firm heterogeneity in competitive capabilities. **Strategic Management Journal**, v. 20, n. 12, p. 1133-1156, 1999.

MEEUS, Marius T. H; OERLEMANS, Leon A. G.; HAGE, Jerald. Patterns of interactive learning in a high-tech region. **Organization Studies**, v. 22, n. 1, p. 145-172, 2001.

MOWERY, David C.; ROSENBERG, Nathan. **Technology and the pursuit of economic growth**. New York: Cambridge University Press, 1989.

NAHAPIET, Janine; GHOSHAL, Sumantra. Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. **Academy of Management Review**, v. 23, n. 2, p. 242-266, 1998.

NELSON, Richard R. **National innovation systems: a comparative analysis**. New York ; Oxford : Oxford University Press, 1993.

NONAKA, Ikujiro. A dynamic theory of organizational knowledge creation. **Organization Science**, v. 5, n. 1, p. 14-37, 1994.

\_\_\_\_\_. The knowledge-creating company. **Harvard Business Review**, p. 96-104, Nov./Dec. 1991.

NONAKA, Ikijuro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Criação de conhecimento na empresa**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NONAKA, Ikujiro.; TOYAMA, Ryoko.; KONNO, Noboru. SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. In: LITTLE, Stephen E.; QUINTAS, Paul; RAY, Tim. **Managing knowledge: an essential reader**. London: Sage Publications, 2002.

OBSTFELD, David. Social networks, the tertius iungens orientation, and involvement in innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 50, n. 1, p. 100-130, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Brasília: OCDE, FINEP, 2005.

ORLIKOWSKI, Wanda J. Knowing in practice: enacting a collective capability in distributed organizing. **Organization Science**, v. 13, n. 3, p. 249-273, 2002.

PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro. Gênese da Ciência da Informação ou sinais anunciadores da nova área. In: AQUINO, Mirian de Albuquerque. **O campo da Ciência da Informação: gênese, conexões e especificidades**. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 2002. p.61-86.

\_\_\_\_\_. Informação – esse obscuro objeto da Ciência da Informação. **MORPHEUS: Revista eletrônica em Ciências Humanas – Informação e Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, 2004.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro; LOUREIRO, José Mauro Matheus. Traçados e limites da Ciência da Informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v.24, n.1, p. 42-53, jan./jul. 1995.

POPP, Andrew. “Swamped in information but starved of data”: information and intermediaries in clothing supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 5, n. 3, p. 151-161, 2000.

PORTER, M. **The competitive advantage of nations**. New York: Free Press, 1990.

POWELL, Walter W.; GRODAL, Stine. **Networks of innovators**. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford Handbooks, 2005. p. 56-85.

POWELL, Walter W.; KOPUT, Kenneth W.; SMITH-DOERR, Laurel. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. **Administrative Science Quarterly**, v. 41, n. 1, p. 116-145, 1996.

QUEIROZ, S. Aprendizado tecnológico. In: PELAEZ, Victor. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 193-211.

REIMAN, T.; ROLLENHAGEN, Carl; PIETIKÄINEN, E. Professionals' beliefs about nuclear safety-An interview study in the nordic nuclear branch. In: INTERNATIONAL

PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT AND MANAGEMENT CONFERENCE, 11. **Proceedings...** Toukyou: Nihon Genshiryoku Gakkai, 2012. v. 8, p. 6533-6541.

ROGERS, Everett, M. **Diffusion of innovations**. New York: Free Press, 1995.

ROSENBERG, Nathan. **Learning by using**. In: ROSENBERG, Nathan. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. p. 102-140.

SANTOS, Domingos. Política de inovação: filiação histórica e relação com as políticas de desenvolvimento territorial. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 3, 2003.

SAPSED, Jonathan; GRANTHAM, Andrew; DEFILLIPPI, Robert. A bridge over troubled waters: Bridging organisations and entrepreneurial opportunities in emerging sectors. **Research Policy**, v. 36, n. 9, p. 1314-1334, 2007.

SCARBROUGH, Harry. Path (ological) dependency? Core competencies from an organizational perspective. **British Journal of Management**, v. 9, n. 3, p. 219-232, 1998.

SCHOENMAKERS, Wilfred; DUYSTERS, Geert. Learning in strategic technology alliances. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 18, n. 2, p. 245-264, 2006.

SCHULTZE, Ulrike; STABELL, Charles. Knowing what you don't know? Discourses and contradictions in knowledge management research. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 4, p. 549-573, 2004.

SPENDER, J. C. **Gerenciando sistemas de conhecimento**. In: FLEURY, Maria Tereza Leme; OLIVEIRA JR., Moacir de Miranda (Org.). **Gestão estratégica do conhecimento: integrando aprendizagem, conhecimento e competências**. São Paulo: Atlas, 2001.

STAUDE, Fábio; RAMIREZ, Matias. Inter-Organisational knowledge transfer: building and sustaining the sources of innovation in nuclear safety and security. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE - INAC 2013, Recife. **Proceedings ...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear - ABEN, 2013.

STEWART, James; HYYSALO, Sampsa. Intermediaries, users and social learning in technological innovation. **International Journal of Innovation Management**, v. 12, n. 3, p. 295-325, 2008.

SWAN, Jacky et al. Knowledge management and innovation: networks and networking. **Journal of Knowledge Management**, v. 3, n. 4, p. 262-275, 1999.

TAUHATA, Luiz et al. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003.

TEECE, David J. As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para as economias de industrialização recente. In: KIM, Linsu; NELSON, Richard (Org.). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: UNICAMP, 2005.

\_\_\_\_\_. Firm organization, industrial structure, and technological innovation. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 31, n. 2, p. 193-224, 1996.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. *Gestão da inovação*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

\_\_\_\_\_. Innovation as a management process. In: TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Managing innovation**: integrating technological market and organizational change. New York: John Wiley & Sons, 1997. Cap. 2.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TSEKOURAS, George; KANELLOU, Despina; RAI, Neha. Redefining learning networks through ICT capabilities: representations, behaviours and intermediation strategies. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 25, n. 3, p. 257-279, 2013.

TSOUKAS, Haridimos. The firm as a distributed knowledge system: a constructionist approach. **Strategic Management Journal**, v. 17, p. 11-25, Winter 1996.

VAN DE VEN, Andrew et al. **The innovation journey**. New York: Oxford University Press, 1999.

WALSHAM, Geoff. Knowledge management: the benefits and limitations of computer systems. **European Management Journal**, v. 19, n. 6, p. 599-608, 2001.

WEIR, David; HUTCHINGS, Kate. Cultural embeddedness and contextual constraints: knowledge sharing in Chinese and Arab cultures. **Knowledge and Process Management**, v. 12, n. 2, p. 89-98, 2005.

WENGER, Etienne. Communities of practice and social learning systems. **Organization**, v. 7, n. 2, p. 225-246, 2000.

WERR, Andreas; STJERNBERG, Torbjörn. Exploring management consulting firms as knowledge systems. **Organization Studies**, v. 24, n. 6, p. 881-908, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

## **APÊNDICE A - INFORMAÇÕES COLETADAS NO ESTUDO DE CASO A: ESTABELECIMENTO DE NOVOS PROCEDIMENTOS DE CONTROLE ASSOCIADOS AO LIMITE DA DOSE OCUPACIONAL PARA O CRISTALINO DOS OLHOS EM INDIVÍDUOS OCUPACIONALMENTE EXPOSTOS (LIMITE DE DOSE)**

### **Atividade**

Avaliações de segurança em instalações que manipulam fontes de radiação.

### **Inovação**

Estabelecimento de novos procedimentos de controle associados ao limite da dose ocupacional para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos.

### **Fontes de informação / conhecimento**

- *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)*;
- *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*;
- Peritos na área de proteção radiológica de 25 países<sup>44</sup>;
- Peritos de organismos internacionais<sup>45</sup>; e
- Membros do *Radiation Safety Standards Committee (RASSC)*<sup>46</sup>.

### **Processos de informação e conhecimento**

As fontes primárias de informação, que motivaram a adequação dos requisitos de proteção radiológica sobre o tema, foram os estudos científicos sumarizados pela UNSCEAR<sup>47</sup> e os relatórios científicos produzidos por organizações internacionais específicas (ex. relatórios sobre os efeitos biológicos das radiações ionizantes produzidos pelas Academias Nacionais dos Estados Unidos<sup>48</sup>).

<sup>44</sup> Austrália, Bélgica, Canadá, China, França, Alemanha, Grécia, Islândia, Indonésia, Itália, Japão, Lituânia, Holanda, Noruega, Paquistão, Filipinas, Polônia, Rússia, Eslováquia, Espanha, Suécia, Ucrânia, Reino Unido, Estados Unidos e Vietnã.

<sup>45</sup> *European Commission (EC)*, *European Nuclear Installation Safety Standards Initiative (ENISS)*, *International Society of Radiology (ISR)*, *Pan American Health Organization (PAHO)*, *World Health Organization (WHO)* e *World Nuclear Association (WNA)*

<sup>46</sup> Comitê da AIEA responsável pela preparação e revisão dos padrões de segurança da área de proteção radiológica, composto por membros do secretariado da Agência, por peritos seniores dos estados membros dessa agência e por peritos de organizações internacionais (ex. UNSCEAR, ICRP, dentre outros).

<sup>47</sup> Organismo que compõe o sistema das Nações Unidas, cuja principal função é avaliar e relatar os níveis e os efeitos da exposição à radiação ionizante. O Brasil é membro desse comitê desde a sua constituição, em 1955.

<sup>48</sup> *US National Academies*. Disponível em: <<http://www.nas.edu/>>

Com base nesses estudos e avaliações, foi elaborado pelo ICRP<sup>49</sup> um relatório técnico que recomendou o estabelecimento de um novo limite de dose ocupacional para o cristalino dos olhos em indivíduos ocupacionalmente expostos. O referido relatório foi elaborado em 2007, por um grupo de trabalho composto por representantes técnicos de 11 países<sup>50</sup> (ICRP, 2007).

Para garantir a transparência e a interação do ICRP junto à sociedade, o relatório foi submetido à consulta pública (*via internet*), quando foram realizadas adequações e incorporadas sugestões relevantes ao documento. Além disso, é prática instituída pelo ICRP convidar observadores de diversas organizações internacionais para as reuniões de trabalho conduzidas pela comissão.

Com base nos sumários científicos sobre os níveis e efeitos da radiação no cristalino dos olhos apresentados pelo UNSCEAR e nas recomendações fornecidas pelo ICRP, foi iniciado, no âmbito da AIEA, um processo de discussão visando o estabelecimento de medidas de segurança e de recomendações associadas aos procedimentos necessários para a adequação de práticas, na medicina, na indústria e em instalações nucleares, ao novo limite de dose.

O ponto de partida para a incorporação desse limite aos padrões de segurança da AIEA foi a realização, em outubro de 2012, de uma reunião técnica de 3 dias, fomentada pela própria Agência, com peritos da área de proteção radiológica de diversos países<sup>51</sup>. O propósito da reunião foi discutir possíveis orientações práticas para a implementação do novo limite de dose. Um dos principais resultados da referida reunião foi a elaboração de um relatório técnico abordando os aspectos que deveriam ser considerados na elaboração dos guias regulatórios associadas ao tema.

---

<sup>49</sup> Organização internacional não governamental independente, responsável pela proposição de políticas de proteção radiológica para legisladores, órgãos reguladores, operadores e, em última instância, para o público em geral. Conta com mais de 200 membros voluntários, de aproximadamente 30 países. Esses membros representam os principais cientistas e formuladores de políticas na área de proteção radiológica. É financiado por organizações com interesse na área ([ICRP](#)).

<sup>50</sup> Rússia, Suíça, Argentina, Reino Unido, África do Sul, Alemanha, China, Japão, França, Suécia e Coreia do Sul.

<sup>51</sup> Participaram dessa reunião, representantes da Austrália, Bélgica, Canadá, China, França, Alemanha, Grécia, Islândia, Indonésia, Itália, Japão, Lituânia, Holanda, Noruega, Paquistão, Filipinas, Polônia, Rússia, Eslováquia, Espanha, Suécia, Ucrânia, Reino Unido, Estados Unidos e Vietnã e, ainda, peritos de organismos internacionais (*European Commission* (EC), *European Nuclear Installation Safety Standards Initiative* (ENISS), *International Society of Radiology* (ISR), *Pan American Health Organization* (PAHO), *World Health Organization* (WHO) e *World Nuclear Association* (WNA); e Membros do *Radiation Safety Standards Committee* (RASSC)).

O conjunto de recomendações apresentado nesse relatório foi utilizado como referência para a elaboração de um documento técnico da AIEA (TECDOC<sup>52</sup>), denominado “*Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye*” (IAEA, 2013). Esse documento foi elaborado em 2013, com a contribuição de peritos de 26 países<sup>53</sup>. Durante a sua elaboração foram realizadas reuniões de consultoria em fevereiro (5 dias) e em maio de 2013 (3 dias). Antes de sua finalização, uma versão inicial do documento (TECDOC) foi disponibilizada aos estados membros da AIEA, tanto para consulta e utilização prévia, como para o eventual recebimento de comentários e sugestões de adequação.

No âmbito internacional, ainda está pendente a revisão dos padrões de proteção radiológica da AIEA que contemplam as recomendações associadas ao novo limite de dose para o cristalino dos olhos.

Atualmente, as informações relacionadas às recomendações do ICRP, as informações do relatório elaborado na reunião técnica e as informações fornecidas pelo TECDOC estão sendo utilizadas como referência no processo de revisão desses padrões, representados por dois guias de segurança: “Proteção Radiológica Ocupacional” e “Proteção radiológica nos Usos Médicos das Radiações Ionizantes”. A previsão é de que sejam publicados até 2016. No momento, esses guias de segurança estão sendo discutidos e revisados no âmbito do *Radiation Safety Standards Committee* (RASSC), composto por representantes de órgãos reguladores dos 162 estados membros da AIEA.

A participação nas reuniões desse comitê é financiada pelo próprio país. O Brasil participa regularmente dessas reuniões, apresentando sugestões de adequação. Tais sugestões são, na maioria das vezes, previamente discutidas entre os profissionais do órgão regulador brasileiro, com base no material de referência fornecido pelo ICRP e AIEA, e na experiência acumulada pelo País na área.

Apesar de ainda não estar formalizado nos padrões de segurança da AIEA, o Brasil já está empreendendo ações para a adoção do novo limite de dose recomendado pelo ICRP, e tem fornecido orientações técnicas aos profissionais da área, voltadas ao estabelecimento de medidas que visem a adequação dos procedimentos realizados com radiação ionizante nas áreas médica e industrial e em instalações nucleares. Essas orientações estão associadas, por

---

<sup>52</sup> Documentos desse tipo representam, entre os estados membros da Agência, um conjunto de orientações considerado consensual em relação a temas específicos.

<sup>53</sup> Alemanha, Filipinas, Suécia, Polônia, China, Ucrânia, Reino Unido, Itália, Estados Unidos, Indonésia, Grécia, Rússia, Vietnã, Suíça, Islândia, Eslováquia, Noruega, França, Canadá, Paquistão, Lituânia, Bélgica, Holanda, Espanha, Austrália e Japão.

exemplo, à necessidade de avaliação da adequação dos métodos de monitoração de dose ocupacional e dos procedimentos atualmente utilizados pelas instalações, bem como dos equipamentos de proteção individual (EPI). No entanto, ainda não foram estabelecidos dispositivos que permitam que o órgão regulador exija das instalações radiativas que os novos limites de dose sejam cumpridos.

### **Mecanismos de suporte à inovação**

O ICRP e a AIEA contribuíram de forma significativa para a implementação da inovação analisada. Foram os organismos responsáveis pela identificação de estudos relevantes que indicavam a necessidade de adequação dos limites das doses ocupacionais para o cristalino dos olhos e conduziram os processos de discussão sobre o tema. Foram, nesse caso, as instâncias responsáveis pelas interações entre os especialistas da área, fomentando reuniões técnicas que permitiram o estabelecimento de um conjunto de recomendações que refletem um consenso internacional sobre o que é importante para a proteção das pessoas contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes.

De forma adicional, é importante considerar o importante papel das tecnologias de informação e comunicação no processo de adequação dos documentos elaborados pela ICRP e AIEA, uma vez que a consulta pública, via *internet*, permitiu a participação de um número maior de especialistas com interesse no tema, assegurando a transparência do processo de elaboração de padrões de segurança, bem como a interação entre profissionais da área, proporcionando a oportunidade de apresentação de sugestões para adequação e melhoria dos documentos.

## **APÊNDICE B – INFORMAÇÕES COLETADAS NO ESTUDO DE CASO B: ESTABELECIMENTO DE UM REGIME INTERNACIONAL DE CONSULTA MÚTUA ENTRE ESTADOS IMPORTADORES E EXPORTADORES PARA APROVAÇÃO DE EXPORTAÇÕES DE FONTES RADIOATIVAS E NOTIFICAÇÃO DE EMBARQUE (CONSULTA MÚTUA)**

### **Atividade**

Controle de importação, exportação e distribuição de fontes radioativas

### **Inovação**

Estabelecimento de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque.

### **Fontes de informação / conhecimento**

- Padrões de proteção radiológica e segurança nuclear da AIEA;
- Peritos dos países que participaram da elaboração do Código de Conduta para a Segurança e Proteção de Fontes Radioativas;
- Peritos dos países que participaram da elaboração do Guia para a Importação e Exportação de Fontes Radioativas; e
- Peritos do Canadá, Estados Unidos e Argentina.

### **Processos de informação e conhecimento**

O primeiro evento internacional que tratou da segurança de fontes radioativas e proteção de materiais radioativos foi uma conferência realizada na França, em setembro de 1998. O evento foi organizado pelas seguintes organizações: Comissão Europeia, AIEA, *International Criminal Police Organization* (INTERPOL) e a *World Customs Organization* (WCO). A “Conferência Internacional sobre Segurança de Fontes e Materiais Radioativos” conseguiu reunir, pela primeira vez, peritos em proteção radiológica com profissionais de órgãos das áreas de regulação, alfandegária e de polícia. Tal evento foi motivado pelo crescente número de acidentes radiológicos decorrentes de falhas de segurança, por exemplo, os acidentes associados à venda, como sucata, de fontes utilizadas em radioterapia, ou aos casos onde essas fontes foram encontradas ou roubadas por indivíduos, causando mortes. O evento também foi motivado pela preocupação mundial com o tráfico ilícito de materiais

nucleares e radioativos, considerado uma séria ameaça do ponto de vista da proliferação nuclear, bem como pela potencial utilização desses itens em atos de terrorismo e, principalmente, pelo perigo radiológico que esses equipamentos e materiais representam para a população em geral, quando utilizados de forma inadvertida. Na conferência, foi estabelecido um consenso sobre a necessidade de se realizar um controle internacional mais efetivo sobre fontes radioativas.

Após o evento, foi solicitado pela Junta de Governadores da AIEA que fosse iniciado, no âmbito da Agência, um amplo processo de discussão relacionado ao estabelecimento de diretrizes internacionais na área de proteção radiológica e segurança de fontes radioativas. O resultado disso foi a elaboração de um plano de ação envolvendo uma série de reuniões do tipo “*open-ended*”<sup>54</sup> para tratar do assunto, com especialistas técnicos e jurídicos, nomeados ou indicados pelos estados membros. Tais especialistas apontaram para a necessidade de se estabelecer um código de conduta relacionado ao tema, no entanto, aplicável apenas a fontes radioativas de alto risco (classificado conforme Resolução nº 112 (CNEN, 2011). A “Conferência Internacional de Autoridades Regulatórias Nacionais com Competência em Proteção Radiológica de Fontes Radioativas e Segurança de Materiais Radioativos”, realizada em 2000, na Argentina, estabeleceu as principais disposições desse Código. No entanto, a preocupação internacional sobre a proteção de fontes radioativas foi intensificada após o evento de 11 de setembro de 2001. Em função disso, novas diretrizes e recomendações foram incorporadas às discussões sobre o Código na “Conferência Internacional sobre Proteção de Fontes Radioativas”, realizada em Viena, em março de 2003. Em junho do mesmo ano, a Declaração sobre “Não Proliferação de Armas de Destruição em Massa – Proteção de Fontes Radioativas”, feita pelo Grupo dos Oito (G8)<sup>55</sup>, em reunião de cúpula realizada na França, forneceu o suporte político necessário para a implementação do Código.

O texto do “Código de Conduta para a Segurança e Proteção de Fontes Radioativas” foi aprovado pela Junta de Governadores da AIEA, em uma Conferência Geral realizada em setembro de 2003. Nesse evento, foi solicitada a constituição de grupos de peritos para discutir e elaborar um guia para orientar o processo de importação e exportação de fontes radioativas. Os peritos chegaram a um consenso sobre o conteúdo do “Guia para a Importação e Exportação de Fontes Radioativas”, em julho de 2004, que foi aprovado pela mesma junta em setembro de 2004.

<sup>54</sup> sem a fixação de limites ou restrições, abertas à futuras mudanças, revisões ou complementações

<sup>55</sup> [grupo internacional composto pelos sete países mais industrializados e desenvolvidos economicamente do mundo \(Estados Unidos, Japão, Alemanha, Reino Unido, França, Itália e Canadá\), mais a Rússia.](#)

Em 2005, foi iniciado um processo formal de troca de experiências entre os estados membros da AIEA. Em uma conferência realizada na França, em junho e julho de 2005, foram estabelecidas as primeiras medidas para o início de um processo contínuo de compartilhamento de experiências e de lições aprendidas na implementação do Código e na utilização do Guia. Ficou estabelecido que seriam realizadas reuniões internacionais, a cada três anos, e reuniões regionais periódicas, visando a discussão e a avaliação do progresso alcançado na implementação do Guia em âmbito internacional, envolvendo o compartilhamento de experiências, lições aprendidas e boas práticas entre os estados, bem como a identificação dos desafios presentes e futuros associados a garantia da segurança e proteção de fontes radioativas. Adicionalmente, foi incentivado que os estados membros apresentassem relatórios nacionais com suas experiências e lições aprendidas. Entre 2006 e 2012 foram realizadas 7 reuniões internacionais anuais dedicadas ao compartilhamento de experiências sobre o tema<sup>56</sup>, todas em Viena. O Brasil participou de 6 dessas reuniões.

Além das reuniões internacionais, foram realizados diversos workshops e reuniões regionais, também dedicadas ao compartilhamento de experiências, lições aprendidas, sucessos e desafios associados ao controle e movimentação de fontes radioativas. O Brasil participou ativamente nas duas reuniões regionais para países da América Latina e Caribe<sup>57</sup>.

As experiências reportadas, representadas pelas estratégias, planos de ação, boas práticas, lições aprendidas, dificuldades, desafios e recomendações apresentadas por cada país, foram discutidas e documentadas em todas essas instâncias.

Um dos resultados da ação conjunta dos estados membros da AIEA em torno do tema, foi a revisão do “Guia para a Importação e Exportação de Fontes Radioativas”. O documento revisto foi aprovado pela Junta de Governadores da AIEA em setembro de 2011.

Essas discussões identificaram que uma das principais características do processo de controle de fontes entre países é a dificuldade de homogeneização do arcabouço legal sobre o assunto e a dificuldade de exigência de informações fora do âmbito nacional, uma vez que

---

<sup>56</sup> A primeira delas foi realizada em 2006, contando com peritos de 66 estados membros da AIEA, 5 estados não-membros e representantes da Comissão Europeia. Em 2007, participaram da reunião 122 peritos de 70 estados membros, 2 estados não-membros e observadores de 3 organizações independentes. Em 2008, participaram 167 peritos de 87 estados membros, 4 estados não membros e observadores de 3 organizações independentes. Em 2009, 75 peritos de 51 estados membros e observadores de 2 organizações independentes. Em 2010, 160 peritos de 90 estados membros e de 1 estado não membro, e observadores de 5 organizações independentes. Em 2011, 155 peritos de 82 estados membros e observadores de 3 organizações independentes. Em 2012, 148 peritos de 62 estados membros e de 1 estado não membro e de observadores de 2 organizações independentes.

<sup>57</sup> A primeira delas foi em 2006, no México, reunindo 16 participantes de 8 estados membros. A segunda reunião para os países da região foi realizada em 2011, no Chile, contando com a participação de 27 peritos de 18 estados membros, além de peritos do Foro Ibero-Americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares (FORO) e das autoridades reguladoras dos Estados Unidos e Canadá.

esse tipo de relação possui, de alguma forma, caráter diplomático. Além disso, os próprios documentos produzidos pelos estados membros da AIEA, nesse caso, o Código e o Guia, não podem ser colocados como obrigatórios aos países. Dessa forma, a implementação das medidas associadas a esses documentos envolve o comprometimento formal de cada país com o atendimento dos requisitos e diretrizes estabelecidas nesses documentos.

O Brasil foi um dos primeiros países a estabelecer formalmente, junto à AIEA, o compromisso político de implementar o Código no País e agir de acordo com as orientações fornecidas pelo “Guia para a Importação e Exportação de Fontes Radioativas”. Para resolver a questão associada à troca de informações entre países, foi estabelecido no País, como procedimento, um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque.

Esse regime está baseado em Acordos Bilaterais firmados, até 2013, com os Estados Unidos, Canadá e Argentina. Tais acordos envolveram a realização de uma série de reuniões de negociação e consenso, bem como *workshops* relacionados ao tema, em função da necessidade de harmonização de procedimentos entre países.

Atualmente, os procedimentos adotados pelo Brasil no controle e movimentação de fontes radioativas estão baseados nesses acordos, nas orientações fornecidas pelos documentos da AIEA e na experiência acumulada ao longo do processo de discussão das melhores práticas para a condução da atividade no País e no mundo.

### **Mecanismos de suporte à inovação**

As reuniões promovidas pela AIEA associadas ao compartilhamento de experiências, lições aprendidas, sucessos e desafios associados ao controle e movimentação de fontes radioativas, contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento dos procedimentos adotados pelo Brasil no controle da movimentação de fontes no País.

Adicionalmente, os padrões de segurança desenvolvidos e estabelecidos pela AIEA na área de proteção radiológica forneceram a base normativa necessária para o desenvolvimento desses procedimentos.

Outros importantes mecanismos de suporte ao desenvolvimento da inovação identificada foram os acordos bilaterais firmados entre o Brasil e os Estados Unidos, Canadá e Argentina. O estabelecimento desses acordos envolveu processos de negociação e discussão baseados na experiência acumulada por cada país na atividade, uma vez que tais acordos estiveram vinculados a harmonização de procedimentos.

Atualmente, o controle da movimentação de fontes radioativas no País está representado por um conjunto de procedimentos estabelecidos principalmente no contexto desses acordos, a partir da implementação, pelo Brasil, de um regime internacional de consulta mútua entre estados importadores e exportadores para aprovação de exportações de fontes radioativas e notificação de embarque.

## **APÊNDICE C – INFORMAÇÕES COLETADAS NO ESTUDO DE CASO C: ESTABELECIMENTO DE NOVOS PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DE FONTES RADIOATIVAS ÓRFÃS E DE MATERIAIS RADIOATIVOS NA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM (INDÚSTRIA DE RECICLAGEM)**

### **Atividade**

Preparação e resposta a emergências radiológicas

### **Inovação**

Estabelecimento de novos procedimentos para o controle de fontes radioativas órfãs e de materiais radioativos na indústria de reciclagem

### **Fontes de informação / conhecimento**

- Padrões de proteção radiológica e segurança nuclear da AIEA;
- Guia desenvolvido pelo órgão regulador nuclear da Espanha para tratar do tema;
- Peritos dos países membros do Fórum Ibero-Americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares (FORO); e
- Peritos dos países que participaram da elaboração do Guia “Controle de Fontes Órfãs e de Outros Materiais Radioativos na Indústria de Reciclagem de Metal e de Produção Industrial”.

### **Processos de informação e conhecimento**

Nos últimos anos, a AIEA tem desenvolvido e fornecido uma série de padrões de segurança que estabelecem os requisitos para o controle regulatório de material radioativo e orientações para a proteção de fontes radioativas<sup>58</sup>. Esses padrões refletem o consenso internacional sobre o que constitui um alto nível de segurança para a proteção das pessoas e do meio ambiente contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes. Foram desenvolvidos por peritos nomeados pelos estados membros da Agência e são periodicamente submetidos a processos de revisão.

No entanto, ainda que, baseados nesses requisitos, tenha sido estabelecido um conjunto de medidas para o controle efetivo de fontes por determinado país, é possível que

---

<sup>58</sup> ex: *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources* (FAO et al, 1996); *Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety* (IAEA, 2010); *Predisposal Management of Radioactive Waste* (IAEA, 2009) e *Security of Radioactive Sources* (IAEA, 2009a).

seja observada a existência de fontes na condição de órfã desde antes da aplicação desse controle. Além disso, são vários os países que não possuem um sistema de controle de fontes bem desenvolvido ou, mesmo que o tenham, podem falhar na realização desse controle, e ter fontes ou materiais radioativos presentes em metais destinados à reciclagem.

Com base nessa preocupação, em 2009, foi realizada na Espanha a “*Conferencia Internacional sobre Control y Gestión de Material Radioactivo Inadvertidamente Presente en Reciclado de Metales*”. Participaram do evento mais de 200 peritos de 65 países e 5 organizações internacionais. No evento foi estabelecido o consenso de que a presença de material radioativo em sucatas é um problema global, e que a prevenção e detecção desse tipo de situação envolvem esforços coordenados internacionalmente, que permitam o compartilhamento de experiências e lições aprendidas.

Uma das principais instâncias envolvidas com desenvolvimento de iniciativas sobre o tema foi o Fórum Ibero-Americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares (FORO), composto por especialistas dos órgãos reguladores da Argentina, Brasil, Chile, Cuba, México, Perú, Espanha e Uruguai. O objetivo central do FORO é contribuir para o aprimoramento das atividades regulatórias do uso da energia nuclear dos países associados. Um de seus pilares é o intercâmbio de experiências e a realização de atividades conjuntas voltadas a solução de problemas comuns, visando o fortalecimento da capacidade e da competência de seus membros. Outro elemento preconizado pelo FORO é o desenvolvimento contínuo de um programa técnico cooperativo, sustentado por um plano de trabalho comum que prioriza as necessidades nacionais e regionais de seus membros, e por uma rede de conhecimento na área proteção radiológica e segurança nuclear. O Fórum atua em um conjunto de áreas consideradas prioritárias, nas quais são desenvolvidos projetos e atividades técnicas. As áreas temáticas de atuação são: (a) proteção radiológica ocupacional; (b) proteção radiológica de pacientes; (c) proteção radiológica do público e do meio ambiente; (d) preparação e resposta a emergências; (e) P&D em acidentes e incidentes; (f) controle de fontes; (g) descomissionamento de instalações; (h) gerência de rejeitos; (i) segurança nuclear; (j) transporte de material radioativo; (k) assuntos jurídicos; (l) fatores humanos e organizacionais; e (m) proteção física. A experiência acumulada por seus membros na área temática “controle de fontes”, baseada em casos de sucesso observados em alguns países que compõem o FORO, permitiu o estabelecimento de uma competência regional associada ao tema.

Com o objetivo de aproveitar essa experiência, o Comitê Técnico do FORO, constituído pelos dirigentes máximos dos órgãos reguladores dos países membros, aprovou,

em 2009, um projeto de cooperação com o objetivo de estruturar o conhecimento adquirido e desenvolver uma estratégia harmonizada para o controle de fontes em metais destinados à reciclagem.

Utilizando como base as conclusões da citada Conferência Internacional, realizada na Espanha, foi constituído um grupo de trabalho formado por peritos de todos os estados membros do FORO, para o desenvolvimento de uma “Estratégia para a prevenção, detecção e resposta à presença inadvertida de material radioativo na indústria de reciclagem de metais e outros processos associados”. Os trabalhos desenvolvidos pelo grupo de trabalho resultaram na elaboração de um documento final estabelecendo os procedimentos considerados mais adequados para tratar do controle de fontes nessas situações. O documento foi publicado em setembro de 2011. Foi elaborado com o objetivo de: (a) aumentar a eficácia dos programas nacionais de controle de radioatividade em sucatas, aproveitando as experiências acumuladas por cada um dos países; (b) dispor de uma estratégia homogênea e eficaz para a detecção de material radioativo e alcançar um alto nível de capacidade de resposta; (c) melhorar a eficiência na utilização de recursos, mediante a utilização de mecanismos de atuação conjunta; e (d) criar uma rede de peritos sobre o tema, com ampla capacidade de assessorar o FORO, e outros países da região, que podem solicitar apoio ou assistência para a solução desses problemas ou outros similares. Participaram do processo de discussão e elaboração do documento 14 peritos dos seguintes países: Brasil, Cuba, Chile (2 representantes), Espanha, México (2 representantes), Perú, Uruguai (2 representantes) e Argentina. O grupo de trabalho contou ainda com a participação de 3 representantes da AIEA, atuando como peritos e facilitadores. O processo de elaboração do documento envolveu a realização de 4 reuniões<sup>59</sup>, onde foram apresentadas as experiências acumuladas por cada país sobre o tema, os sistemas de controle utilizados e propostas de melhoria para o processo. Foi ainda discutido e elaborado o conteúdo do documento. Uma parte do trabalho de consolidação de informações foi realizado à distância, via e-mail. As principais referências utilizadas neste trabalho foram: as conclusões da conferência internacional sobre o tema, realizada na Espanha; os padrões de segurança da AIEA e um guia já utilizado pela Espanha. O documento final foi publicado pelo FORO em setembro de 2011.

O segundo documento que, de forma complementar, foi utilizado para o estabelecimento dos procedimentos atualmente praticados pelo Brasil na atividade de prevenção, detecção e resposta para a presença de materiais radioativos em sucatas, foi o guia

---

<sup>59</sup> Em Havana, Cuba, em março de 2010; Madri, Espanha, em março de 2011; Rio de Janeiro, Brasil, em julho de 2011; e Buenos Aires, Argentina, em setembro de 2011.

“Controle de Fontes Órfãs e de Outros Materiais Radioativos na Indústria de Reciclagem de Metal e de Produção Industrial”, desenvolvido no âmbito da AIEA. Participaram na elaboração desse documento 60 peritos de 38 estados-membros da Agência, incluindo o Brasil, e representantes de 3 organizações internacionais. Nesse documento foram consideradas as contribuições fornecidas pelo documento elaborado no âmbito do FORO e as contribuições fornecidas por outras instâncias regionais. O referido guia foi aprovado e publicado em 2012.

Os procedimentos praticados pelo Brasil foram desenvolvidos basicamente a partir da experiência acumulada pelo País e dos padrões de segurança, e utilizaram como referência principalmente os dois documentos apresentados.

No entanto, a atividade de controle de fontes e de materiais radioativos na indústria de reciclagem está permanentemente sujeita a adequações e melhorias, baseadas na evolução do conhecimento sobre o tema.

As formas de controle continuam em discussão em várias instâncias e regiões. Desde a publicação do guia elaborado pela AIEA, foram promovidos pela Agência dois workshops regionais. O primeiro foi o “*Ibero-American Expert Meeting on Radiological Monitoring of Scrap and Recovery of Radioactive Sources*”, que ocorreu no México, em fevereiro de 2013, com a duração de 5 dias. Contou com a participação de peritos da Espanha e de vários países da América Latina e Caribe. O segundo evento regional foi o “*Regional Workshop on Transboundary Movement of Scrap Metal and Other Commodities that Inadvertently Contain Radioactive Material*”, realizado em junho de 2013, em Malta, também com a duração de 5 dias<sup>60</sup>. É interessante destacar que, dos países que participaram desse *workshop*, menos de cinco haviam participado de reuniões relacionadas ao tema. Nesse caso, o evento foi útil como mecanismo de difusão dos conhecimentos associados ao controle de fontes e de materiais radioativos na indústria de reciclagem. Os eventos trataram dos aspectos associados à implementação de sistemas nacionais de controle, incluindo a apresentação da experiência acumulada por países mais avançados no assunto.

O conhecimento disponível sobre o assunto continua sendo discutido em várias instâncias, evoluindo a partir de lições aprendidas e da experiência obtida na implementação desse tipo de controle em diversos países. Isto significa que, apesar de o órgão regulador brasileiro já possuir um conjunto de procedimentos estabelecido, o que constitui o caso

---

<sup>60</sup> Esse workshop contou com a participação de 29 representantes de Malta, Albânia, Bósnia e Herzegovina, Croácia, Chipre, Egito, Gana, Grécia, Jordânia, Líbano, Líbia, República da Macedônia, Montenegro, Marrocos, Nigéria, Eslovênia, Tunísia, Turquia e Tanzânia.

analisado na pesquisa, esses procedimentos estarão sempre sujeitos a adequações e melhorias, que serão oportunamente incorporadas às atividades de controle de fontes e de materiais radioativos na indústria de reciclagem no País.

### **Mecanismos de suporte à inovação**

A inovação analisada foi desenvolvida com base na experiência brasileira em atividades associadas ao controle de fontes radioativas e, principalmente, em documentos de referência elaborados com o apoio do FORO e da AIEA.

A participação brasileira na elaboração desses documentos, com conteúdo que representam o consenso entre os especialistas da área sobre as práticas mais adequadas para o controle de fontes na indústria de reciclagem, também contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento dos procedimentos adotados pelo Brasil nessa atividade. Permitiu que as práticas utilizadas pelo País fossem discutidas em várias instâncias e aprimoradas com base na experiência acumulada por países que atuam na mesma atividade.

O FORO também viabilizou a homogeneização de procedimentos entre países da América Latina e Caribe e estabeleceu mecanismos, formais e informais, de ajuda mútua para a solução de problemas comuns.

## **APÊNDICE D – INFORMAÇÕES COLETADAS NO ESTUDO DE CASO D: APLICAÇÃO DE GUIA PARA O LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES COM CÍCLOTRONS (INSTALAÇÕES COM CÍCLOTRONS)**

### **Atividade**

Licenciamento de instalações com fontes radioativas

### **Inovação**

Aplicação de guia para o licenciamento de instalações com Cíclotrons

### **Fontes de informação e conhecimento**

- Instrutores do Canadá e da Bélgica (treinamento sobre o tema, realizado em 2007);
- General Eletric Company (EUA);
- IBA Group (Bélgica);
- Peritos de órgãos reguladores (Canadá, Finlândia, Argentina, Cuba e Uruguai); e
- Padrões de segurança da AIEA.

### **Processos de informação e conhecimento**

Em função da importância do tema e da inexistência de normas e orientações específicas associadas ao licenciamento de instalações com cíclotrons, foi ministrado no Rio de Janeiro, em 2007, pela AIEA, um curso de licenciamento e inspeções de instalações com cíclotrons. O curso teve a duração de 1 semana, com a participação de dois peritos do órgão regulador do Canadá, e um perito do órgão regulador da Bélgica, como instrutores. O treinamento tratou de temas relacionados ao licenciamento dessas instalações, destacadamente os associados à análise de documentos de operação, informações mínimas necessárias para a composição do processo de licenciamento, operação e sistemas de segurança de cíclotrons e fontes radioativas associadas e inspeções.

Em 2009, foram enviados 2 especialistas brasileiros da área de licenciamento para a realização de treinamento nos 2 maiores fabricantes de cíclotrons (GE e IBA). Esse treinamento teve a duração de 15 dias e tratou basicamente de aspectos relacionados à operação e manutenção desses equipamentos.

De 2010 a 2012, especialistas brasileiros participaram de 4 missões no Uruguai e Equador, visando transmitir o conhecimento acumulado pelo Brasil sobre o tema e apoiar a

implementação de programas de licenciamento e controle de instalações com cíclotrons naqueles países.

Em 2010, foi publicado, por peritos brasileiros, artigo científico sobre segurança na operação de cíclotrons no periódico *Medical Physics*<sup>61</sup>.

Em Junho de 2012, por solicitação e com o apoio da AIEA, foi desenvolvido, por peritos do Brasil, Argentina, Cuba e Uruguai, documento denominado “*Guía para Autorización e Inspección: Instalaciones com Cíclotron*”. A elaboração desse material envolveu a realização de diversas reuniões de trabalho presenciais e por videoconferência. O documento representou a contribuição da região para a elaboração do “guia mundial” sobre o tema.

No contexto do projeto de cooperação técnica “*Fortalecimiento de las infraestructuras reglamentarias nacionales para el control de las fuentes de radiación*”, a AIEA solicitou ao Brasil que fosse ministrado curso sobre o tema para países da América Latina. Tal curso, denominado “*Curso Regional de Capacitación sobre Control Reglamentario de las Instalaciones de Ciclotrón y Aplicaciones PET/TC*”, foi realizado em Belo Horizonte, em Agosto de 2012, com a duração de duas semanas. O curso foi ministrado por instrutores do Brasil e mais um instrutor de Cuba, para um público composto por especialistas da área de proteção radiológica e segurança nuclear de 21 países da América Latina e Caribe. O objetivo do curso foi “aproveitar os conhecimentos existentes dos participantes por meio de um período de formação prática em uma autoridade regulatória com experiência” (folheto informativo do curso). O treinamento foi voltado ao desenvolvimento de novas habilidades associadas ao estabelecimento e manutenção de um programa eficaz de regulamentação, ou a melhoria de um programa já existente, em instalações com cíclotrons e PET/CT de seus próprios países. O referido curso envolveu principalmente a apresentação de exemplos, demonstrações e realização de exercícios práticos sobre o tema.

Ainda em 2012, a AIEA convidou representantes de todos os continentes para a elaboração de um “guia mundial” sobre licenciamento de instalações com Cíclotrons.

Por razões políticas, qualquer estado membro da AIEA pode participar das reuniões associadas ao estabelecimento de guias e padrões de segurança. A própria Agência usa como procedimento convidar pelo menos um país de cada região para esses eventos, buscando meios para garantir a representação de todos os continentes. No entanto, nesse caso específico, estiveram presentes apenas representantes do Brasil, Finlândia e Canadá, em

---

<sup>61</sup> Qualis A, JCR 2.9

reunião realizada em Viena, em dezembro de 2012, com duração de 1 semana. O documento final foi elaborado nessa reunião e tomou como referência principalmente o guia previamente desenvolvido pelo Brasil, Argentina, Cuba e Uruguai. Em 2013, seu conteúdo foi aprovado pela Junta de Governadores da AIEA.

Atualmente, o Guia está em fase de editoração e, após a sua publicação, será utilizado como referência mundial para o processo de licenciamento de instalações com cíclotrons, fornecendo aos países que possuem tal tecnologia, um conjunto de procedimentos e recomendações consideradas as mais adequadas para a condução desse processo, do ponto de vista da segurança do trabalhador e do público em geral.

Durante o período analisado (2007 a 2013), foram mantidos contatos informais constantes entre os especialistas do Brasil e os peritos do Canadá e da Argentina (telefônicos, *skype* e por *e-mail*, semanais).

Um dos entrevistados, o mais diretamente envolvido com o desenvolvimento da inovação, mantém relacionamento informal constante com especialista do Canadá (na maioria das vezes, por meio de rede social).

### **Mecanismos de suporte à inovação**

Grande parte dos esforços para o desenvolvimento da inovação identificada teve apoio de um projeto de cooperação técnica regional (América Latina e Caribe), fomentado pela AIEA.

A Agência foi também o agente responsável por reunir peritos dos órgãos reguladores com maior experiência sobre o tema, fomentando as reuniões técnicas para o desenvolvimento do guia regional e do guia mundial.

Vários documentos foram utilizados como referência para o desenvolvimento da inovação, parte deles, por exemplo, relatórios técnicos e padrões de segurança, foi obtida na base de dados mantida pela AIEA.

Adicionalmente, as TIC viabilizaram a manutenção dos contatos formais e informais constantes entre os peritos envolvidos com o desenvolvimento da inovação.

## APÊNDICE E – FORMULÁRIO UTILIZADO NA ETAPA DE OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES ASSOCIADAS ÀS VARIÁVEIS DE INTERESSE

Quadro 9 – Formulário utilizado para o levantamento de informações preliminares

| Atividade (1):                                 |                                         |                                            |                                      |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| Inovações desenvolvidas nos últimos 5 anos (2) | Fontes de informação / conhecimento (3) | Processos de informação e conhecimento (4) | Mecanismos de suporte à inovação (5) |
|                                                |                                         |                                            |                                      |
|                                                |                                         |                                            |                                      |

Fonte: Elaborado pelo autor

### Instruções de preenchimento:

- (1) Sugestões: (a) Inspeções de instalações que manipulam fontes de radiação; (b) avaliações de segurança em instalações que manipulam fontes de radiação; (c) emissões de autorizações para operação de instalações que manipulam fontes de radiação; (d) certificação de Supervisores de Proteção Radiológica em Aplicações Médicas, Pesquisa e Industriais; (e) controle de importação, exportação e distribuição de fontes, ou (f) preparação e resposta a emergências.
- (2) Informar as melhorias (ou adequações / alterações) em equipamentos, procedimentos, especificações técnicas e “*regulatory requirements*” relacionados às aplicações em radioterapia, radiologia diagnóstica e medicina nuclear. Podem estar relacionadas, por exemplo, à avaliação dos riscos associados com a exposição à radiação e seus efeitos, controle de exposição ocupacional, serviços dosimétricos, monitoramento de taxa de doses, transporte e armazenagem de fontes de radiação, implementação de planos de resposta a emergências, proteção de trabalhadores e pacientes, sistemas de segurança, procedimentos de emergência etc.. Pode incluir, por exemplo, simples melhorias em procedimentos de inspeção e controle, associadas a treinamento externo ou estágio de inspetores.
- (3) Informar as fontes de informação e conhecimento, ou seja, quem forneceu o conhecimento necessário para a melhoria (formalmente ou informalmente), tanto os conhecimentos tácitos (por meio de interações com outros agentes) como os

conhecimentos codificados (exemplo: base de dados, padrões e guias internacionais, patentes, acesso base de dados, relatórios técnicos, publicações especializadas etc.).

- (4) Informar os canais e estruturas utilizadas para a obtenção dos conhecimentos críticos, que viabilizaram a melhoria implementada, incluindo os mecanismos de interações (formais e informais) com agentes internos e externos (exemplos: parcerias cooperativas, programas de treinamento, seminários, conferências, workshops, realização de visitas técnicas, acordos de cooperação, apoio de peritos, P&D, reuniões, contatos informais, e-mails etc.).
- (5) Informar como foram localizadas as fontes de informação e conhecimento (exemplos: conhecimento prévio, recomendações, redes etc.) e, ainda, quem forneceu os recursos necessários para apoiar a implementação das inovações.

## APÊNDICE F – ROTEIRO UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS EM PROFUNDIDADE

### Inovação:

#### Fontes de informação / conhecimento:

*Informar as fontes de informação e conhecimento, ou seja, **quem forneceu o conhecimento necessário para a melhoria** (formalmente ou informalmente), tanto os conhecimentos tácitos (por meio de interações com outros agentes) como os conhecimentos codificados (exemplo: base de dados, padrões e guias internacionais, patentes, acesso base de dados, relatórios técnicos, publicações especializadas etc.).*

*Finalidade: Identificar quem forneceu o conhecimento (principais agentes do sistema de inovação) e as fontes de conhecimento codificado (inclui indivíduos e organizações, em vários níveis de agregação, representados pelos atores envolvidos com os processos de aprendizagem, conhecimento e inovação da área investigada).*

#### Processos de informação e conhecimento:

*Informar os canais e estruturas utilizadas para o acesso, compartilhamento, produção e apropriação de conhecimentos críticos e, ainda, as características desses elementos (dos **canais de comunicação, meios, dispositivos, recursos preferenciais, regras, padrões e modelos de organização, interação e distribuição de informações e conhecimento**, bem como da **estrutura das interações** da organização com as fontes de informação, conhecimentos, tecnologias, práticas e recursos humanos e financeiros, com destaque para os mecanismos de interações (formais e informais) com agentes internos e externos (exemplos: parcerias cooperativas, programas de treinamento, seminários, conferências, workshops, realização de visitas técnicas, acordos de cooperação, apoio de peritos, P&D, reuniões, contatos informais, e-mails etc.).*

*Finalidade: Examinar as estruturas de coordenação e cooperação entre esses agentes, identificando, com base nas práticas colaborativas, as características das interações e interdependências entre o órgão regulador brasileiro e agentes externos.*

#### Mecanismos de suporte à inovação:

*Informar **como foram localizadas as fontes de informação e conhecimento** (exemplos: conhecimento prévio, recomendações, redes etc.) e, ainda, **quem forneceu os recursos** necessários para apoiar a implementação das inovações.*

*Identificar, ainda, os **fatores e agentes que foram determinantes** nos processos de compartilhamento de conhecimentos, nas formas de aprendizado e na difusão e implementação das inovações investigadas.*

*Finalidade: Examinar o papel de cada agente identificado nos processos de compartilhamento de conhecimentos, nas formas de aprendizado e na difusão e implementação de inovações, bem como a influência desses agentes na configuração do regime de informação vigente na área.*