INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**Uma Nova Metodologia para Planejamento Estratégico Utilizando
Mapas Tecnológicos e Detecção de Frentes Emergentes de
Pesquisa Aplicada à Radiofarmácia**

ROBERT JOSEPH DIDIO

**Tese apresentada como parte
dos requisitos para obtenção
do Grau de Doutor em
Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear –
Aplicações.**

**Orientador:
Dr. Antonio Carlos de Oliveira
Barroso**

**SÃO PAULO
2011**

Dedico este trabalho a minha esposa Ilana cujo apóio foi constante

AGRADECIMENTOS

Durante a execução deste trabalho houve um grande número de amigos, profissionais e professores que contribuíram de modo significativo para o sucesso do mesmo.

Quero destacar a Dra. Désirée M. Zouain que foi meu primeiro contato no IPEN, tendo me apresentado o Dr. Barroso como possível orientador. Tive o prazer de participar de seu curso no qual demonstrou muita competência e alto nível profissional.

À Dra Rita Izabel Ricciardi agradeço a amizade, o incentivo e as informações muito úteis que me proporcionou.

Aos Drs. Kengo Imakuma e Mário Olímpio de Menezes agradeço o convívio e suporte em nossas reuniões do grupo de pesquisa.

Agradeço ao Dr. João Alberto Osso da DIRF a imensa colaboração na obtenção de dados para a elaboração da pesquisa. Sem sua ajuda e boa vontade o caminho teria sido muito mais complexo, senão inviável. Destaco também que sempre fui muito bem recebido e atendido dentro do possível pela gerência da DIRF, capitaneada pelo Sr. Jair Mengatti. A documentação cedida pelo grupo foi de grande valia para meu trabalho.

Não poderia deixar de agradecer de modo muito especial a meu orientador Dr. Antonio Carlos de Oliveira Barroso que aprendi a admirar por seu profundo conhecimento, paciência, e dedicação durante os anos de desenvolvimento da tese no IPEN. Seu suporte e envolvimento foram essenciais para o alcance dos objetivos traçados.

Uma Nova Metodologia para Planejamento Estratégico Utilizando Mapas Tecnológicos e Detecção de Frentes Emergentes de Pesquisa Aplicada à Radiofarmácia

Robert Joseph Didio

RESUMO

Esta pesquisa desenvolveu uma nova metodologia para dar apoio ao planejamento estratégico, utilizando o processo de elaboração de mapas tecnológicos (TRM – *Technological Roadmaps*), associado com a aplicação do processo de detecção de frentes emergentes de pesquisa em bases de dados de artigos científicos e de patentes.

A inovação introduzida nesta pesquisa é a *customização* do processo de TRM à radiofarmácia e, especificamente, a sua associação à técnica de detecção de frentes emergentes de pesquisa, a fim de comprovar resultados e estabelecer uma nova metodologia muito útil ao planejamento estratégico desta área de negócios.

A unidade de negócios DIRF – Diretoria de Radiofarmácia – do IPEN CNEN/SP foi utilizada como base do estudo e implementação desta metodologia apresentada neste trabalho.

Palavras-chaves: mapa tecnológico, frentes emergentes de pesquisa, radiofarmácia.

A New Methodology for Strategic Planning Using Technological Maps and Detection of Emerging Research Fronts Applied to Radiopharmacy

Robert Joseph Didio

ABSTRACT

This research aims the development of a new methodology to support the strategic planning, using the process of elaboration of technological maps (TRM - Technological Roadmaps), associated with application of the detection process of emerging fronts of research in databases of scientific publications and patents.

The innovation introduced in this research is the customization of the process of TRM to the radiopharmacy and, specifically, its association to the technique of detection of emerging fronts of research, in order to prove results and to establish a new and very useful methodology to the strategic planning of this area of businesses.

The business unit DIRF - Diretoria de Radiofarmácia - of IPEN CNEN/SP was used as base of the study and implementation of this methodology presented in this work.

Keywords: Technological Roadmap, emerging research fonts, radiopharmacy.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação da estratégia oceano azul com a estratégia oceano vermelho.....	24
Tabela 2: Características dos Radioisótopos Primários da DIRF.....	88
Tabela 3: Características das Moléculas Marcadas.....	89
Tabela 4: Características dos Kits de Reagentes Liofilizados da DIRF.....	90
Tabela 5: Grupos de Trabalho da Instalação de Radiofarmácia.....	93
Tabela 6: Diagrama sinóptico do processo desenvolvido.....	99
Tabela 7: Probabilidade dos direcionadores.....	107
Tabela 8: Influência dos direcionadores para os produtos da DIRF.....	109
Tabela 9a: Qualidade da oportunidade dos produtos da DIRF para o curto prazo..	110
Tabela 9b: Qualidade da oportunidade dos produtos da DIRF para o médio prazo.....	111
Tabela 9c: Qualidade da oportunidade dos produtos da DIRF para o longo prazo.	112
Tabela 10: Considerações sobre instalações para produtos promissores.....	121
Tabela 11: Considerações sobre competência para produtos promissores.....	122
Tabela 12: Considerações sobre tecnologia para produtos promissores.....	123
Tabela 13: Metas da DIRF da Função Produtos.....	127
Tabela 14: Estratégias das metas gerais e específicas da DIRF para a função Produtos.....	128
Tabela 15: Tabela de Classificação dos Produtos.....	131
Tabela 16: Porcentagem do faturamento anual relativo dos principais produtos da DIRF.....	135
Tabela 17: Classificação dos produtos da DIRF.....	136
Tabela 18: Principais produtos comercializados pela DIRF em MBq.....	136
Tabela 19: Análise comparativa da participação dos principais produtos da DIRF.....	139
Tabela 20: Dimensões de Análise para o Gerador de Tecnécio.....	143
Tabela 21: Fatores de seleção dos produtos.....	155
Tabela 22: Metas Específicas da DIRF para o ano de 2010.....	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O Conhecimento.....	17
Figura 2: Processos de Conversão do conhecimento.....	19
Figura 3: Cadeia do Processo de Inteligência.....	20
Figura 4: Processo de Inteligência Competitiva.....	22
Figura 5: Ciclo de Inteligência Competitiva.....	23
Figura 6 – Tecido estratégico (hipotético) da indústria vinícola.....	25
Figura 7: Esforço versus desempenho da percepção de valor dos fatores.....	27
Figura 8: Métodos de <i>Foresight</i>	31
Figura 9: Formato geral de <i>Roadmap</i> Tecnológico.....	32
Figura 10: Esquema de um <i>Roadmap</i> Tecnológico.....	32
Figura 11: Estrutura genérica de <i>Roadmap</i>	33
Figura 12: Estrutura de três níveis do STR do METI.....	34
Figura 13: Estrutura de três níveis do STR do METI para a área de robótica.....	35
Figura 14: TRM de planejamento de produtos.....	36
Figura 15: TRM de planejamento de serviços e capacidades.....	36
Figura 16: TRM de planejamento estratégico.....	37
Figura 17: TRM de planejamento a longo prazo.....	37
Figura 18: TRM de planejamento do ativo de conhecimento.....	38
Figura 19: TRM de planejamento de programa.....	38
Figura 20: TRM de planejamento de processos.....	39
Figura 21: TRM de planejamento de integração.....	39
Figura 22: TRM de múltiplos níveis.....	40
Figura 23: TRM de barras.....	40
Figura 24: TRM de tabelas.....	41
Figura 25: TRM de gráficos.....	41
Figura 26: TRM com representação pictórica.....	42
Figura 27: TRM com fluxogramas.....	42
Figura 28: Caracterização dos tipos de TRM através de propósito e formato.....	43
Figura 29: As três fases do processo de elaboração de TRM.....	44
Figura 30: Etapas do processo padrão do T-Plan.....	49

Figura 31: Processo genérico do T-Plan	50
Figura 32: Fluxo da elaboração de <i>roadmap</i> adaptado.....	51
Figura 33: Estrutura da Internet.....	62
Figura 34: Redes Sociais.....	63
Figura 35: Rede social emergente.....	68
Figura 36: Rede social de filiação ou associação.....	69
Figura 37: Rede mundos pequenos.....	70
Figura 38: Rede sem escala.....	71
Figura 39: Os “ <i>brokers</i> ” de redes sociais.....	73
Figura 40: Rede de citação.....	74
Figura 41: Tamanho e idade média dos <i>clusters</i>	77
Figura 42: Representação da rede de citação.....	78
Figura 43: Representação temporal dos <i>clusters</i> em rede de citação.....	79
Figura 44: Organograma da DIRF.....	91
Figura 45: Organograma Institucional do IPEN - CNEN/SP.....	93
Figura 46: Organograma Institucional da CNEN.....	94
Figura 47: Macro funções do IPEN - CNEN/SP.....	96
Figura 48: Desenvolvimento de parcerias.....	103
Figura 49: Estrutura do Plano de Ação da DIRF.....	125
Figura 50: Faturamento da DIRF.....	132
Figura 51: Participação Relativa do Faturamento do Gerador de Tc	133
Figura 52: Participação Relativa dos principais produtos no faturamento da DIRF.....	133
Figura 53: Participação (%) dos principais produtos da DIRF no faturamento.....	134
Figura 54: Participação relativa dos produtos da DIRF em Bq.....	137
Figura 55: Participação relativa dos produtos da DIRF em Kits	138
Figura 56: Percentual de Participação dos Principais Produtos no Faturamento....	141
Figura 57: <i>Direcionadores</i> do Mercado e Negócio da DIRF.....	146
Figura 58: Distribuição dos Radiofármacos por região.....	149
Figura 59: Seleção de novos produtos.....	155
Figura 60: Roadmap da DIRF – Negócio e Mercado.....	159
Figura 61: Roadmap da DIRF – Produtos e Tecnologia.....	160

Figura 62: Página da WoS com o ponto de partida das pesquisas.....	164
Figura 63: Os pesquisadores pioneiros – 1953 a 1982.....	165
Figura 64: O interesse se espalha - 1983 a 2010.....	165
Figura 65: Os líderes de patenteamento.....	166
Figura 66: Publicações e Patentes sobre quelantes na base de dados <i>SciFinder</i> ...	168
Figura 67: Origem das Patentes de quelantes na base de dados do <i>SciFinder</i>	169
Figura 68: Publicações e patentes relacionadas a peptídeos.....	170
Figura 69: Publicações e patentes a respeito do Gerador de Rubídio.....	171
Figura 70: Evolução da Distribuição do Fluor.....	177
Figura 71: Evolução da Distribuição do Gerador de Tecnécio.....	177
Figura 72: Evolução da Distribuição Total de Iodo 131	178
Figura 73: Evolução da Distribuição de Gálio-67.....	178
Figura 74: Evolução da Distribuição de Kits Liofilizados.....	179
Figura 75: Evolução da Distribuição de Tálzio-201.....	179
Figura 76: Evolução da Distribuição de Substâncias Marcadas.....	180

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Inteligência Competitiva.....	15
2.1.1. Histórico.....	15
2.1.2. Conceitos e Características.....	16
2.2. Estratégia do Oceano Azul.....	23
2.3. Roadmaps e Foresight.....	30
2.3.1. Conceito e Características.....	30
2.3.2. Tipos de Roadmaps.....	36
2.3.3. Desenvolvimento de Roadmaps.....	43
2.3.4. Processo T-PLAN de Desenvolvimento Rápido de Roadmaps.....	47
2.3.5. Considerações Gerais.....	59
2.4. Redes Complexas.....	61
2.4.1. Conceitos Gerais.....	61
2.4.2. Redes Sociais.....	62
2.4.3. Redes de citação.....	73
2.4.4. Detecção de frentes de pesquisa emergentes em redes de citação.....	75
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	81
3.1. Linhas Gerais da Metodologia.....	81
3.2. Aplicação e Customização da Metodologia.....	83
4. A ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO: DIRF do IPEN-CNEN/SP.....	86
4.1. Histórico	86
4.2. Produtos.....	87
4.3. Organização.....	91
4.4. Mercado, Legislação e Concorrência.....	96
5. RESULTADOS DA PESQUISA.....	98
5.1. Sinopse do processo apresentado.....	98
5.2. Contexto e Estrutura do Processo de Mapeamento Customizado para a DIRF.....	100
5.2.1. Considerações estratégicas e de negócios.....	100

5.2.2. Tendências no desenvolvimento da medicina nuclear / oncologia e equipamentos / instrumentação de imagem.....	104
5.2.3. Tendências no desenvolvimento da indústria radiofarmacêutica e Radioquímica.....	114
5.3. Processo de Customização do TRM para a DIRF.....	124
5.4. Detecção de frentes de desenvolvimento como elemento confirmatório.....	161
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
ANEXOS:	
ANEXO 1: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA DIRF.....	176
ANEXO 2: PRODUTOS E SERVIÇOS COMERCIALIZADOS PELO IPEN - CNEN/SP.....	181
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	190

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Objetivamente, o resultado de uma parcela substancial do planeamento estratégico de uma empresa desemboca no planeamento de novos produtos e processos. Cada vez é menor a margem de erro que separa o que dá certo do que dá errado. Nesse sentido, métodos de *foresight* e *technology roadmapping* (TRM), que no passado eram usados para planeamento de ações de governo, foram inseridos em iniciativas de *pool* de indústrias de um dado segmento e hoje já estão presentes nas práticas de empresas mais intensivas em conhecimento e tecnologia. A crescente disponibilidade de bases de dados, metodologias e ferramentas para a aplicação destes métodos contribuíram sobremaneira para sua difusão entre as grandes empresas de base tecnológica. Por outro lado alguns especialistas, PHAAL *et al.* (2001b), acreditam que TRM pode também ser aplicado em pequenas e médias empresas.

Um exercício de TRM visa gerar estratégias bem articuladas em termos de mercado/negócio, produtos e tecnologias. Para a articulação mercado-negócio, parte-se de uma definição do negócio da empresa (portfólio atual e possível) busca-se identificar: (a) demandas não atendidas, expectativas latentes e novas funcionalidades desejadas pelo mercado; e (b) relações causa-efeito em termos de que penetração tais itens trariam. Para o binômio: produtos-tecnologia se busca levantar que novos produtos ou melhorias atenderiam às melhores apostas da articulação anterior e que rotas tecnológicas são as mais promissoras para tanto. Metodologias de *roadmapping* se diferenciam na forma com que procuram identificar e otimizar as respostas aos itens discutidos acima, mas o objetivo é sempre o mesmo, ou seja, descobrir e explorar as melhores oportunidades com os produtos apropriados sendo desenvolvidos otimizando-se as variáveis tempo, custo e qualidade.

Recentemente surgiram novas técnicas de Detecção de Frentes Emergentes de Pesquisa - DFEP (SHIBATA *et al.*, 2008), que parecem extremamente promissoras para a elucidação das rotas tecnológicas cogitadas nos exercícios de TRM.

Por outro lado, os exercícios de TRM e DFEP devem estar incorporados ao processo de planejamento estratégico, este também deve estar inserido no mesmo *framework* (referencial) do processo de inteligência competitiva (IC).

A inovação introduzida nesta pesquisa é a *customização* do processo de TRM à radiofarmácia e, especificamente, a sua associação a uma técnica de detecção de frentes emergentes de pesquisa. A relevância desta novidade vem do fato que nos processos de TRM a grande maioria dos inputs que dão origem aos elementos de tecnologia do mapa tem origem endógena. Sendo gerados pelo pessoal técnico e principalmente aqueles envolvidos com a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) interna, tais elementos embutem uma considerável dose de viés da cultura local. Portanto a utilização de um processo de uma técnica DFEP permite validar ou contrapor indícios aos itens mais avançados que tenham sido levantados no TRM. Esta novidade certamente dá mais robustez à metodologia tornando-a mais confiável para o planejamento estratégico.

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma nova metodologia para dar apoio ao planejamento estratégico, utilizando o processo de elaboração de mapas tecnológicos (TRM – *Technological Roadmaps*), associado com a aplicação do processo de detecção de frentes emergentes de pesquisa em redes de citação de artigos acadêmicos e científicos (base de dados do *Web of Science*).

A base de dados do *Web of Science* é um arquivo de citação onde podemos encontrar informações nas áreas das ciências, ciências sociais, artes e humanidade nos 9.300 jornais de pesquisa mais prestigiosos e de alto impacto do mundo. O acesso a esta base de dados é disponibilizado através da plataforma *ISI/ Web of Knowledge* patrocinada pela *Thomson Scientific*.

Esta pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- Fazer uma revisão e síntese compreensiva da literatura a respeito de *Foresight* e *roadmapping*, contextualizando suas interfaces e sinergias com os processos de planejamento estratégico e inteligência competitiva.
- Com base nas melhores práticas identificadas, elaborar uma metodologia de TRM que seja adequada à Diretoria de Radiofarmácia do IPEN - CNEN/SP.

- Conduzir uma prática pontual da metodologia proposta para demonstrar sua funcionalidade e viabilidade.
- Introduzir a utilização da detecção de frentes emergentes de pesquisa como complemento ao método de TRM para a comprovação de tecnologias promissoras levantadas no mapeamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica, foram estudados assuntos relacionados a planejamento estratégico como inteligência competitiva e estratégia do “oceano azul”, além de métodos de planejamento como *roadmaps* e *foresight*. Foi dada uma ênfase ao mapeamento tecnológico e ao T-Plan (PHAAL et al, 2001b) que serviu de base para a *customização* do processo de mapeamento tecnológico apresentado.

Estudaram-se também as redes complexas, principalmente as redes sociais e de citação, a fim de serem aplicadas na técnica de detecção frentes emergentes de pesquisa (SHIBATA et al, 2008) para a confirmação de tecnologias promissoras assinaladas nos mapas tecnológicos desenvolvidos.

No entanto, no decorrer da pesquisa, devido a limitações de recursos e ferramentas utilizadas (base de dados da Web-of-Science – WoS), acabamos por não desenvolver as redes de citação e co-citação e seus estudos morfológicos, aplicando uma técnica de detecção de tecnologias adaptada e simplificada.

2.1. Inteligência Competitiva

2.1.1. Histórico

Segundo a *Society of Competitive Intelligence and Management*, começou-se a aplicar os conceitos de Inteligência Competitiva (IC) nos EUA na década de 1970, apesar de haver literatura sobre o assunto por várias décadas anteriores. Um marco nesta área é a publicação de PORTER (1980) do estudo denominado *Competitive-Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors* que é considerado a base dos fundamentos da IC moderna. FLEISHER & BENSOUSSAN (2002) desenvolveram posteriormente várias publicações sobre o assunto, apresentando diversas técnicas de análise de IC. FULD (1985) é outro autor de renome na área com sua obra *Competitor Intelligence: How to Get It, How to Use It* que se tornou um clássico dos estudiosos de IC. Contudo, a partir do modelo organizacional da função de IC, apresentado por GILAD (1988) é que as

empresas norte-americanas começaram a formalizar seus departamentos internos de IC.

Outro marco importante no histórico de IC é a implantação da *Society of Competitive Intelligence Professionals* em 1986 nos EUA com associados em diversos países. Hoje temos diversos cursos de formação e especialização dedicados a esta área de atuação. A maioria das multinacionais e grandes organizações possui um núcleo especializado à análise de IC cuja função é imprescindível para determinar ameaças e oportunidades do mercado, assim como alavancar mudanças e determinar tendências.

2.1.2. Conceitos e Características

Para introduzir os conceitos básicos de IC é necessário conceituarmos dados, informações, conhecimento e competência.

- Os dados são registros de eventos em estado bruto (números ou texto) que são fáceis de estruturar com uma máquina (armazenamento e processamento) e de transferir através de meios de comunicação. São elementos brutos, sem significado, desvinculado da realidade. Segundo DAVENPORT (1998), os dados são “*Observações sobre o estado do mundo*”. Eles constituem a matéria prima da informação. Portanto dados sem qualidade levam a informações e decisões da mesma natureza
- Informações são dados que foram processados, organizados, classificados, resumidos para se tornarem significativos num processo de tomada de decisão. São complexos de estruturar com uma máquina (armazenamento e processamento), possuem aspectos qualitativos além de quantitativos e são mais difíceis de serem transferidos através de meios de comunicação.

De acordo com DAVENPORT (1998) as informações são “*Dados com significado, relevância e propósito*” e segundo LUSSATO (1991) são um “*Conjunto de dados contextualizados que visam fornecer uma solução para determinada situação de decisão.*” As informações são a matéria prima para o

conhecimento e de acordo com os objetivos podem ser de níveis estratégicos, táticos ou operacionais.

- Conhecimento é a capacidade de compreender e internalizar a informação, de acordo com nossas crenças, para dar subsídio ao processo de tomada de decisão (Figura 1). São dados e informações integrados pela mente. O conhecimento é uma abstração interior, pessoal, de alguma coisa que foi experimentada por alguém. Relaciona-se com alguma coisa existente no "mundo real" do qual temos uma experiência direta.

A epistemologia define conhecimento como *“crença verdadeira e justificada”*, ou seja, é opinião, idéia ou teoria que (de alguma forma) tenha sido verificada e aceita por uma comunidade. Segundo DRUCKER (2003), *“conhecimento é a informação que muda algo ou alguém – tanto por tornar-se base para ação como por fazer um indivíduo (ou instituição) capaz de ações mais eficazes”*. Uma mesma informação pode gerar “conhecimentos” diferentes em domínios distintos, pois é a articulação da informação adquirida com sua “bagagem” prévia que resulta num novo estado de conhecimento do indivíduo (ou organização).

Figura 1: O Conhecimento

O modelo mental de cada pessoa interfere na codificação e decodificação dos dados, informações e conhecimentos, acarretando muitas vezes distorções individuais que poderão ocasionar problemas no processo de comunicação.

O decisor deve ter consciência de que o maior desafio não é o de obter dados, informações e conhecimentos, mas sim a aceitação de que, no processo de codificação / decodificação, as distorções ocorrem e existem formas para amenizá-las.

Conforme NONAKA (1994) a distinção primária se dá entre dois tipos de conhecimento:

- conhecimento explícito: transmissível através de linguagem formal, sistemática;
- conhecimento tácito: possui uma qualidade pessoal, sendo mais difícil de formalizar e comunicar.

SPENDER (1996), por sua vez, propôs que o conhecimento tácito é composto de três componentes:

- consciente: mais facilmente codificável;
- automático: o indivíduo não tem consciência de que está aplicando;
- coletivo: desenvolvido pelo indivíduo e compartilhado com outros.

E adiciona a estes três, o conhecimento explícito (*científico* ou *familiar*).

Segundo KOGUT e ZANDER (1993) o conhecimento da organização é composto de duas partes:

- Informação: possui uma relação com o conhecimento explícito;
- *know-how*: a habilidade acumulada que permite a alguém fazer algo de maneira fácil e eficiente.

Segundo NONAKA e TAKEUCHI (1995), a distinção entre o conhecimento tácito e o explícito sugere quatro padrões básicos para a criação do conhecimento na organização (Figura 2):

- Do tácito para o tácito
- Do explícito para o explícito
- Do tácito para o explícito
- Do explícito para o tácito

Figura 2: Processos de Conversão do conhecimento

- Competência é uma capacidade de executar uma tarefa no "mundo real". Uma pessoa é competente em alguma área se demonstrou, através de realizações passadas, a capacidade de executar uma determinada tarefa. Competência exige conhecimento e habilidade pessoal. É impossível introduzir competência em um computador

Segundo STERNBERG (1992) *“Conceituar a inteligência é uma tarefa peculiar porque a inteligência é a função psicológica responsável pela capacidade que temos de compreender o significado das coisas, de conceituar. No processo de conhecimento temos de um lado o objeto a ser conhecido, externo à inteligência, e do outro a inteligência, o instrumento mental que alcança o conceito desse mesmo objeto. Conceituar a inteligência é fazê-la objeto e instrumento simultaneamente, é ter consciência do instrumento mental que nos permite conhecer o mundo e que está integrado à própria consciência.”* A inteligência difere de dados e informações, pois requer alguma forma de análise para gerar algum significado do conjunto de dados e informações analisados. Através da análise e filtragem, podemos fazer um refinamento suficiente para atuar e compreender as opções disponíveis, gerando uma oportunidade de tomar decisões.

A Inteligência Competitiva ocorre em um processo (idéia de continuidade), que começa com a coleta de dados, que são organizados e transformados em

informação e conhecimento, e depois analisados, contextualizados e transformados em inteligência por um especialista, visando à antecipação e à previsão.

A Figura 3 mostra a cadeia do processo de Inteligência.

Figura 3: Cadeia do Processo de Inteligência. Fonte: STOLLENWERK (1997)

A missão da Inteligência Competitiva – IC é prover aos tomadores de decisão inteligência apropriada e no tempo adequado, através da qual eles poderão tomar suas decisões, desenvolver estratégias efetivas e agir proativamente, através de:

- Monitoramento do ambiente competitivo;
- Coleta e análise da informação a respeito da mudança estratégica neste ambiente;
- Antecipar futuros desenvolvimentos e avaliar suas implicações para a organização / Instituição;
- Desafiar estratégias vigentes e estimular o exercício do pensamento estratégico.

A IC junta dados e informações de acordo com uma visão ampla e estratégica, permitindo prever e / ou planejar o futuro de uma organização em relação a seu ambiente competitivo.

Segundo KAHANER (1997), *“Inteligência Competitiva é um processo de coleta sistemática e ética de informações sobre as atividades dos concorrentes e sobre as tendências gerais dos ambientes de negócios, com o objetivo de aperfeiçoamento da posição competitiva da empresa”*.

O Núcleo de Inteligência Competitiva da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC define IC como:

“um processo sistemático que transforma bits ocasionais e peças de dados em conhecimento estratégico. É a informação estratégica a respeito da posição competitiva dos concorrentes, tanto atual quanto de seus planos futuros específicos, das forças que interagem no mercado, de produtos específicos e de novas tecnologias. Da mesma forma, são informações externas do meio ambiente: econômicas, legais, políticas e demográficas, que tenham um impacto no mercado.

Além desses dados fatuais, a IC envolve também a competência organizacional para desenvolver um entendimento das estratégias e potencial de inteligência de seus concorrentes chave. Um dos fatores chave do sucesso, neste tipo de processo de inteligência, é desenvolver um senso de reação competitiva provável para um desenvolvimento industrial ou uma iniciativa própria. Isso reflete a ligação entre a pesquisa e a estratégia anteriormente definida.

Monitoramento contínuo dos concorrentes, clientes, fornecedores e outras forças produtivas, devem fazer parte de todo um processo da gestão estratégica das empresas. Monitoramento contínuo previne as empresas da ocorrência de surpresas. Pelo monitoramento do desenvolvimento empresarial e atividades de inteligência, uma empresa pode tornar uma ação estratégica apropriada e oportuna.

Finalmente, no sentido mais amplo, um sólido processo de IC permite manter as competências da empresa, continuamente, focalizada no mundo exterior. Isso é comum para empresas multinacionais que implodiram virtualmente suas estruturas no mundo, seus produtos e, claro, suas culturas organizacionais”.

De modo geral, pode-se definir IC como sendo um processo ético de identificação, coleta, tratamento, análise e disseminação da informação estratégica para a empresa, viabilizando seu uso no processo decisório. Portanto, provê informações necessárias e gera conhecimento relevante para utilização sistemática na tomada de decisão e aplicação na elaboração do planejamento estratégico.

O fluxo da Figura 4 ilustra o processo de IC:

Figura 4: Processo de Inteligência Competitiva

Segundo BARROSO (2005), os objetivos usuais da IC são:

- Antecipar mudanças no mercado;
- Antecipar ações dos competidores;
- Identificar novos ou potenciais competidores;
- Aprender sobre novas tecnologias, produtos e processos que afetam seus negócios;
- Aprender sobre mudanças políticas, legais ou regulatórias;
- Aprender com os sucessos e fracassos dos outros; e
- Descobrir novos negócios e oportunidades.

O ciclo da IC pode ser representado pelo esquema seguinte (figura 5), que mostra a interação entre as quatro atividades da inteligência competitiva que são a coleta, a análise, a disseminação e o planejamento.

Figura 5: Ciclo de Inteligência Competitiva

2.2. Estratégia do Oceano Azul

O fundamento da proposta metodológica da Estratégia do Oceano Azul apresentada por KIM & MAUBORGNE (2005) é a criação de novos mercados incontestáveis e fazer da concorrência algo irrelevante. Esta metodologia visa o rompimento com o preestabelecido e a criação de novos espaços de mercados, novas indústrias, novos modos de estar e operar, e que relembram para trás a concorrência, dos mercados atuais, normalmente “sangrentos” denominados em contrapartida de oceano vermelho.

A estratégia do Oceano Azul é um desafio às empresas no sentido de romperem com a concorrência sangrenta dos mercados e indústrias atuais, através da criação de incontestáveis e novos espaços de mercado. Neste sentido, e ao invés de estarmos permanentemente a dividir e a batalhar pela demanda do mercado, cada vez mais reduzida, e estar constantemente à procura de informações sobre concorrentes e similares, focamos espaços inexistentes, anteriormente, onde a demanda será naturalmente nova e em crescimento, visto que a concorrência não existe. Esta estratégia é um novo processo de decisão estratégica que deverá ser sistemático e capaz de ser acionado da mesma forma que as estratégias tradicionais já conhecidas.

Mudando um dos fundamentos da competitividade baseada em PORTER (1980), os autores supracitados defendem que são possíveis estratégias que busquem simultaneamente diferenciação e baixo custo através da inovação de valor. Isto é conseguido na região em que as ações da empresa afetam favoravelmente tanto sua estrutura de custo como sua oferta de valor aos clientes. Esta é a pedra fundamental da estratégia do oceano azul. A tabela 1 dá dimensão do que é proposto por esta nova forma de encarar estratégias.

Tabela 1: Comparação da estratégia oceano azul com a estratégia oceano vermelho

Estratégia Oceano Vermelho	Estratégia Oceano Azul
Competir em um espaço de mercado existente	Criar um espaço de mercado não disputado
Vencer a competição	Tornar a competição irrelevante
Explorar a demanda existente	Criar e capturar nova demanda
Explorar o compromisso entre custo e valor agregado	Quebrar este “aparente” compromisso entre custo e valor agregado
Alinhar toda a empresa (sistema de atividades) com sua estratégia de diferenciação ou baixo custo	Alinhar toda a empresa (sistema de atividades) na busca de diferenciação e baixo custo

Fonte: KIM & MAUBORGNE (2005)

Os seis princípios básicos da Estratégia de Oceano Azul são listados a seguir, sendo destacados aqueles que serão alvo do processo de *roadmapping*.

Princípios de formulação:

- Reconstruir as fronteiras do mercado;
- Focalizar no todo (sistema e cenários) e não nos números;
- Ir além da demanda existente;
- Entender a seqüência estratégica correta.

Princípios de execução:

- Superar os principais empecilhos organizacionais;
- Incorporar a execução na estratégia

Tecido estratégico

O próximo conceito relevante refere-se a um referencial designado como tecido estratégico. Considerando um determinado ramo industrial, por exemplo - a indústria vinícola -, listam-se os principais fatores que hoje são levados em conta pelos consumidores ao perceber o valor de um vinho, suponhamos que sejam 7.

Na figura 6 é mostrado como estão posicionadas, no tecido estratégico dos valores percebidos, a curva de valor (ou perfil estratégico) do segmento de vinhos populares (em cinza) e a do segmento de vinhos finos (em verde). É óbvio que o posicionamento mais alto em cada fator implica (em tese) em mais investimento e/ou custos mais elevados para a indústria.

Figura 6 – Tecido estratégico (hipotético) da indústria vinícola

Fonte: adaptado de KIM & MAUBORGNE (2005).

Ao observar este tecido, a idéia não é tentar oferecer um pouco mais por um pouco menos. Isto pode dar apenas um ganho marginal e não sustentável de competitividade, pois é o que todo mundo tenta fazer. Tal estratégia não vai levar a empresa para um espaço de mercado não disputado. Em outros termos, isto é continuar competindo no oceano vermelho. Igualmente, conduzir pesquisas de opinião com os consumidores dificilmente vai dar pistas do caminho para o oceano

azul. Pesquisas têm indicado que as respostas dos consumidores tipicamente indicam que eles querem mais do mesmo. Ou seja, não é com estes métodos que se pode descobrir novos fatores de percepção de valor.

A estratégia de oceano azul visa um novo tecido estratégico incluindo outros fatores de valor ainda não identificados pelos consumidores e concorrência. Isto significa reorientar a estratégia deixando de focalizar só nos competidores, mas também nas alternativas. Por exemplo, uma indústria de vinho não observaria só os seus pares, mas também os fabricantes de cerveja, que também é uma bebida alcoólica e, muitas vezes, aparece como uma forte alternativa ao vinho no acompanhamento de uma refeição ou de um bate papo entre amigos. De forma complementar, não só os consumidores típicos seriam focalizados, mas também aqueles que ainda não o são. No caso do vinho, por exemplo, observar os amantes da cerveja e entender como e com que atributos um tipo de vinho poderia captá-los. Tendo sucesso nestes aspectos, a empresa estará criando novos fatores de percepção de valor, ou seja, ampliando o tecido estratégico e poderia ocupar espaços de mercado ainda não disputado por seus concorrentes. As fronteiras de seu mercado são então redefinidas e neste caso a empresa escapa da lógica da mútua exclusividade de Porter, sendo possível construir uma estratégia de competitividade que simultaneamente busque diferenciação e baixo custo.

O referencial das quatro ações

Para reconstruir os elementos de percepção de valor dos compradores, há quatro questões básicas que devem ser usadas como pilares na discussão da lógica da estratégia e do modelo de negócios. São elas:

- a) Quais são os fatores que a indústria entende como garantidos e que devem ser eliminados?
- b) Que fatores devem ser reduzidos para bem abaixo do padrão da indústria?
- c) Que fatores devem ser elevados bem acima do padrão da indústria?

d) Que fatores devem ser criados e que a indústria nunca os ofereceu?

Mais detalhadamente, a primeira questão nos remete a analisar aqueles fatores, desde longa data, considerados como de critérios para percepção de valor, mas que hoje em dia já não importam mais. Como as empresas continuam comparando seus produtos em termos destes fatores, as pessoas se esquecem de analisar a sua função utilidade na agregação de valor para os usuários de hoje. Um exemplo singelo seria a presença de um bidê em um apartamento de hotel. Há trinta anos seria impensável um hotel de alta categoria que não tivesse este item e este poderia ser um dos fatores de percepção de valor dos usuários. Contudo hoje em dia, uma boa ducha higiênica dispensa completamente o bidê e gera mais espaço para melhor configurar o banheiro.

Aprofundando o que KIM e MAUBORGNE (2005) descrevem, identifica-se que a segunda e terceira questões tratam de um mesmo fundamento, ou seja, uma análise do posicionamento nas curvas esforço versus desempenho da percepção de valor dos vários fatores hoje praticados. A figura 7 esclarece bem esta assertiva.

Figura 7: Esforço versus desempenho da percepção de valor dos fatores

A questão **b** procura identificar fatores que foram supervalorizados e conduziram a um superdimensionamento de qualidade e quantidade de dispositivos para elevar a percepção de valor nestes quesitos. Desta forma, a indústria como um todo já está competindo numa faixa assintótica onde os grandes acréscimos da estrutura de custo produzem mínimos efeitos no valor percebido. Neste caso uma boa redução nos custos referentes a estes fatores é muito efetiva, pois ocasiona um bom ganho na margem de lucro e uma perda desprezível na percepção de valor (fator m na figura 7).

A questão **c** busca identificar o outro oposto da questão anterior, ou seja, fatores onde a competição esteja ocorrendo em faixas com boa inclinação (fator n na figura 7), onde modestos investimentos ou acréscimo de custo produzem um grande efeito de diferenciação. Pode surgir a pergunta, como é possível ocorrer uma situação desta, pois os concorrentes também perceberiam e deslocariam o ponto de concorrência para cima na curva de percepção. Em princípio há duas razões para que tais situações ocorram na prática. Primeiro existem certas empresas que, para algumas classes de produtos, estão tão focalizadas na competição por preços que não vislumbram tal ação como uma estratégia viável. Segundo, que muitas vezes a curva esforço-percepção muda de curvatura (linhas pontilhadas na figura 7) devido ao surgimento de novas tecnologias, que passam despercebidas para muitos analistas que estão acostumados com o status competitivo estabilizado daquele fator.

Adicionalmente vale lembrar que é a conjugação do aproveitamento das descobertas feitas com as questões **b** e **c** que permitem simultaneamente buscar uma estratégia que combine redução de custo e acréscimo de valor.

Finalmente, são respostas inteligentes à questão **d** que permitem a redefinição das fronteiras do mercado, com a criação de espaços ainda não disputados. Assim procedendo, a empresa estará ampliando o tecido estratégico e tornando as regras de competição, baseadas nos fatores tradicionais, parcialmente obsoletas. Em KIM e MAUBORGNE (2005, pp. 31-35) é descrito o caso da *Casella Wines* que desconstruiu as regras de competição da indústria vinícola na Austrália e USA nos anos 2002 e 2003.

Trazendo um exemplo vivenciado no Brasil, na década de 80. O *Citibank* tentava ampliar suas operações no país e procurava ganhar espaço na classe média e médio-alta, que na época, para se defender da alta inflação e “esticar” o salário, aplicavam seu dinheiro: (a) no *overnight*; (b) em alguns fundos de renda fixa, que começavam a surgir; e (c) na poupança. O *overnight* tinha baixa rentabilidade, mas era de liquidez automática com o dinheiro sendo transferido para a conta corrente ao “caírem” os cheques e, portanto, logo que se recebia o salário corria-se para aplicá-lo no *over*. As eventuais sobras e antecipações de férias e 13º salário eram destinadas à renda fixa que permitia proteger o capital destinado a pagamentos em datas variadas no correr do ano (seguros, impostos etc.). À poupança eram destinadas economias de mais longo prazo para as quais se desejava ter segurança e total proteção da inflação. Na época não existia caixa eletrônico e muito menos celular. Também não eram todos os bancos que ofereciam a diversidade de possibilidades descritas acima e muito de nós tinha que, no dia do pagamento, se deslocar até o banco de sua preferência para depositar o cheque com valor do pagamento. O *Citibank* passou a oferecer aos seus clientes um serviço de motoboy que vinha ao local designado buscar o cheque, que era colocado dentro de envelopes especiais fornecidos pelo banco, e no mesmo dia, parte ou todo o valor já era aplicado no *over*, conforme instruções que o cliente passava por telefone para o seu gerente de relacionamento. Estas comodidades - do gerente de relacionamento, o serviço de motoboy e a aplicação instantânea apesar do cheque demorar 24 horas para compensar – criaram um novo fator de percepção de valor e muitas pessoas tornaram-se clientes do *Citibank*. Na mesma época, nos EUA, o *Citibank* foi o primeiro banco a oferecer os serviços de caixa eletrônico que teve também um efeito semelhante.

Outro caso característico da aplicação bem sucedida da estratégia do Oceano Azul é do “*Cirque du Soleil*”. Esta organização criou um mercado novo ainda não explorado, sendo que alegam ter reinventado o circo. Eles não competem no mesmo mercado que o circo tradicional. Outro diferencial é não utilizar animais de circo ou estrelas em suas apresentações. Finalmente, focam em outros clientes que são basicamente adultos e clientes corporativos, e, conseqüentemente, criam uma

nova perspectiva sobre os preços e a motivação e capacidade de pagamento, por uma experiência diferente.

Vale a pena notar que as ações comentadas do Citibank, embora tenham criado novos fatores de percepção de valor, não foram tão amplas a ponto de criarem novos espaços de mercado. Isto significa que a ação do Citibank ampliou sua base de clientes, mas ainda confinado ao mercado de consumidores de serviços bancários. Já o exemplo da Casella Wines, não discutido aqui, teve essa amplitude trazendo para o consumo de vinhos consumidores de cerveja e de outras bebidas alcoólicas.

Em princípio, modificações inovadoras de menor amplitude como as do Citibank são mais rapidamente *comoditizadas*. Nos EUA, 2 anos após o lançamento do caixa eletrônico, quase todos os bancos já o tinham, ou seja, todos os pares começaram a competir também neste novo fator de percepção de valor.

2.3. Roadmaps e Foresight

2.3.1. Conceito e Características

Segundo MARTIN (1995), *foresight* de pesquisa é um processo envolvido na observação sistemática do futuro a longo prazo da ciência, tecnologia, economia, meio ambiente e sociedade com o propósito de identificar as tecnologias genéricas emergentes e as áreas de pesquisa estratégicas de suporte para atingir os maiores benefícios econômicos e sociais.

Foresight não é a mesma coisa que previsão (forecast), pois é um processo e não uma técnica.

De acordo com o *Foresight Handbook* (2002), é um processo sistemático e participativo envolvendo a obtenção de inteligência e a construção de visões para o futuro de médio para longo prazo e cuja finalidade é dar informações para decisões atuais e mobilizar ações conjuntas.

De acordo com estudo realizado pelo Instituto Coreano de Ciência e Tecnologia (2007), a figura 8 apresenta os métodos mais utilizados para o processo de *Foresight*. O método de *Technology Roadmap* (TRM) é utilizado em aproximadamente 8% da amostra de 150 casos utilizados na pesquisa. Apesar de ser utilizado em apenas 8% dos casos, é um método poderoso e de grande utilidade para apoiar o gerenciamento e planejamento da tecnologia.

Figura 8: Métodos de Foresight

Fonte: Adaptado de Technology Foresight Center Korea Inst. of S&T – 2007

O *Technology Roadmap* consiste de esquemas com vários tipos de formatos. Pode apresentar múltiplos níveis ou um único nível, barras, textos, escalas de tempo, representações pictóricas, fluxos e setas (vide figuras 9 e 10).

Figura 9: Formato geral de Roadmap Tecnológico
 Fonte: adaptado de *Technology roadmap management* (YEE)

Figura 10: Esquema de um Roadmap Tecnológico
 Fonte: adaptado de *Technology Roadmapping* - PHAAL, R. (2005)

Na Figura 10, podemos ver que a construção de um *roadmap* pode levar em conta diversas visões relacionadas, como recursos, P&D, tecnologia, produtos e mercado.

De acordo com PHAAL et al (2004), a *European Industrial Research Association* (EIRMA) publicou um esquema genérico de *Roadmap* (Figura 11), que é um esquema baseado no tempo que é composto por uma quantidade de níveis que inclui perspectivas tecnológicas e comerciais. Permite que a evolução do mercado, dos produtos e tecnologias serem explorados em conjunto com as ligações entre diversas perspectivas.

Figura 11: Estrutura genérica de Roadmap

Fonte: EIRMA, 1997

De acordo com GARCIA e BRAY (1997), há três tipos de *roadmaps* de tecnologia. O primeiro seria um *roadmap* de produto que é conduzido pelas necessidades de produtos e processos. O segundo tipo seria um *roadmap* de tecnologias emergentes que foca a previsão de desenvolvimento e comercialização de novas tecnologias emergentes, a posição competitiva de uma organização relativamente a esta tecnologia, e como será o desenvolvimento desta tecnologia emergente. O terceiro tipo de *roadmap* é orientado aos desafios tecnológicos (*issue-oriented-roadmap*), visto que a disponibilidade de uma tecnologia requerida pode ser considerada como um desafio a ser colocado.

Segundo YASUNAGA e outros (2009), a estrutura do STR (Strategic Technology Roadmap) utilizado pelo METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) do Japão possui três níveis que são o cenário de disseminação, a visão tecnológica que não tem um horizonte temporal, e o *Technology Roadmap* (Figura 12).

Como exemplo da aplicação deste STR de três níveis do METI, abaixo temos o mesmo aplicado á área de robótica, que é uma das 25 áreas desenvolvidas (Figura 13).

Figura 13: Estrutura de três níveis do STR do METI para a área de robótica
Fonte: YASUNAGA e outros (2008)

2.3.2. Tipos de Roadmaps

De acordo com PHAAL e outros (2001c) o objetivo ou propósito dos TRM é muito flexível e os mesmos podem ser classificados em 8 grandes grupos, a saber:

- O planejamento de produtos que é o tipo mais comum de roadmap e que está relacionado com a inserção da tecnologia nos produtos manufaturados (Figura 14).

Figura 14: TRM de planejamento de produtos
Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento de serviços e capacidades que é similar ao tipo anterior, mas é mais apropriado para as organizações baseadas em serviços, focando como a tecnologia dá suporte às capacidades organizacionais (Figura 15).

Figura 15: TRM de planejamento de serviços e capacidades
Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento estratégico que inclui a dimensão estratégica relativamente ao suporte da avaliação de diferentes oportunidades ou ameaças ao nível de negócios (Figura 16).

Figura 16: TRM de planejamento estratégico

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento a longo prazo (*foresight*) que estende o horizonte temporal do planejamento e é freqüentemente utilizado ao nível setorial ou nacional (Figura 17).

Figura 17: TRM de planejamento a longo prazo

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento do ativo de conhecimento que alinha o mesmo e as iniciativas de gerenciamento do conhecimento com os objetivos de negócio (Figura 18).

Figura 18: TRM de planejamento do ativo de conhecimento

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento de programa que implementa estratégias e se relaciona com o planejamento de projetos - programas de P&D, por exemplo – (Figura 19).

Figura 19: TRM de planejamento de programa

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- O planejamento de processos que dá suporte à gestão do conhecimento, focando numa área de processo específica – desenvolvimento de um novo produto, por exemplo – (Figura 20).

Figura 20: TRM de planejamento de processos

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Planejamento de integração que visa à integração e/ou evolução da tecnologia, relativamente a como diferentes tecnologias combinam no desenvolvimento de produtos e sistemas, ou para criar novas tecnologias (Figura 21).

Figura 21: TRM de planejamento de integração

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

PHAAL (2001c) acrescenta que outro fator contribui para a diversidade dos *Roadmaps* observados e é o formato selecionado para apresentá-los, e consta de oito tipos gráficos apresentados a seguir:

- Múltiplos níveis: formato mais comum de TRM que inclui diversos níveis como tecnologia, produto e mercado, mostrando a evolução temporal deles juntamente com as interdependências entre estes níveis (figura 22).

Figura 22: TRM de múltiplos níveis

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Barras: formato de TRM em que os níveis e sub-níveis são apresentados através de barras, com a vantagem de simplificar e padronizar os “outputs”, facilitando a utilização de softwares para desenvolver os *Roadmaps* (figura 23).

Figura 23: TRM de barras

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Tabelas: formato utilizado em alguns casos no qual os *roadmaps* ou algum nível dos mesmos são apresentados como uma tabela (por exemplo, representando tempo vs desempenho), utilizado quando podemos quantificar o desempenho ou quando atividades são especificadas por períodos de tempo (figura 24).

Figura 24: TRM de tabelas

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Gráficos: formato de TRM utilizado quando o produto ou desempenho da tecnologia pode ser quantificado, apresentado como um gráfico (às vezes chamado de curva S de aprendizado) para cada sub-nível do roadmap (figura 25).

Figura 25: TRM de gráficos

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Representação pictórica: formato de TRM que utiliza representações pictóricas criativas para apresentar planos e integração da tecnologia (figura 26).

Figura 26: TRM com representação pictórica

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Fluxogramas: formato pictórico específico de TRM representando fluxogramas para relacionar objetivos, ações e resultados (figura 27).

Figura 27: TRM com fluxogramas

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

- Único nível: formato menos complexo de TRM subproduto do primeiro tipo (múltiplos níveis), não apresentando os relacionamentos entre os diversos níveis,
- Texto: formato de TRM que apresenta através de descrição textual o *roadmap* ou complementa os *roadmaps* gráficos convencionais.

A Figura 28 ilustra a caracterização dos vários tipos de TRM de acordo com os diversos tipos de propósitos e formatos acima discutidos.

Figura 28: Caracterização dos tipos de TRM através de propósito e formato

Fonte: Technology Roadmapping - PHAAL, 2001c

2.3.3. Desenvolvimento de Roadmaps

De acordo com GARCIA & BRAY (1997), o processo de elaboração de um TRM consta de três fases que são a atividade preliminar (fase 1), a atividade do desenvolvimento do TRM (fase 2), e a atividade de *follow-up* (fase 3), que são detalhadas na Figura 29.

Figura 29: As três fases do processo de elaboração de TRM

Fonte: Adaptado de *Fundamentals of Technology Roadmapping* (1997)

- Na fase 1 – Atividade Preliminar – os principais tomadores de decisão precisarão decidir o que será desenvolvido nos *roadmaps* e como o TRM irá ajudá-los nas decisões de investimento e alocação de recursos.
 - 1) Satisfazer as condições essenciais: para desenvolver um processo de TRM bem sucedido, algumas condições precisam ser satisfeitas e ações precisam ser tomadas. Precisamos ter em mente que é um processo participativo composto por vários grupos com visões diferentes, envolve vários setores da organização, além de clientes e fornecedores, pode necessitar da participação de governo e academia. O foco deve ser

colocado em áreas de necessidade comum, evitando condições de adversidade.

- 2) Providenciar uma liderança / *sponsorship*: devido ao tempo e esforço envolvidos na elaboração de TRM há necessidade de ter uma liderança do processo que deve vir do grupo de implementação e que será beneficiado pelo mesmo processo.
 - 3) Definir o escopo e as fronteiras do TRM: esta etapa garante que o contexto do *roadmap* foi especificado, desenvolve ou garante a existência de uma visão suportada pelo TRM, e especifica claramente o escopo e as fronteiras a serem estabelecidos para o *roadmap*. O *roadmap* inicia com um conjunto de necessidades e a determinação do horizonte planejado e o nível de detalhamento estabelecido.
- Na fase 2 – Desenvolvimento do TRM – há sete atividades identificadas e o processo se aplica tanto a *roadmaps* de organizações públicas ou privadas, assim como a indústrias.
 - 1) Identificar o produto a ser foco do *roadmap*: é uma etapa crítica que leva os participantes a identificar e estar de acordo com requisitos de produto comuns a serem satisfeitos. A seleção do foco apropriado é um fator crítico do processo. A utilização de um planejamento baseado em cenários ajuda na melhor escolha das necessidades, serviços ou produtos a constarem do *roadmap*.
 - 2) Identificar os requisitos e alvos críticos de sistema: os requisitos de sistema críticos proporcionam a base esquemática e as dimensões de alto nível às quais a tecnologia se relaciona na construção dos *roadmaps*. Após os participantes do processo terem decidido a respeito das necessidades a serem incluídas no *roadmap*, precisam identificar os requisitos críticos de sistema (atributos de produtos / tecnologias a serem quantificados para estabelecer metas, por exemplo).

- 3) Identificar as áreas de tecnologia principais: são as áreas principais da tecnologia em estudo que podem auxiliar na obtenção dos requisitos críticos de sistema para o produto identificado no *roadmap*.
 - 4) Especificar os “*direcionadores*” de tecnologia e seus alvos: os requisitos críticos de sistema se transformam em *direcionadores* (gatilhos) orientados à tecnologia para determinadas áreas específicas das mesmas. Estes *direcionadores* de tecnologia são variáveis críticas que determinarão as alternativas tecnológicas a serem selecionadas. Os alvos ou metas dos *direcionadores* de tecnologia especificam o quão bem uma alternativa de tecnologia está apta a ser alcançada numa certa data projetada no *roadmap*.
 - 5) Identificar as alternativas de tecnologia e suas linhas de tempo: para cada alternativa de tecnologia identificada, precisamos projetar uma linha de tempo que irá especificar quando estará amadurecendo relativamente às metas apontadas para os *direcionadores* de tecnologia assinalados.
 - 6) Recomendar as alternativas de tecnologia a serem perseguidas: esta etapa seleciona o subconjunto das alternativas de tecnologia a serem seguidas. Estas alternativas de tecnologia podem variar em relação a custo, tempo e desempenho. Quanto mais complexo o problema, uma tecnologia específica pode atingir algumas metas iniciais projetadas, mas não satisfazer metas posteriores ou vice-verso. Tecnologias de ruptura (novas e atualmente inexistentes) podem não satisfazer objetivos atuais, mas seu desempenho potencial e taxa de inovação, se forem desenvolvidas, é muito superior às tecnologias que elas substituem.
 - 7) Criar o TRM: nesta etapa o *roadmap* é desenvolvido e irá incluir a identificação e descrição de cada área de tecnologia, os fatores críticos que se não forem atingidos farão falhar o *roadmap*, as áreas não apontadas no *roadmap*, e recomendações técnicas e de implementação.
- Na fase 3 – Atividade de *Follow-up* - após o desenvolvimento do *roadmap*, o mesmo precisa ser divulgado e posteriormente criticado, validado e aceito pelas pessoas que não estiveram envolvidas em sua criação. Um plano de

implementação precisa ser desenvolvido utilizando a informação gerada pelo processo de TRM a fim de realizar as decisões de investimento requeridas. Além disso, em função das necessidades e das tecnologias estarem evoluindo, os *roadmaps* necessitam de revisão e atualização periódicas.

- 1) Criticar e validar o TRM: devido a uma população relativamente pequena de especialistas e pesquisadores ter participado da fase de desenvolvimento do TRM, há necessidade do trabalho ser exposto a grupos maiores a fim de ser criticado e validado. Na realidade, esta etapa ajuda também na “venda” dos resultados do processo de TRM.
- 2) Desenvolver um plano de implementação: com base nas alternativas de tecnologia selecionadas, devemos desenvolver um plano envolvendo um projeto ou um conjunto de projetos decorrentes do TRM (a nível de indústria ou corporação).
- 3) Revisar e atualizar: devemos introduzir um processo iterativo formal de revisão e atualização do TRM devido às incertezas das previsões realizadas, refinar e eventualmente eliminar determinados cenários explicitados. O ciclo de revisão e atualização permite que tanto os *roadmaps* assim como os planos de implementação sejam ajustados e compatibilizados às mudanças ocorridas. Este ciclo depende muito da velocidade de atualização das próprias tecnologias envolvidas.

2.3.4. Processo T-PLAN de Desenvolvimento Rápido de Roadmaps

O *Centre for Technology Management* da Universidade de Cambridge apresenta um processo de implementação de *roadmaps* de tecnologia denominado T-Plan (PHAAL *et al*, 2001b).

Segundo PHAAL *et al* (2001b), este processo aponta os seguintes objetivos:

1. Dar suporte ao *start-up* dos processos de *roadmap* tecnológico de uma empresa específica;
2. Estabelecer as conexões básicas entre os recursos tecnológicos e os *direcionadores* de negócio;
3. Identificar os desvios importantes relacionados ao marketing, produto e inteligência de tecnologia:
4. Desenvolver um *roadmap* de tecnologia preliminar;
5. Dar suporte às iniciativas de estratégia e planejamento da tecnologia na empresa;
6. Dar suporte à comunicação entre as funções técnica e comercial.

O processo de T-Plan, cujo desenvolvimento objetiva o suporte à rápida inicialização dos *roadmaps* nas organizações, é composto por duas partes principais:

- a) A abordagem padrão para dar suporte ao planejamento de produto;
- b) A abordagem específica (customizada) que inclui uma orientação na aplicação mais ampla do método.

Processo padrão (planejamento de produto) envolve quatro *workshops* auxiliares, sendo que os três primeiros focam nas três camadas chave do *roadmap* (mercado / negócio, produto / serviço, e tecnologia), e o quarto *workshop* integra as camadas numa linha de tempo a fim de construir o diagrama (figura 30).

Figura 30: Etapas do processo padrão do T-Plan

Fonte: Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives (Phaal et al, 2001b)

As atividades de gerenciamento e controle paralelas ao processo são também de suma importância.

A abordagem específica ou *customização* do processo é altamente recomendável, pois as empresas são diferentes em vários aspectos (contexto dos negócios, cultura organizacional, processos de negócios, recursos disponíveis, tipos de tecnologias, etc.). A customização permite aproveitar plenamente as vantagens do desenvolvimento dos *roadmaps*.

As dimensões temporais e o detalhamento das camadas do eixo vertical do *roadmap*, as anotações e os instrumentos utilizados (vide figura 31) são normalmente adaptados neste processo de customização.

Figura 31: Processo genérico do T-Plan

Fonte: *Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives* (Phaal et al, 2001c)

O processo de *roadmapping* não se encerra com a elaboração do *roadmap* inicial. Para usufruir de todos os benefícios deste processo é recomendável que o mesmo se insira na estratégia de negócios da organização, integrando as áreas de planejamento, marketing e tecnologia.

Sugere-se atualizar constantemente os *roadmaps* desenvolvidos, expandir sua utilização em outras áreas da organização, e utilizar recursos de *software* para facilitar o desenvolvimento, armazenamento, disseminação e atualização dos mesmos (suporte a todo o ciclo do processo de *roadmapping*).

Na Figura 32 é apresentado o fluxo de elaboração de mapas tecnológicos sugerido pelo processo T-Plan, com as diversas etapas do processo, que serão descritas e detalhadas em sua aplicação.

Figura 32: Fluxo da elaboração de *roadmap* adaptado (Phaal et al, 2001b)

De acordo com o fluxo de elaboração de *roadmap* apresentado, temos 4 fases:

- Mercado:** nesta fase as dimensões de funcionalidade e *desempenho* dos produtos são consideradas, e os *direcionadores* externos (mercado) e internos (negócio) são identificados, agrupados e classificados por prioridade para os diferentes segmentos de mercado.
- Produto:** nesta fase as características dos produtos são identificadas, agrupadas, e seus impactos nos *direcionadores* de mercado e negócio são avaliados. Estratégias alternativas de desenvolvimento de produtos podem ser consideradas.

- c) **Tecnologia:** nesta fase as opções de tecnologia são identificadas, agrupadas, seus impactos nas características dos produtos são avaliados, e as lacunas de conhecimento são levantadas.
- d) **Roadmap:** nesta fase elabora-se um *roadmap* que integra os aspectos relacionados ao mercado, produto e tecnologia. São identificados marcos, a evolução do produto é esquematizada, e a tecnologia de suporte envolvida é considerada.

FASE1: MERCADO

Esta fase inicial do processo introduz o processo de “*Roadmapping*” aos componentes do grupo de trabalho da organização e foca nos desafios associados com a camada de mercado do mapeamento, para identificar os condicionantes (*direcionadores*) mais importantes externos (o próprio mercado) e internos à organização (o negócio envolvido). Estes “*direcionadores*” identificados definem a motivação para o desenvolvimento de produtos e serviços prioritários, destacando a contribuição da tecnologia para dar apoio a este desenvolvimento.

A1) Levantamento e revisão dos objetivos geral e específicos

Esta etapa visa apresentar e consolidar os objetivos da organização em estudo, com implicações para o *roadmapping*. No estudo de caso, o plano de ação da diretoria de rádiofarmácia foi utilizado para a discussão inicial dos objetivos. A seguir, através de entrevistas, são aplicados filtros nestes objetivos, metas e estratégias do plano de ação, de forma a obter-se os *direcionadores* que são pertinentes ao TRM.

A2) Determinação das metas e indicadores dos objetivos

Após a indicação dos objetivos, podemos identificar as metas e os indicadores relacionados aos mesmos.

A3) Levantamento dos requisitos do mercado

Considerando o mercado como um sistema onde interagem basicamente clientes e fornecedores com a organização em estudo, sendo a produção e venda de seus respectivos produtos e serviços os objetos desta interação, é essencial levantar os requisitos e expectativas do mercado. A atenção dedicada a este levantamento deve ser diferenciada de acordo com a importância relativa de cada produto.

Deverão também ser considerados os futuros produtos, ou seja, aqueles que estão em fase avançada de desenvolvimento e que pareçam promissores quanto às suas respectivas demandas.

A4) Seleção de produtos e tecnologias prioritárias

Os recursos tecnológicos nos negócios exercem um papel essencial na sobrevivência da organização no ambiente competitivo. Cabe à empresa ajustar seus objetivos e produtos aos requisitos do mercado e à dinâmica da evolução tecnológica. Nesta etapa as tecnologias prioritárias devem ser levantadas e selecionadas.

A5) Identificação do conjunto de dimensões de funcionalidade e desempenho dos produtos

Esta etapa visa identificar os aspectos funcionais e de *desempenho* que são importantes para os clientes ou negócios, e cuja tecnologia associada (*know how*) pode fornecer. As dimensões relacionadas ao desempenho dos produtos / serviços são um bom início do estudo, pois costumam ser mais tangíveis que os *direcionadores* de mercado e negócio. Tanto as dimensões quantitativas quanto as qualitativas podem ser consideradas em conjunto com as perspectivas de mercado, produto ou tecnologia. Na consideração da dimensão de desempenho, do ponto de vista do mercado, representa o valor atribuído pelo cliente; do ponto de vista do produto em si, representa a definição de suas especificações; e do ponto de vista da tecnologia, seu desenvolvimento leva à melhoria do desempenho dos produtos. Como

exemplo de dimensões de desempenho de produtos, podemos citar tamanho, velocidade, facilidade de uso e confiabilidade.

A6) Identificação dos direcionadores de mercado e negócio

A identificação dos *direcionadores* de mercado (externos) e negócio (internos) reflete as motivações, necessidades e benefícios dos clientes e do negócio. Motivações genéricas de negócio como lucro, faturamento e crescimento podem ser consideradas nos *roadmaps*. Contudo, geralmente não constituirão camadas dos mapas a menos que características específicas dos produtos se relacionem diretamente com eles. Tendências e *direcionadores* que afetem os principais clientes devem ser considerados quando listamos os *direcionadores*, em conjunto com os objetivos estratégicos da organização.

Após identificar os *direcionadores* de mercado e negócio, os mesmos serão classificados em grupos apropriados, os segmentos de mercado (diferentes tipos de clientes) serão identificados e priorizados, e os *direcionadores* internos de negócio serão também priorizados, os concorrentes serão identificados e a situação de concorrência revista.

Como exemplo de *direcionadores* externos de mercado, podemos citar custo, legislação e produtividade. Quanto aos *direcionadores* internos de negócios, podemos incluir custo, tempo para comercialização, diferenciação e meios de comercialização.

A7) Elaboração de uma breve análise SWOT para apoiar o plano estratégico (atividade opcional)

Se houver tempo, uma breve análise SWOT (ferramenta utilizada para fazer análise de cenário ou análise de ambiente) pode ser realizada para explorar as dimensões estratégicas da área em estudo, em termos de forças e fraquezas internas, e oportunidades e ameaças externas.

A8) Identificação das lacunas em conhecimento e tecnologia para trabalhos futuros necessários

Esta etapa visa identificar as lacunas (*gaps*) ou desvios-chaves no conhecimento atual e as áreas onde trabalho posterior é necessário, conjuntamente com as fontes de informação e os mecanismos para preenchimento das lacunas de conhecimento.

FASE 2: PRODUTOS

Esta segunda fase foca a camada de produto do *roadmap*, incluindo os aspectos relacionados a serviço. Outros aspectos tangíveis do negócio podem também ser considerados, se necessário, como os sistemas de produção. São identificadas características de produto que proporcionam valor em termos de *direcionadores* de mercado e negócio levantados na fase anterior. Isto definirá a estrutura através da qual a evolução dos futuros produtos pode ser explorada. Estas características de produto provêm a base na qual as opções de tecnologia serão posteriormente consideradas na fase seguinte.

B1) Identificação das características dos produtos e serviços para atender os “direcionadores” do mercado e negócio

Esta etapa visa desenvolver uma visão de como os produtos poderiam se desenvolver no futuro, do ponto de vista da perspectiva do cliente. É a identificação das características dos produtos e serviços que têm o potencial de atender aos *direcionadores* do mercado e negócio. As dimensões de *performance* e os *direcionadores* levantados na fase anterior podem constituir um *checklist* para estimular idéias a serem concretizadas.

Após a identificação, este conjunto de características deverá ser classificado em grupos específicos e será feito o mapeamento das conexões com as dimensões de *performance*.

Como exemplo de características dos produtos e serviços, podemos citar a forma e características físicas (tamanho, peso, design, estética...), a funcionalidade e qualidade (facilidade de uso, facilidade de armazenagem, facilidade de conservação, facilidade na preparação da dose para o cliente, estabilidade / reprodutibilidade das doses preparadas ...), itens agregados

(embalagem, produtos associados, política de reposições...), resultados com o uso (qualidade da imagem produzida, efetividade da terapia, ausência de reações adversas...).

B2) Classificação do valor potencial das características de produtos e serviços quanto ao impacto nos “direcionadores”

Esta etapa visa à construção de uma grade com o mercado e negócio como eixo horizontal e o conjunto de características do produto no eixo vertical. Para cada conjunto de características do produto, devemos dimensionar o impacto em cada *direcionador* de mercado / negócio em termos do potencial para satisfazer o *direcionador* específico (alto, médio, ou baixo impacto). O impacto por sua vez pode ser positivo ou negativo. Após completar a grade, a mesma deverá ser balanceada, verificando os resultados / dimensionamentos relativos por coluna. Poderemos então identificar as características chaves de produto que possuem impacto elevado através de múltiplos *direcionadores*, ocasionando um efeito de sinergia.

B3) Consideração das estratégias de produto alternativas para satisfazer o conjunto de “direcionadores” de mercado e negócio no futuro

Esta etapa visa considerar as estratégias de produto alternativas que poderiam satisfazer o conjunto de *direcionadores* de mercado e negócio no futuro.

B4) Identificação das lacunas em conhecimento e áreas para trabalhos futuros necessários

Esta etapa visa identificar as lacunas (*gaps*) ou desvios chaves no conhecimento atual e as áreas onde trabalho posterior é necessário, conjuntamente com as fontes de informação e os mecanismos para preenchimento das lacunas de conhecimento.

FASE 3: TECNOLOGIA

Esta fase foca a camada de tecnologia do *roadmap*. Além disso, outros aspectos de características do negócio podem ser levados em conta, como, por exemplo, as competências, as qualificações, e o desenvolvimento financeiro e de parcerias estratégicas.

C1) Identificar as soluções tecnológicas para atender às características de produtos levantadas

Esta etapa visa identificar as possíveis soluções tecnológicas que poderiam dar suporte ao desenvolvimento de cada conjunto de características do produto levantadas na fase anterior. Para estimular as idéias, podemos considerar os problemas, as barreiras e os desafios tecnológicos. A definição de tecnologia pode ser generalizada, incluindo os componentes do produto, o projeto, a produção e informações relacionadas com as opções tecnológicas.

Após a identificação, requer-se a classificação das soluções tecnológicas em grupos específicos ou áreas de tecnologia. Pode-se também identificar outros recursos importantes como competências, qualificações, conhecimento, recursos financeiros, tempo e parcerias.

C2) Classificar o valor potencial das soluções tecnológicas em termos de impacto nas características de produto

Esta etapa visa à construção de uma grade com as características dos produtos no eixo horizontal e os grupos de áreas tecnológicas no eixo vertical. Para cada área tecnológica, linha por linha, avaliamos o impacto em cada característica do produto, em termos de potencial para melhoria da *performance* do mesmo. Recomenda-se a utilização de escala ternária de avaliação de impacto (alto, médio ou baixo), sendo que este impacto pode ser positivo ou negativo.

Após completar a grade, a mesma deverá ser balanceada verificando as avaliações relativas por coluna. Poderemos então identificar as áreas

tecnológicas chaves que possuem impacto elevado através de múltiplas características de produto, ocasionando um efeito sinérgico.

C3) Identificar as lacunas em conhecimento e áreas para trabalhos futuros necessários

Esta etapa visa identificar as lacunas chaves em conhecimento atual e áreas onde futuro trabalho é requisitado, em conjunto com as fontes de informação e os mecanismos para preenchimento de tais lacunas de conhecimento. A seguir, identificamos as ações e a preparação necessárias, a fim de passar para a fase seguinte de elaboração dos *roadmaps*.

FASE 4: MAPEAMENTO

Esta fase final integra as perspectivas de mercado, produto e tecnologia a fim de produzir um *roadmap* tecnológico (TRM) inicial. As três fases anteriores têm o objetivo de definir uma estrutura para viabilizar o desenvolvimento o TRM. O formato do *roadmap* é consolidado, marcos são estabelecidos, e a evolução de produto e tecnologia associada é mapeada. No final desta etapa gera-se uma revisão do processo e confirmam-se as lacunas em conhecimentos chaves.

D1) Desenvolver um Roadmap preliminar

Nesta etapa definimos primeiramente o formato do *roadmap*, o que implica inicialmente em definir a escala de tempo a ser adotada, ou seja, o horizonte de tempo a considerar. Este planejamento pode se estender no médio e longo prazos e incluir tipicamente as próximas duas gerações ou versões de produtos. Dependendo da área ou segmento industrial ou também da velocidade de evolução tecnológica pode variar de 2 a 20 anos de escala. A escala de tempo pode ser apresentada em anos ou em termos de horizonte temporal de curto, médio ou longo prazos.

A estratégia geral de desenvolvimento de produto precisa ser definida em termos de plataformas, família de produtos e ciclos de desenvolvimento de produtos, e também se a inovação é incremental ou radial.

Nesta etapa desenvolvemos também o mapeamento dos aspectos relacionados a mercado, produto e tecnologia. Mapeamos a evolução das tendências de mercado e *direcionadores*, e quando possível, procuramos apresentar dados quantitativos. É importante apontar no *roadmap* eventos específicos que têm um impacto na evolução do produto e da tecnologia, como marcos estratégicos, datas de liberação de novos produtos, eventos legais e atividades da concorrência. A evolução de cada área deve ser definida de modo explícito e, quando possível, quantificada em termos de desempenho do produto ao longo do tempo. A taxa de evolução do produto representa um compromisso entre a demanda do mercado e a capacidade tecnológica.

Devemos também apontar os desafios associados à evolução de produtos e tecnologias, e problemas de lacunas no conhecimento. Além disso, recomenda-se indicar os acoplamentos entre as camadas da tecnologia, do produto e do mercado no mapeamento.

D2) Identificar as lacunas em conhecimento e áreas para implantar o processo, Incluindo fatores de sucesso e barreiras

Esta etapa visa identificar as lacunas-chaves no conhecimento atual e as áreas onde algum trabalho posterior é requerido, incluindo todos os aspectos do processo (mercado, concorrência, legislação, processos, tecnologia, qualificações), assim como as fontes de informação e os mecanismos para preencher as lacunas de conhecimento.

Após ter desenvolvido o *roadmap*, podemos confirmar perguntas fundamentais a respeito do negócio, como “*quais são nossas competências nucleares*” e “*como deveria ser nossa estratégia de marketing ou de fornecedores*”.

2.3.5. Considerações Gerais

A sobrevivência das organizações em que a tecnologia desempenha um papel primordial não é uma tarefa fácil, principalmente em função da inovação

tecnológica e dos processos dinâmicos associados. Os *roadmaps* podem ajudar a organização a se manter neste ambiente de eventual ruptura tecnológica, visto que indicam visões claras das inovações incrementais ou radicais.

Segundo PHAAL (2004), há diversas características inerentes aos *roadmaps* tecnológicos que os tornam muito úteis como ferramentas e recursos de suporte ao planejamento estratégico dos negócios da organização.

Podemos relacionar os seguintes aspectos:

- O processo de *roadmapping* tem um grande potencial para subsidiar as estratégias e planejamento de negócios organizacionais;
- Muitos dos benefícios do *roadmapping* decorrem da aplicação mais integrada e sistêmica, e existência do próprio processo que cria uma nova forma de se pensar e discutir o futuro;
- A representação gráfica dos *roadmaps* constitui um mecanismo poderoso de comunicação e uma ferramenta sintética e condensada de representação;
- Os *roadmaps* são constituídos por múltiplas camadas, refletindo a integração da tecnologia, produto e perspectivas mercadológicas da empresa, incluindo fontes internas e externas e dando suporte à comunicação através das fronteiras funcionais nas organizações;
- A dimensão temporal utilizada nos *roadmaps* possibilita a sincronização eficiente entre os desenvolvimentos tecnológicos, de produto, de serviço, do negócio e do mercado, refletindo a dinâmica do ambiente organizacional;
- O *roadmapping* permite o compartilhamento do conhecimento e o desenvolvimento de uma visão comum do futuro da empresa;
- Os *roadmaps* setoriais ou multiorganizacionais promovem o compartilhamento do conhecimento, promovendo uma visão coletiva e alavancando áreas específicas.

Para que o processo de *roadmapping* tecnológico tenha sucesso, alguns fatores podem contribuir:

- Uma boa estrutura organizacional que seja clara e bem estabelecida;
- Um claro conhecimento das necessidades do negócio, dos benefícios tangíveis, do ciclo de negócio e do aspecto temporal da atividade da organização;
- Um poderoso acordo interno envolvendo toda a organização com um alto executivo como mentor do processo;
- Um processo eficiente de coleta de informações relevantes, envolvendo *inputs* multifuncionais e multidisciplinares;
- Uma comunicação eficaz para garantir a tomada de decisão influenciada pelo *roadmapping*;
- Uma cultura organizacional adequada para dar suporte aos aspectos colaborativo e de compartilhamento de informações essenciais no processo de *roadmapping*.

2.4. Redes Complexas

Devido à utilização na tese do processo adaptado de detecção de frentes emergentes de pesquisa, que analisa redes de citação de publicações científicas, foi realizado um estudo conceitual das redes complexas que englobam qualquer tipo de rede.

2.4.1. Conceitos Gerais

O estudo das redes complexas tem sido principalmente o domínio de um ramo da matemática discreta conhecido como teoria dos grafos. Esta teoria nasceu em 1736 com o matemático suíço Leonard Euler que publicou um artigo sobre o problema das pontes da cidade prussiana de Königsberg, que consistia em encontrar um caminho que atravessasse a cidade passando uma única vez por suas sete pontes (BOCCALETTI et al, 2006).

Rede complexa refere-se a um grafo que apresenta uma estrutura topográfica não trivial, composto por um conjunto de vértices (nós) que são interligados por meio de arestas (BARABÁSI, 2003).

Podemos definir de modo geral redes como sendo uma abstração que permite codificar relacionamentos entre pares de objetos e que envolve relacionamentos entre os mesmos. Portanto, vários aspectos do mundo real podem ser representados através de redes complexas como analogias para a resolução de problemas complexos. A Internet representa um exemplo típico de rede na qual os computadores são os nós enquanto os cabos de conexão e os diversos meios de transmissão representam as arestas do grafo (figura 33). Relações sociais entre grupos de pessoas, redes organizacionais ou de negócios entre companhias, redes de informação, redes tecnológicas, redes biológicas, redes neurais, redes metabólicas, cadeia alimentar, entre outras, são exemplos de redes complexas. (METZ e outros, 2007)

Figura 33: Estrutura da Internet

Fonte: Newman, 2003.

2.4.2. Redes Sociais

Historicamente, as redes sociais foram estruturadas e estudadas em primeiro lugar por Jacob Moreno (1934). Ele desenvolveu um sistema para representar as redes sociais através da combinação de pontos e linhas. Utilizando este sistema, ele conseguiu ilustrar como diferentes configurações de rede poderiam

afetar um membro específico da mesma. Ele também introduziu o termo “sociometria” para descrever estas configurações.

Podemos conceituar rede social como sendo um conjunto de dois elementos: os atores que representam os nós da rede (pessoas, instituições ou grupos) e suas conexões (interações ou laços sociais). Assim, podemos observar através destas redes, os padrões de conexão de um grupo social, através das ligações entre os vários atores. O foco das redes sociais reside na estrutura social na qual não é possível isolar os atores sociais nem suas conexões (RECUERO, 2009).

Segundo WASSERMAN e FAUST (1994), “*Uma rede social consiste de um ou mais conjuntos finitos de atores [e eventos] e todas as relações definidas entre eles*” (figura 34).

Figura 34: Redes Sociais

Fonte: Visual Complexity

Rede Social é uma das formas de representação dos relacionamentos afetivos ou profissionais dos seres entre si ou entre seus agrupamentos de interesses mútuos. A rede é responsável pelo compartilhamento de idéias entre pessoas que possuem interesses e objetivo em comum e também valores a serem compartilhados. Assim, um grupo de discussão é composto por indivíduos que

possuem identidades semelhantes. Essas redes sociais estão hoje instaladas principalmente na Internet devido ao fato desta possibilitar uma aceleração e ampla maneira das idéias serem divulgadas e da absorção de novos elementos em busca de algo em comum.

Em Ciências Sociais, rede seria o conjunto de relações sociais entre um conjunto de atores e também entre os próprios atores. Designa ainda os movimentos pouco institucionalizados, reunindo indivíduos ou grupos numa associação cujos limites são variáveis e sujeitos a reinterpretações (COLONOMOS, 1995).

Para a Antropologia Social a noção de redes sociais busca apoiar "*a análise e descrição daqueles processos sociais que envolvem conexões que transpassam os limites de grupos e categorias*" (BARNES, 1987).

Segundo PARREIRAS (2007), os elementos básicos de uma rede social são os atores, os atributos, e o laço relacional ou a relação.

Um *ator* em uma rede social é uma unidade discreta que pode ser de diferentes tipos como uma pessoa, ou um conjunto discreto de pessoas agregados em uma unidade social coletiva, como subgrupos, organizações e outras coletividades. Portanto, o conceito de ator é flexível, permitindo diferentes níveis de agregação, o que possibilita sua adequação a diferentes problemas de pesquisa.

Os *atributos* de um ator são suas características individuais. O conjunto de atributos de uma rede é denominado *composição* da rede social. Podemos definir como atributos, por exemplo, as características individuais e profissionais quando os atores da rede social são pessoas.

O *laço relacional* ou *relação* é responsável por estabelecer a ligação entre pares de atores. Uma *relação* em uma rede define todo o conjunto de laços que respeitam o mesmo critério de relacionamento, dado um conjunto de atores.

As relações têm duas propriedades importantes que devem ser consideradas nas pesquisas e que condicionam os métodos de análise de dados disponíveis. Estas propriedades são o direcionamento e a valoração. Quanto ao direcionamento, as relações podem ser direcionais, caso no qual têm um ator como transmissor e outro como receptor ou não direcionais, caso no qual a relação é

recíproca, como no caso da amizade, por exemplo. Quanto à valoração, as relações podem ser dicotômicas, o que implica sua presença ou ausência, ou valoradas, com valores discretos ou contínuos (PARREIRAS, 2007).

Outro elemento importante no estudo das redes sociais é o *capital social*. Segundo RECUERO (2009), ele serve de indicativo da conexão entre pares de indivíduos em rede social. Refere-se a um valor constituído a partir das interações entre os atores sociais.

De acordo com PUTNAM (2000), o capital social se refere à conexão entre indivíduos – redes sociais e as normas de reciprocidade e confiança que despontam delas. O capital social é relacionado não se encontra nos indivíduos, mas é inerente ao grupo e às relações sociais das pessoas.

O capital social envolve dois aspectos ou facetas diferentes: o *individual* que advém do fato dos interesses dos indivíduos ao fazer parte de um grupo que é a rede social e o coletivo que vem do fato de que o capital social individual reflete-se na esfera coletiva do grupo (RECUERO, 2000).

RECUERO complementa que podemos, de modo geral, definir capital social como sendo um conjunto de recursos de um determinado grupo que pode ser usufruído por todos os membros do grupo, ainda que individualmente, e que está baseado na reciprocidade.

Tipos de Redes Sociais:

Segundo WASSERMAN e FAUST (1994), os tipos de redes podem ser definidos conforme a natureza dos atores ou dos conjuntos de atores se houver um tipo de atores ou vários tipos, bem como em função das propriedades das ligações e relações entre eles.

De acordo com SHERER-WARREN (2005), os três principais modelos de redes sociais, segundo o meio de convivência das pessoas, são as seguintes:

- **Rede social primária:** composta por todas as relações que as pessoas estabelecem durante a rotina diária, que pode ser composta por familiares,

vizinhos, amigos, colegas de trabalho, organizações, etc. As redes de relacionamento começam logo na infância e contribuem para a formação das identidades na vida adulta.

- **Rede social secundária:** composta por profissionais e funcionários de instituições públicas ou privadas, por organizações não governamentais, organizações sociais. Fornecem atenção, orientação e informação aos participantes.
- **Rede social intermediária:** composta por pessoas que receberam capacitação especializada, tendo como função a prevenção e apoio. Podem vir do setor da saúde, igreja ou até da união das pessoas da própria comunidade.

Segundo KLEINER (2007), *“As redes sociais secundárias e intermediárias são formadas pelo coletivo, instituições e pessoas que tem interesses pessoais em comum. Para que tenha seus objetivos e metas atingidos com sucesso elas possuem um grande poder de mobilização e articulação”*. KLEINER complementa que, segundo a antropóloga social Karen Stephenson, em qualquer organização social, seja ela uma empresa, sindicato ou associação, existem seis tipos de redes (de conhecimento) com características diversas e complementares. Estas redes representam os caminhos invisíveis das relações sociais e das informações que têm influência direta no sucesso ou fracasso destas organizações. Os tipos de redes são os seguintes:

- **Rede do Trabalho** com quem você troca informações como parte de suas rotinas diárias de trabalho;
- **Rede Social** com quem você faz contatos *“para verificar, dentro e fora do escritório, o que está acontecendo”*;
- **Rede da Inovação** com que você colabora ou contribui em torno de idéias novas;
- **Rede dos Especialistas**, ou seja, quem você procura para obter informação especializada ou orientações;

- **Rede de Orientação de Carreira ou de Estratégia**, ou seja, a quem você pede conselhos sobre o futuro;
- **Rede de Aprendizagem** com quem você trabalha para melhorar processos ou métodos existentes.

Em relação ao escopo e análise das redes sociais, podemos classificar as mesmas em *redes sociocêntricas* (whole or sociocentric networks) e *redes egocêntricas* (personal or egocentric networks).

- A **rede sociocêntrica** analisa e quantifica os relacionamentos entre pessoas de um determinado grupo, como por exemplo, os alunos de uma escola, os moradores de uma cidade, ou os parceiros comerciais de um bloco de nações. Através da representação quantitativa dos relacionamentos, análises matemáticas e estatísticas podem ser aplicadas. O foco reside na mensuração dos padrões estruturais dessas interações e como estes padrões explicam resultados, como a concentração de poder ou outros recursos, dentro do grupo. A rede egocêntrica compreende a população que uma pessoa (referenciada como ego) conhece. A análise de redes egocêntricas está focada em fazer generalizações a respeito das redes pessoais que explicam coisas como longevidade, comportamento de eleitores e consumidores, relacionando-as com situações de dificuldade na vida pessoal, sucesso ou fracasso econômico, etc. A base da análise das redes sociométricas é uma matriz onde colunas e linhas representam os membros de um grupo em estudo, e cada célula da matriz contém a mensuração de alguma relação entre estes membros. A diagonal da matriz é a intersecção de cada membro (pessoa, organização, nação) consigo mesmo, e é freqüentemente ignorada nas rotinas analíticas da análise.
- A **rede egocêntrica** analisa e foca as redes dos indivíduos. Dentro desta visão, cada pessoa possui sua própria rede de relacionamentos que interage com vários grupos e que contribui para seu comportamento e atitudes. Redes egocêntricas têm sido utilizadas para estudar muitas comunidades, incluindo, por exemplo, doenças; crianças em classes de aula, em escolas, e em todo o sistema educacional; grupos étnicos ou minoritários embutidos em grandes

populações; e a adaptação das populações a desastres e guerras. Através do ajuste do critério de seleção dos respondentes, o número das outras pessoas relacionadas na rede selecionadas e a informação a respeito de cada uma, a análise da rede egocêntrica pode ser aplicada a uma grande variedade de comunidades.

Segundo RECUERO (2009), foram identificadas três categorias de redes sociais, relativamente a suas topologias: rede social emergente, rede social de associação ou filiação, e rede social híbrida.

- A *rede social emergente* caracteriza-se por um *cluster* bastante conectado em relação ao resto da rede, possuindo, portanto, um núcleo onde se localizam atores conectados por nós mais fortes e uma periferia onde estão os nós mais fracos. Esta rede social pode ser dividida em *rede emergente nuclear* onde “há uma maior quantidade de capital social relacionado aos laços fortes, tais como suporte social, intimidade, construção de reputação e aprofundamento de laços sociais, pois há tanto links entre os atores quanto conversações, indicando que há um maior investimento nos laços sociais” e *rede emergente marginal* onde “há um menor investimento nas interações e laços sociais mais fracos” (figura 35).

Figura 35: Rede social emergente

- A *rede social de filiação ou associação* onde é estudado um conjunto de eventos ao qual um determinado ator pertence. Cada um desses eventos é um elemento de conexão de um conjunto de atores. As redes de filiação ou de associação podem ser constituídas de indivíduos-atores ou grupos e nesta perspectiva os internautas se relacionam mediante conexões que proporcionam o sentimento de pertencimento. Podemos dividir estas redes em rede de filiação de atores seguidos por ego e seguidores de ego. A rede que compreende apenas os seguidos por ego é uma rede fonte de informações. Seu valor está na quantidade e na qualidade de informações publicadas. Já a rede de seguidores de ego é a rede da qual ego pode extrair sua reputação, popularidade, visibilidade e influência, pois são aqueles atores que efetivamente recebem suas atualizações (figura 36).

Figura 36: Rede social de filiação ou associação

- A *rede social híbrida* é aquela que engloba características das duas redes anteriores (emergentes e de filiação). Ao redor de um determinado ator há uma rede emergente, em geral mais fraca que as redes sociais puramente emergentes, e uma rede de filiação de atores com seus próprios grupos e que querem se associar a este ator.

Outra classificação das redes sociais, quanto a suas estruturas é: redes igualitárias, redes mundos pequenos e redes sem escalas (BARABÁSI, 2003).

- A *rede igualitária* é uma rede social onde os nós (atores) têm uma quantidade mais ou menos igual de conexões, sendo, portanto, uma rede harmônica.
- A *rede mundos pequenos* é uma rede social onde a conexão entre cada um de seus elementos é relativamente estreita, denotando coincidências entre desconhecidos. O conceito se inspira, em parte, na idéia de "seis graus de separação", a qual postula que, em média, qualquer pessoa do planeta está em contato com qualquer outra com a ajuda de seis intermediários. Esta rede apresenta uma distribuição de lei de potência: um número bem pequeno de seus elementos é altamente conectado, formando os chamados "*hubs*", enquanto a grande maioria tem uma quantidade modesta de conexões. Como não existe um único elemento que seja representativo das conexões de todos os outros elementos, essa rede não tem uma escala típica de conectividade (figura 37).

Figura 37: Rede mundos pequenos (Strogatz, 2001).

- A *rede sem escala* (figura 38) é uma rede social que possuiria nós altamente conectados (*hubs*) e uma grande quantidade de nós com poucas conexões. É uma rede descentralizada. BARABÁSI utilizou um software que, automaticamente visitava sites da web e analisava a quantidade de links disponíveis, descobrindo que "*muitos sites estão conectados a apenas alguns poucos, enquanto um número muito pequeno de sites tem um número enorme de links*", passando a denominar esse tipo de rede de *rede sem escala* (*scale-free network*).

Figura 38: Rede sem escala

Fonte: Strogatz, 2001.

Propriedades das Redes Sociais:

Para realizar uma análise quantitativa das redes sociais, temos um conjunto de três propriedades a serem estudadas: medidas de conexão da rede, medidas de centralidade e análise “*cross boundary*” (CROSS & PARKER, 2004).

Para mensurar a conexão da rede, temos a **densidade**. Podemos definir a densidade de uma rede como sendo o grau ou nível de conexão de uma determinada rede, ou seja, a proporção do número de conexões de um grafo em relação ao número máximo de grafos que o mesmo suporta. Esta medição refere-se à quantidade de conexões que um grafo possui (RECUERO, 2009).

Outra medida de conexão de uma rede é a **coesão** ou **distância** que mostra a distância média para alcançar todas as outras pessoas da rede. Distâncias menores significam relacionamentos mais rápidos, mais corretos, e transmissão ou compartilhamento mais precisos. Portanto, esta medida obtém o número médio de etapas para alcançar todos os participantes de uma rede. Valores baixos refletem um grupo mais capacitado a propagar um conhecimento (CROSS & PARKER, 2004).

Para medir a centralidade de uma rede, temos o **grau de centralidade**, a **centralidade de entrada** (*in-centrality*) e **de saída** (*out-centrality*), a **centralidade de intermediação** (*betweenness*) e a **centralidade de proximidade** (*closeness*).

Uma forma de definir o grau de centralidade de um ator é considerá-la como a quantidade de vínculos que ele possui, sendo o ator com maior grau de centralidade aquele que possui o maior número de vínculos comparado com os demais. Mede o quanto cada indivíduo é bem conectado na rede social. De certo modo é a medição do grau de popularidade de um indivíduo da rede, sendo que esta popularidade é geralmente associada ao quão central ele é para uma rede específica (RECUERO, 2009).

A centralidade de entrada mede o número de relacionamentos entrando em um nó, enquanto a centralidade de saída mede o número de relacionamentos saindo de um nó. Estas duas medidas podem apontar situações de assimetria de relações numa rede social.

A centralidade de intermediação mede o quanto um nó fica “entre” vários outros da rede. As interações entre outros nós não adjacentes dependem deste nó que se localiza no caminho entre eles, tendo potencialmente controle na conexão entre vários nós. Uma rede com apenas um ou poucos nós com alto índice de centralidade de intermediação são muito vulneráveis à saída destes atores. Portanto, para ter uma alta centralidade “*betweenness*” um nó precisa estar no caminho de conexão entre diversos outros nós, e é um ator essencial na disseminação de informações nas redes sociais.

A centralidade de proximidade ou vizinhança mede o quanto um nó está próximo de vários outros nós de uma rede. Pessoas com alto índice de centralidade de proximidade recebem informações de uma forma muito mais rápida que os demais.

CROSS & PARKER (2004), citam um terceiro grupo de medidas que chamam de análise “*cross-boundary*” que levantam a densidade através de fronteiras (*boundaries*) e os “*brokers*” das redes sociais. Em relação à densidade através de fronteiras, esta medida mensura o quanto grupos de nós estão conectados entre si e com outros grupos pré-definidos. Esta visão pode se aplicar

para diferentes fronteiras como (função, qualificação, local geográfico, nível hierárquico, tempo numa organização, traços de personalidade, sexo, etc.).

Os “*brokers*” de uma rede (figura 39) são agentes intermediários de ligação com outros grupos. Podem tanto serem condutores benéficos de informações como também segurar eventualmente o fluxo de informação que flui entre grupos. Como exemplo de “*brokers*” podemos citar coordenadores / gerentes que conectam pessoas dentro de grupos, “porteiros” (*gatekeepers*) que são intermediários entre seus próprios grupos e atores externos (outsiders), influenciando a entrada de informações num grupo específico, e “representantes” (*representatives*) que conduzem informações de seus grupos para atores externos, influenciando o compartilhamento de informações (CROSS & PARKER, 2004).

Figura 39: Os “*brokers*” de redes sociais
Fonte: Adaptado de Brokers Categories (CROSS & PARKER)

Além das propriedades citadas, RECUERO (2009) cita a ***multiplexidade*** que se refere à medida dos diferentes tipos de relação social que existem em uma rede social. A rede é denominada multiplexa quando há uma variação na quantidade de relações sociais que aparecem nela. É também multiplexa se identificamos diferentes tipos de capital social nas interações entre os atores da rede específica.

2.4.3. Redes de citação

Uma rede de citação (figura 40) é um tipo particular de rede complexa onde os nós ou atores são representados pelos documentos, artigos científicos ou

papers que citaram ou foram citados por outros documentos. As relações ou associações entre os nós da rede são as próprias citações realizadas.

Segundo SHI e outros (2009), podemos definir redes de citação como uma rede complexa baseada na teoria dos grafos onde:

- Os nós representam as publicações, representando os artigos que citam outros;
- As relações são as citações cujas direções representam o fluxo de informações das publicações citadas para as publicações que citam;
- Os atributos são os anos de publicação dos artigos, o tempo decorrido entre a publicação do artigo citado e do artigo que o cita, e a classificação dos artigos por diferentes áreas de acordo a fonte de publicação.

O fluxo de informação na rede de citação pode ser interpretado como as idéias científicas e o conhecimento transmitido entre as publicações, que é indicado por relacionamentos de citação. Toda rede de citação possui duas propriedades comuns que são as seguintes:

- A rede é direcionada e praticamente acíclica;
- Quando evolui no tempo, há apenas novos nós e relacionamentos adicionados, sendo que nenhum nó é removido.

Figura 40: Rede de citação
Fonte: A. E. CAWKELL, 1971.

2.4.4. Detecção de frentes de pesquisa emergentes em redes de citação

Um processo muito útil para detectar domínios emergentes de pesquisa é a análise de rede de citação de publicações científicas.

SHIBATA *et al* (2008) apresenta uma metodologia que envolve o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para detectar fontes de pesquisa utilizando medidas topológicas de redes de citação.

A metodologia segue as seguintes etapas:

- 1) Coleta de dados de cada domínio de conhecimento e elaboração de redes de citação para cada ano do período de pesquisa adotado.

Uma solução envolve a utilização de palavras-chave que pareçam representar o domínio de conhecimento (tecnologia selecionada, por exemplo). Quando coletamos os artigos obtidos através destas palavras-chave, podemos construir o corpo do domínio de pesquisa. Utilizam-se pesquisas amplas para obter uma ampla gama de cobertura para os dados de citação e analisamos apenas os componentes da rede de citação que englobam a maioria dos artigos. Deste modo, os artigos não relevantes, que não citam artigos no domínio de pesquisa selecionado, são removidos.

Os dados de citação foram coletados dos bancos de dados do *Institute for Scientific Information* (ISI), que mantém bases de dados de citação cobrindo milhares de revistas acadêmicas, como o *Science Citation Index* (SCI) e o *Social Sciences Citation Index* (SSCI). É utilizado também o *Web of Science*, que é uma interface de usuário baseada na *web* dos bancos de dados do ISI.

As bases de dados de citação do ISI possibilitam a obtenção dos dados de atributo de cada artigo (ano de publicação, título, autor, resumo etc.) e também dos dados de relacionamento (como por exemplo, os dados de citação).

Criam-se redes de citação considerando os artigos como nó e inter-citações como conexões (links). A rede criada para cada ano permite uma análise temporal das redes de citação.

A análise de inter-citações é mais sensível para citações recentes do que análises de co-citações, em que dois artigos são ligados se ambos forem citados por outro artigo publicado posteriormente. Como o objetivo do processo é detectar alterações o quanto antes, optou-se por inter-citações que utilizam o conjunto comum de referências de cada artigo. A inter-citação é mais apropriada para o agrupamento de documentos similares.

Na análise de redes, apenas os dados relacionados ao maior componente da rede são utilizados, eliminando os artigos que não possuem ligação com qualquer outro artigo.

- 2) Após a extração dos componentes máximos das redes de citação que incluem a maioria dos artigos neles, é realizado o agrupamento topológico, que divide as redes de citação em *clusters* nos quais os artigos se citam densamente.
- 3) Redes de citação onde cada artigo é conectado por inter-citação são divididas em *clusters*. A separação em *clusters* de uma rede de citação divide os artigos que possuem citações similares no mesmo grupo a fim de especificar o domínio de pesquisa.

Após esta *clusterização* (agrupamento), a posição de cada artigo na rede de citação é rastreada utilizando medidas topológicas (como o grau de *within-cluster* e coeficientes de participação que define como o nó é posicionado em seu próprio *cluster* e entre *clusters*).

- 4) Em seguida, através de processamento por linguagem natural (NLP – *Natural Language Processing*), tópicos são detectados. Este método extrai, através de filtros lingüísticos, termos candidatos, utilizando todos os resumos (*abstracts*) dos artigos.
- 5) Apresentação gráfica dos resultados do processo levantado (exemplo: vide Figura 41) na qual os círculos representam os *clusters*, e o tamanho de cada círculo representa o valor relativo da quantidade de artigos em cada cluster.

Figura 41: Tamanho e idade média dos *clusters*

Fonte: SHIBATA et al - 2008

Os artigos que tratam de tópicos similares citam um ao outro e são conectados na rede de citação fortemente, enquanto que os artigos que tratam de tópicos diferentes são fracamente conectados. Portanto, a divisão de um domínio de conhecimento em grupos (*clusters*) fortemente conectados é necessária para detectar conhecimentos ou tecnologias emergentes. O método de agrupamento (*clustering*) topológico permite detectar estas pesquisas emergentes e rastrear o posicionamento topológico de cada artigo.

Na figura 42, vemos um exemplo de representação de redes de citação no qual as diferentes cores representam agrupamentos (*clusters*) diversos com características similares.

Figura 42: Representação da rede de citação

Fonte: SHIBATA *et al* – 2008

A figura 43 mostra uma visualização temporal do desenvolvimento de cada *cluster* nas redes de citação. Os círculos representam os clusters, e seu tamanho sinaliza o valor relativo da quantidade de artigos em cada cluster.

Figura 43: Representação temporal dos *clusters* em rede de citação

Fonte: SHIBATA et al – 2008

Analisando as redes de citação das publicações acadêmicas e a patentes simultaneamente, podemos ter uma compreensão completa do processo de progresso tecnológico de áreas de conhecimento específicas.

Há duas categorias de inovações que podem ser detectadas: a inovação incremental e a inovação ramificada (*branching innovation*). Na inovação incremental, ela ocorre e se desenvolve dentro de *clusters* de pesquisa tradicionais. Na inovação ramificada, ela ocorre a partir de *clusters* de pesquisa tradicionais, mas se desenvolve como um *cluster* independente.

Estas duas categorias de inovação podem ser identificadas a partir da utilização de medidas topológicas, como o grau de *within-cluster* e o coeficiente de participação.

É também importante lembrar neste estudo que existe uma defasagem de tempo entre a publicação de um artigo e a conseqüente citação dele em outros artigos (o que pode levar de um a dois anos). Pode levar também de um a dois anos a defasagem entre a realização de uma pesquisa e a publicação da mesma. Esta

defasagem temporal pode ser amenizada quando levamos em conta no processo informações ainda não publicadas como decorrentes de conferências acadêmicas, simpósios de áreas e opiniões de especialistas no assunto.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1. Linhas Gerais da Metodologia

O tipo de pesquisa a ser adotado é exploratório, sendo que normalmente ocorre quando há pouco conhecimento sobre o assunto abordado. Através da pesquisa exploratória aprofundamos conceitos preliminares sobre determinados fatos. Este tipo de pesquisa é realizado, portanto, quando o assunto escolhido é pouco explorado, tornando-se difícil elaborar hipóteses precisas e operacionais.

Segundo ANDRADE (2007):

“A pesquisa exploratória é o primeiro passo de todo trabalho científico. São finalidades de uma pesquisa exploratória, sobretudo quando bibliográfica, proporcionar maiores informações sobre determinado assunto; facilitar a delimitação de um tema de trabalho; definir os objetivos ou formular as hipóteses de uma pesquisa ou descobrir novo tipo de enfoque para o trabalho que se tem em mente. Através das pesquisas exploratórias avalia-se a possibilidade de desenvolver uma boa pesquisa sobre determinado assunto. Portanto, a pesquisa exploratória, na maioria dos casos, constitui um trabalho preliminar ou preparatório para outro tipo de pesquisa.”

A pesquisa foi aplicada à Diretoria de Radiofarmácia – DIRF, que é a unidade do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - CNEN/SP, que produz radioisótopos e radiofármacos utilizados em medicina nuclear para diagnóstico e terapia de diversas enfermidades. A DIRF pode ser considerada como uma unidade de negócios dentro da estrutura do IPEN - CNEN/SP, comercializando produtos e prestando serviços.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram documentos obtidos junto à DIRF (plano de ação e dados de resultados de produção e comercialização de produtos), e entrevistas estruturadas com as gerências da DIRF a fim de preencher tabelas e relatórios de apoio ao desenvolvimento dos *roadmaps* tecnológicos.

Em seguida são apresentadas as etapas da metodologia a ser seguida na pesquisa:

Esta metodologia consta de cinco etapas, atendendo aos objetivos apresentados, e que são as seguintes:

1) Fazer uma pesquisa bibliográfica abrangente a respeito de Inteligência Competitiva e suas ferramentas, processos de *Roadmaps* e *Foresight*, e Redes Complexas, particularizando as Redes Sociais e de Citação. Esta revisão bibliográfica extensiva capacitará para o desenvolvimento do processo objeto da tese;

2) Desenvolver um processo de mapeamento tecnológico (*roadmap tecnológico*), customizado para a Diretoria de Radiofarmácia do IPEN - CNEN/SP;

3) Com a associação dos dois instrumentos (mapeamento tecnológico e detecção de frentes emergentes de pesquisa), conduzir uma prática pontual do processo desenvolvido a fim de demonstrar sua funcionalidade e viabilidade prática. Esta atividade, para ser executada, envolve o desenvolvimento das atividades 4 e 5;

4) Identificar com a área de P&D da DIRF as principais tecnologias emergentes promissoras;

5) Adaptar um processo de detecção de frentes emergentes de pesquisa para associar ao processo de TRM. Esta atividade confirma as tecnologias emergentes promissoras assinaladas no mapeamento realizado.

3.2. Aplicação e Customização da Metodologia

Para atingir o objetivo de desenvolver um processo de mapeamento tecnológico customizado para a DIRF – IPEN/SP foram realizadas as atividades seguintes:

- a) Levantar aspectos correspondentes a considerações estratégicas e de negócios:

Esta atividade envolve o estudo dos cenários plausíveis essenciais, ou seja, o levantamento das mudanças direcionadoras identificáveis a curto e médio prazos. A estratégia do Oceano Azul será considerada como base para o estudo.

Envolve também levantar o modelo de negócios da DIRF baseado essencialmente nas competências existentes. Para isto, a estratégia baseada em recursos e conhecimento poderá servir de suporte.

- b) Levantar as tendências no desenvolvimento da medicina nuclear, terapia e equipamentos / instrumentos de imagem.

Esta atividade envolve duas áreas que são a aplicação e a tecnologia. Em relação à área de aplicação, a mesma envolve o apoio no desenvolvimento da tecnologia de imagem e desenvolvimento dos radiofármacos,

Quanto à área de tecnologia, envolve as tendências para o cliente (medicina nuclear e oncologia) e as tendências relacionadas com as ferramentas envolvidas no processamento de imagens (instrumentos e equipamentos).

Nesta etapa são levantados os direcionadores da área médica e da área de equipamentos e instrumentos de imagem.

- c) Levantar as tendências no desenvolvimento da indústria radiofarmacêutica e radioquímica.

Esta atividade envolve inicialmente o estudo da situação mundial e as implicações atuais e futuras. Envolve também o levantamento dos direcionadores tecnológicos a incluir nos horizontes futuros do mapeamento tecnológico.

- d) Levantar os componentes tecnológicos do portfólio de produtos da DIRF.

Esta atividade envolve o estudo das propriedades dos radiofármacos e seus componentes e ligações. Envolve também o estudo das características das aplicações direcionadoras das particularidades dos produtos, o levantamento dos atributos relevantes dos radiofármacos, e as áreas médicas demandantes dos produtos.

Após realizar as atividades acima descritas, podemos passar à adaptação do processo de mapeamento tecnológico, considerando suas três camadas básicas: mercado / negócio, produtos e tecnologia.

- a) **MERCADO / NEGÓCIO:** Nesta camada, levantaremos os objetivos geral e específicos, com base no plano de ação da DIRF. Cada objetivo envolve metas, que possuem indicadores e quantificação dos mesmos, além das estratégias para sua consecução.

Os requisitos de mercado são também determinados em termo de produtos atuais e futuros.

Devido à DIRF possuir um grande número de produtos, devemos estabelecer um critério de análise dos mesmos em termos de contribuição ao negócio, determinando parâmetros para identificar os produtos mais promissores.

Esta camada envolve também a seleção dos produtos e tecnologias prioritários, o levantamento das dimensões de funcionalidade e desempenho dos principais produtos identificados.

O critério da identificação dos principais produtos envolve considerações de participação no faturamento relativo atual e histórico. Deverão ser levantados também os direcionadores de mercado e negócio da DIRF, considerando seu ambiente interno e externo de funcionamento.

- b) PRODUTOS: Nesta camada, levantaremos as características dos produtos e serviços para atendimento dos direcionadores de mercado e negócio.

Envolve também a análise do impacto dos direcionadores nos produtos da DIRF, estratégias alternativas para produtos futuros e fatores de seleção de produtos.

- c) TECNOLOGIA: Nesta camada estudaremos as soluções tecnológicas para atender as características dos produtos levantados e o valor potencial das soluções tecnológicas no impacto nas características dos produtos.

4. A ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO: DIRF do IPEN-CNEN/SP

4.1. Histórico

A DIRF – Diretoria de Radiofarmácia do IPEN - CNEN/SP, que foi instituída a partir de 2007, reúne o Centro de Radiofarmácia (CR) e o Centro de Aceleradores Ciclotron (CAC), e é a organização objeto da pesquisa a ser realizada.

Sua missão é *"Desenvolver e produzir radioisótopos e radiofármacos para a realização de diagnósticos e terapia em Medicina Nuclear, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes"*.

O antigo Departamento de Processamento de Material Radioativo (TP), que posteriormente passou a se chamar de Radiofarmácia (CR), foi o pioneiro, no Brasil, na produção de radioisótopos e radiofármacos.

Segundo o portal do IPEN - CNEN/SP, a medicina nuclear brasileira iniciou-se com a produção experimental do radiofármaco ^{131}I em 1959. Nos anos seguintes, foram desenvolvidas substâncias marcadas com ^{51}Cr e ^{131}I para diagnóstico clínico. Com a aquisição de um acelerador de Ciclotron, passou-se a produzir ^{67}Ga e ^{123}I . A partir de 1981, o IPEN - CNEN/SP começou a desenvolver geradores de ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, com tecnologia nacional, para atender solicitação da medicina nuclear. Nos anos seguintes, outros radiofármacos foram sendo desenvolvidos, produzidos e distribuídos, como o cloreto de ^{201}Tl , para estudo da viabilidade cardíaca e o ^{153}Sm , que na forma de EDTMP- ^{153}Sm , age como paliativo das dores provenientes de metástases de câncer ósseo.

Em 1999 foi iniciada a produção e distribuição de Fluordesoxiglicose- ^{18}F (FDG- ^{18}F) para estudo da viabilidade miocárdica e localização de tumores, com grande aceitação pela classe médica nuclear. O ^{18}F foi o primeiro radioisótopo produzido no País, para uso na técnica de PET (Positron Emission Tomography) que permite maior sensibilidade nas imagens obtidas e diagnósticos mais precisos.

Inicialmente, os radioisótopos eram de produção local no próprio IPEN - CNEN/SP. Contudo, com o crescimento da demanda, houve necessidade de importação destes insumos para atender a crescente demanda do país.

Com a instalação de Ciclotron de maior capacidade, começou o processo gradativo de nacionalização dos radioisótopos atualmente importados.

A comercialização de radioisótopos e radiofármacos no Brasil constituía monopólio estatal. Entretanto, recentes modificações da legislação desta área, promoveram a flexibilização do monopólio para os radioisótopos primários de meia-vida curta e também de alguns outros produtos atualmente não fabricados no país, surgindo a possibilidade de uma concorrência privada para estes produtos.

4.2. Produtos

Os produtos atualmente produzidos pela DIRF do IPEN - CNEN/SP estão divididos em quatro categorias, a saber, os Radioisótopos Primários, os Geradores de Molibdênio e Tecnécio, as Moléculas Marcadas e os Reagentes Liofilizados.

Os ***Radioisótopos Primários*** (RP) são os insumos utilizados na produção dos radiofármacos, sendo produzidos em aceleradores Ciclotron, em reatores nucleares ou importados. A DIRF produz atualmente 12 tipos de radioisótopos primários, conforme tabela 2 que aponta suas principais características:

Tabela 2: Características dos Radioisótopos Primários da DIRF

Radioisótopos	Meia vida	Energia (MeV)	Produtos
CRÔMIO - 51	27,7 d	γ : 0,320(9,8%)	Cromato de sódio EDTA – Soro-albumina
FLUOR – 18	109,7 min	β^+ : 0,633(96,9%)	FDG
FÓSFORO – 32	14,28 d	β^- : 1,710(100%)	Fosfato de sódio Ácido fosfórico
GÁLIO – 67	3,26 d	γ : 0,93(35,4%) 0,185(22,0%) 0,300(16,5%)	Citrato de gálio
ÍNDIO – 111	2,80 d	γ : 0,171(90,9%) 0,245(94%)	DTPA-Octreotideo
ÍODO – 123	13,2 h	γ : 0,159(89,0%)	Iodeto de sódio MIBG
ÍODO – 131	8,02 d	γ : 0,364(81,6%) 0,722(1,8%) β^- : 0,608(90,4%) 0,810(0,6%)	Iodeto de sódio Cápsulas de iodeto de sódio MIBG Hippuran Soro-albumina
SAMÁRIO – 153	46,3 d	γ : 0,103(28,3%) 0,722(1,8%) β^- : 0,810(20,9%) 0,707(43,5%) 0,637(34,7%)	EDTMP HIDROXIAPATITA
TÁLIO – 201	3,05 d	γ : 0,167(10,6%) 0,135(2,8%)	Cloreto de tálio
TECNÉCIO – 99m	6,02 h	γ : 0,140(89,3%) β^- : 0,497(78,6%) 0,384(9,1%)	Gerador de tecnécio Dotatate
LUTÉCIO – 177	6,71 d	0,176(12,2%) γ : 0,113(6,4%) 0,208(11,0%)	
ÍTRIO – 90	64,1 h	β^- : 2,3(100,0%)	Citrato Hidroxiapatita

Fonte - IPEN, 2007

As **Moléculas Marcadas** (MM) são substâncias orgânicas e inorgânicas ligadas molecularmente a elementos radioativos através de reações químicas denominadas “marcações”. A tabela 3 detalha as 14 moléculas marcadas atualmente produzidas na DIRF e os correspondentes radioisótopos utilizados no processo de marcação:

Tabela 3: Características das Moléculas Marcadas

MOLÉCULAS MARCADAS Produzidas na DIRF	RADIOISÓTOPO UTILIZADO	Importado/ Não Importado	Irrradiados no IPEN	USO
MIBG ^{131}I	^{131}I	Importado (parte)	Reator	Diag./Terap.
Hippuran ^{131}I	^{131}I	Importado (parte)	Reator	Diagnóstico
Lipiodol ^{131}I	^{131}I	Importado (parte)	Reator	Terapia
Soro Albumina Humana ^{131}I	^{131}I	Importado (parte)	Reator	Diagnóstico
Soro Albumina Humana ^{51}Cr	^{51}Cr	Importado	-	Diagnóstico
EDTA ^{51}Cr	^{51}Cr	Importado	-	Diagnóstico
Octeotrideo ^{111}In	^{111}In	Importado	-	Diagnóstico
DOTATE ^{177}Lu	^{177}Lu	Importado	-	Terapia
Hidroxiapatite ^{90}Y	^{90}Y	Importado	-	Terapia
MIBG ^{123}I	^{123}I	Não Importado	Cíclotron	Diagnóstico
FDG ^{18}F	^{18}F	Não Importado	Cíclotron	Diagnóstico
Na-F-18	^{18}F	Não Importado	Cíclotron	Diagnóstico
EDTMP ^{153}Sm	^{153}Sm	Não Importado	Cíclotron	Terapia
Hidroxiapatita ^{153}Sm	^{153}Sm	Não Importado	Reator	Terapia

Fonte: IPEN, 2007

Os Reagentes Liofilizados (RL) são agrupados em *Kits* utilizados para marcação com tecnécio – $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – nos geradores para utilização em diagnósticos clínicos. A tabela 4 apresenta as características dos 16 Kits atualmente produzidos pela DIRF:

Tabela 4: Características dos Kits de Reagentes Liofilizados da DIRF

Produto	Descrição	Aplicação
GLUCOHEPTONATO DE CÁLCIO - GHA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal e cerebral.
SOROALBUMINA HUMANO – HSA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudos circulatórios e cintilografia de placenta.
DEXTRAN 500	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo do sistema linfático.
DEXTRAN 70	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo do sistema linfático.
ÁCIDO DIISOPROPILIMINODIACÉTICO DISIDA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia hepatobiliar.
ÁCIDO DIMERCAPTOSUCCÍNICO DMSA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal.
ÁCIDO DIETILENOTRIAMINO PENTACÉTICO DTPA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal e cerebral.
ETILENODISCISTEÍNA - EC	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo da função renal.
ETILENODICISTEÍNA DIETIL ÉSTER – ECD	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo de perfusão cerebral.
ESTANHO COLOIDAL – Sn Col	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear. Cintilografia hepato-esplênica.
FITATO DE SÓDIO – FITATO	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia hepática.
MACROAGREGADO DE SOROALBUMINA HUMANO – MAA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia pulmonar.
METILENO DIFOSFONATO DE SÓDIO – MDP	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia óssea.
PIROFOSFATO DE SÓDIO – PIRO	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia óssea, diagnóstico do enfarte agudo do miocárdio, marcação de hemácias "in vivo".
SOROALBUMINA HUMANO – SAH	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Pool sanguíneo e Ventriculografia.
METOXIISOBUTILISONITRILA-MIBI	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Imagem cardíaca, avaliação de perfusão do miocárdio e detecção de tumores de mama e para tireóide.

Fonte: IPEN, 2010

4.3. Organização

Em 2007, foi criada Diretoria de Radiofarmácia – DIRF – que incorpora o Centro de Radiofarmácia (CR). O Organograma (Figura 44) apresenta a atual estrutura:

Figura 44: Organograma da DIRF

A DIRF subordina-se à Superintendência do IPEN - CNEN/SP (Vide Figura 45) e é composta pela Instalação de Radiofarmácia (IR) e pela Instalação de Aceleradores Ciclotron (IAC). Possui quatro gerências em linha: A Gerência de Produção (GPR), a Gerência de Controle de Qualidade (GCQ), a Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (GPD) e a Gerência do Laboratório de Aceleradores Ciclotron (GAC). Possui também duas gerências de suporte às quatro

gerências técnicas, que são a Gerência de Infra-Estrutura e Apoio, e a Gerência de Garantia de Qualidade.

A área de Produção é responsável pela produção de radiofármacos e reagentes liofilizados para marcação com Tc-99m, bem como pela preparação de acessórios e produtos intermediários utilizados nos processos. A produção, o fracionamento, a embalagem e o despacho dos radiofármacos são realizados de acordo com os requisitos das Boas Práticas de Fabricação (BPF), normas regulamentares da Vigilância Sanitária (ANVISA) e da CNEN. Os radiofármacos são distribuídos semanalmente aos serviços de medicina nuclear dos hospitais e clínicas autorizadas no Brasil.

O Controle de Qualidade é responsável pela realização de ensaios físicos, químicos, físico-químicos, microbiológicos e biológicos que comprovam a qualidade e a eficiência dos produtos fornecidos pelo IPEN - CNEN/SP. Para a execução dos ensaios os laboratórios do controle de qualidade estão equipados com equipamentos modernos e profissionais capacitados.

Cabe ao grupo de Infra-Estrutura a elaboração de projetos de engenharia, adequação das áreas de pesquisa e de produção para novos produtos e processos, aquisição de insumos e equipamentos, contratação de serviços bem como a manutenção preventiva e corretiva para o perfeito funcionamento da instalação.

A área de Pesquisa e Desenvolvimento visa à produção de novos produtos e a melhoria de processos, principalmente a nacionalização da produção de radioisótopos que gera uma economia de recursos para o país e permite maior investimento para modernização.

A área de Garantia da Qualidade visa manter o nível de serviços, garantindo a qualidade dos produtos da DIRF e seguindo as Boas Práticas de Fabricação - BPF regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - que são aplicadas nos processos de produção e distribuição dos radiofármacos em conformidade com as normas nacionais e internacionais garantindo a qualidade e a segurança para a sua utilização em seres humanos.

Além disso, há um grupo de radioproteção (ERP), subordinado ao Setor de Radioproteção do IPEN - CNEN/SP (SRP), que dá suporte às atividades da DIRF.

Figura 45: Organograma Institucional do IPEN - CNEN/SP

Reportando-se às gerências técnicas da instalação de Radiofarmácia temos grupos de trabalho que possuem gerências funcionais (vide Tabela 5):

Tabela 5: Grupos de Trabalho da Instalação de Radiofarmácia

Gerência da IRF	Grupos de Trabalho
Gerência de Produção - GPR	Grupo de Radioisótopos Primários
	Grupo de Moléculas Marcadas
	Grupo de Reagentes Liofilizados para Radiodiagnósticos
	Grupo de Embalagem
Gerência de Controle de Qualidade - GCQ	Grupo de Controle Químico, Físico e Físico-Químico
	Grupo de Controle biológico
Gerência de Pesquisa & Desenvolvimento e Inovação - GPD	Grupo de Trabalho Compostos para Atendimento a Projetos Específicos

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que é uma autarquia federal vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia e é um órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, estabelece normas e regulamentos em radioproteção e licença, fiscaliza e controla a atividade nuclear no Brasil. Sua estrutura está representada na figura 46 na qual verificamos que o IPEN - CNEN/SP se reporta à Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD).

Figura 46: Organograma Institucional da CNEN
Fonte: CNEN, 2010

Para executar suas atividades, a CNEN possui 14 unidades localizadas em nove estados brasileiros:

- Unidade Central - Sede, no Rio de Janeiro (RJ).
- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, em Belo Horizonte (MG)
- Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste - CRCN-CO, em Goiânia (GO)
- Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE, em Recife (PE)
- Distrito de Angra dos Reis - DIANG (RJ)
- Distrito de Caetité - DICAIE (BA)
- Distrito de Fortaleza - DIFOR (CE)
- Distrito de Porto Alegre - DIPOA (RS)
- Distrito de Resende - DIRES (RJ)
- Escritório de Brasília - ESBRA (DF)
- Instituto de Engenharia Nuclear - IEN, no Rio de Janeiro (RJ)
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - CNEN/SP, em São Paulo (SP)
- Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD, no Rio de Janeiro (RJ)
- Laboratório de Poços de Caldas - LAPOC (MG)

De acordo com a CNEN, ao qual se reporta o IPEN - CNEN/SP, as macro-funções do IPEN - CNEN/SP são apresentadas na figura 47 e são o Ensino, a Produção de Radiofármacos e a Pesquisa e Desenvolvimento:

Figura 47: Macro funções do IPEN - CNEN/SP
Fonte: CNEN, 2010

4.4. Mercado, Legislação e Concorrência

A Constituição de 1988 determina em seu artigo 21 que compete à União explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, e que, sob regime de concessão ou permissão, é autorizada a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos medicinais, agrícolas, industriais e atividades análogas

A Emenda Constitucional nº 49, de 8 de fevereiro de 2006 determina que sob regime de permissão, são autorizadas a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais e também são autorizadas a produção, comercialização e utilização de radioisótopos de meia-vida igual ou inferior a duas horas. Portanto, esta emenda autoriza a comercialização de radioisótopos e tira do monopólio da união a produção de radiofármacos de meia-vida curta.

A Proposta de Emenda à Constituição nº 100 (PEC 100) de 2007 determina que sob regime de permissão, são autorizadas a produção, a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e uso médicos. Portanto, há uma flexibilização do monopólio estendida para todos os radiofármacos,

e não apenas aqueles de meia-vida curta. Esta PEC 100 foi aprovada pelo Senado Federal em 3/8/2010 e remetida para exame à Câmara dos Deputados, aguardando deliberação final.

Portanto, a oferta de produtos de medicina nuclear para diagnóstico e tratamento médicos como a radioterapia em casos de câncer, por exemplo, poderá ser ampliada, caso seja aprovada pelo Congresso a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 100/07, que autoriza a produção, por empresas privadas, de radioisótopos para pesquisa e uso médicos. Isto mudará a estratégia do setor, levando, por exemplo, segundo a DIRF, à possibilidade de aquisição de ^{99}Mo de vários fornecedores e à importação de Geradores de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ e ^{99}Mo , além da viabilidade do estabelecimento de parcerias a longo prazo entre organizações do mercado. Além disso, possibilitará o ingresso no mercado brasileiro de empresas internacionais para comercializar geradores, kits e biomoléculas marcadas.

Em relação à necessidade de adaptação do portfólio da DIRF às boas práticas de negócio exigidas pelas agências reguladoras (CNEN e ANVISA), destacamos o seguinte:

- A Lei nº 9.782 de 1999 em seu artigo 8º incumbe à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública, incluindo os radioisótopos para uso diagnóstico in vivo e radiofármacos e produtos radioativos utilizados em diagnóstico e terapia;
- A Portaria nº 42 de 25/01/07 instituiu um grupo de trabalho com objetivo de elaborar regulamentação sobre o registro e Boas Práticas de Fabricação de Radiofármacos, considerando suas especificidades. Foi então formado um grupo de trabalho interinstitucional incluindo a CNEN e o IPEN – CNE / SP.

Estas exigências impactarão sensivelmente todo o mercado de medicina nuclear, sendo que a DIRF deverá se adequar a curto prazo. Além disso, a experiência e conhecimento adquiridos pela DIRF possibilitará um novo mercado potencial que é a prestação de serviço de consultoria a clínicas, hospitais e, até futuras radiofarmácias centralizadas, para o atendimento às exigências reguladoras.

5. RESULTADOS DA PESQUISA

5.1. Sinopse do processo apresentado

A tabela 6 apresenta um diagrama resumido do processo da metodologia desenvolvida. Associadas às etapas da metodologia, quando for o caso, indicamos as tabelas / figuras de suporte à execução destas tarefas.

Os relatórios e tabelas gerados em algumas fases do processo apresentado serviram de base para a elaboração do roadmap pontual desenvolvido como exemplo da aplicação da metodologia.

Todos os resultados apresentados foram objeto de pesquisa bibliográfica e documental, sendo posteriormente verificados e complementados por diversas entrevistas realizadas com as gerências da DIRF.

Tabela 6: Diagrama sinóptico do processo desenvolvido

5.2.Contexto e Estrutura do Processo de Mapeamento Customizado para a DIRF

O propósito destas considerações iniciais é condensar todos os principais elementos que motivam a discussão com o diretor e gerentes da DIRF na elaboração do *roadmap* geral e seus elementos subsidiários.

5.2.1. Considerações estratégicas e de negócios

Em função das circunstâncias e cenários prováveis que são descortinados, alguns dos conceitos discutidos por KIM e MAUBORGNE (2005, pp. 12-31), em “*Blue Ocean Strategy*”, serão de grande utilidade na elaboração do *roadmap*, relativamente aos aspectos de estratégia e negócios.

a) Estratégia do Oceano Azul

Um exemplo da Estratégia de Oceano Azul aplicado à própria indústria de radiofármacos refere ao Gerador de Tecnécio. Observando o funcionamento de um gerador de tecnécio do IPEN, verifica-se que, funcionalmente e em termos de qualidade, é comparável aos fabricados nos países desenvolvidos. Os fatores de percepção de valor por parte dos consumidores foram discutidos com a DIRF, mas a observação das características de funcionamento do gerador permite-nos discutir uma pequena inovação feita pela Covidien (empresa de US\$ 10 bilhões que está entre as cinco maiores empresas de equipamentos médico-hospitalares, soluções para diagnóstico por imagem, produtos farmacêuticos e outros produtos para saúde, presente em 140 países, com mais de 43.000 funcionários) que introduziu um novo fator de percepção de valor.

Nos geradores tradicionais, vazão e volume de fluido eluído são determinados pela diferença de pressão entre o frasco com vácuo e aquele que contém o eluente (solução salina) e pelo volume do eluente. Portanto, a quantidade de eluído radioativo depende do volume do eluente e do nível de sub-pressão do frasco de vácuo, já que a eluição termina quando as pressões se equalizam. Como o tamanho dos frascos, quantidade de eluente e nível de sub-pressão são padronizados, toda vez que é feita uma eluição é obtido um mesmo volume de

eluído radioativo. No início da utilização do gerador a atividade/unidade de volume gerada é bastante alta e isto faz com que o frasco com o eluído seja manuseado muitas vezes na preparação de doses, além disso, esta manipulação de um mesmo frasco pode ocorrer ao longo de alguns dias, principalmente nos hospitais que não dispõem de muitas câmaras e não tenham uma programação tão intensa de exames. Notem que os frascos originais são fornecidos em condições ótimas de esterilidade, pois foram preparados em uma instalação de produção, com dispositivos e níveis de controle muito superiores aos disponíveis em um serviço de medicina nuclear.

A Covidien introduziu uma válvula fácil de operar e de alta confiabilidade, que permite a interrupção da eluição no volume e/ou atividade total que o usuário deseja. Desta forma, os usuários podem eluir, por exemplo, apenas a quantidade necessária para os exames que serão feitos num determinado período, reduzindo a probabilidade de perda de qualidade das doses preparadas.

Vale a pena notar que as ações comentadas da Covidien, embora tenham criado novos fatores de percepção de valor, não foram tão amplas a ponto de criarem novos espaços de mercado. A Covidien ampliou sua participação no mercado, mas dentro dos consumidores de radiofármacos, ou mais especificamente de geradores de tecnécio.

Em princípio, modificações inovadoras de menor amplitude como estas da Covidien são mais rapidamente assimiladas. No caso da Covidien, cerca de 2 anos depois várias empresas incorporaram uma válvula semelhante. O próprio IPEN pretende fazê-lo dentro 1 a 2 anos.

Como exemplo da utilização do conceito de oceano azul, podemos também analisar outras aplicações para a radiofarmácia, decorrentes de novos fatores de percepção do produto e mercado. Outra consideração pode ser obtida através da análise do mercado de pesquisa médica (por exemplo, a utilização de SPECT portáteis para exames de mamografia).

Pode-se também estudar a viabilidade de fornecimento do Tc em doses e não com geradores de atividade cada vez maior como o mercado atualmente visualiza.

A própria criação de radiofarmácia centralizada é uma mudança dentro do âmbito de percepção do oceano azul, pois reconfigura o funcionamento das unidades hospitalares de medicina nuclear.

De qualquer modo, esta nova estratégia do Oceano Azul pode ser aplicada nas discussões com a diretoria e gerência da DIRF para a elaboração de estratégias a médio e longo prazos, a serem representadas na elaboração do *roadmap* tecnológico.

b) Cenários plausíveis essenciais

A descrição aqui será restrita a algumas mudanças direcionadoras, claramente identificáveis, e que estão no horizonte de curto e médio prazo (2012 a 2014 no *roadmap*). Só aquelas mudanças exógenas (à DIRF) estarão sendo contempladas, pois as outras surgem naturalmente no processo de mapeamento. Também nos restringiremos às mudanças potencialmente mais impactantes ao “negócio” da DIRF. Estes cenários e mudanças relacionadas ao “negócio” foram confirmados nas entrevistas com a gerência da DIRF.

São elas:

- A aprovação da PEC 100, que extinguirá o monopólio;
- A separação da CNEN e agências separadas para suas partes reguladora e fomentadora;
- A criação da EBR (Empresa Brasileira de Radiofármacos), ou congênere;
- A nova regulamentação da CNEN que aborda o controle de qualidade das “radio-farmácias de manipulação” dos serviços de medicina nuclear;
- O crescimento e a evolução da medicina de imagem e da oncologia no Brasil;
- A mudança do modelo de negócios dos hospitais e serviços de medicina nuclear nos países avançados, que deixaram de ter suas próprias

“radiofarmácias de manipulação” e passaram a comprar doses de radiofarmácias centralizadas;

- Desenvolvimento do mercado de Radioimunocintografia e Radioimunoterapia;
- Tendência para a introdução de PET-CTs móveis;
- Alguma outra mudança de mesmo nível e relevância que surja nas entrevistas e discussões.

A figura 48 mostra um ambiente de negócios envolvendo o desenvolvimento de parcerias entre Institutos da CNEN e Indústria privada nacional para desenvolvimento e produção de Radiofármacos

Figura 48: Desenvolvimento de parcerias

Fonte: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CNEN (2010)

c) Modelo de negócios da DIRF

Aqui serão deixados de lado os aspectos legais e de pertinência à CNEN, por serem fatos e condições existentes de longa data e que todas as possibilidades de flexibilização já foram exploradas. Deixar de lado não significa que não serão considerados no exercício, mas sim que eles não precisam ser lembrados aos participantes que já os têm inseridos na cabeça.

O fato é que o modelo de negócios da DIRF é de venda de produtos, com a particularidade que o gerador de tecnécio depois de exaurido é devolvido à DIRF. O serviço de atendimento ao cliente (pós venda) atende gratuitamente, mesmo quando vai às instalações do cliente para verificar problemas que na quase totalidade dos casos têm origem no próprio cliente.

Treinamentos, cursos de capacitação, estágios e treinamento em serviço são fatos comuns na DIRF, que servem para elevar o nível de competência de profissionais e instituições do Brasil e do exterior. No entanto esta competência subjacente nunca foi encarada com uma fonte geradora de serviços, que pudessem ser incorporados ao portfólio da DIRF.

A DIRF tem boa prática na implantação de sistemas de controle e garantia de qualidade para atender requisitos de normas da CNEN, de BPM das farmacopéias e da ANVISA. Treinamentos e consultoria nestas áreas seriam possíveis serviços para hospitais e clínicas de medicina nuclear. Estes exemplos genéricos constituem ideias que foram mencionadas apenas para motivar o exercício a ser feito com a DIRF, onde outros mais serão identificados.

O fato é que é necessário identificar, com base nas competências existentes na DIRF, que serviços e sistemas “produto-serviço” poderiam ser criados caso as mudanças prováveis discutidas nos cenários venham a induzir uma mudança no modelo de negócios da DIRF. Esta parte agrega ao trabalho uma componente de estratégia baseada em recursos e conhecimento (RBV e KBV).

5.2.2. Tendências no desenvolvimento da medicina nuclear / oncologia e equipamentos / instrumentação de imagem

Como campos científicos, o desenvolvimento da medicina nuclear e da oncologia estão intimamente ligados às áreas de física, eletrônica, ciência da computação, radiofarmácia, radioquímica e biologia molecular. Enquanto áreas de aplicação elas se apóiam no desenvolvimento da tecnologia de imagem de base nuclear ou combinada e no desenvolvimento de radiofármacos.

Do ponto de vista tecnológico, para melhor entendermos como deve ser o direcionamento futuro da DIRF é também importante entender qual são as tendências da área cliente (medicina nuclear e oncologia) e da área “parceira” na viabilização das imagens que a área cliente demanda e espera no futuro.

A. Direcionadores da área médica

Vamos começar com um resumo dos direcionadores percebidos da área cliente. Isto será feito em forma de lista e em linguagem resumida. O material contido nos itens de (a) a (d) abaixo foram adaptados de IAEA (2006).

a. Centralização dos centros de diagnóstico e distribuição das unidades de captação de imagens (IAEA – *Nuclear Medicine Resources Manual*). Hoje em dia todos os equipamentos produzem imagens digitalizadas e os procedimentos de exames são padronizados através de protocolos bastante detalhados e específicos. Portanto torna-se viável para grandes hospitais, centros de medicina e laboratórios aumentarem sua capilaridade de diagnósticos e acompanhamento disseminando unidades de execução de exames em vários locais e transmitindo os dados diretamente para seus centros de excelência onde estaria concentrada sua expertise de diagnóstico / análise de imagem. O controle de qualidade da aderência aos protocolos garantiria uma tele-medicina de diagnóstico com qualidade uniforme em todos os pontos de atendimento.

No Brasil, por exemplo, poderíamos ter a qualidade de diagnóstico de centros de notória competência disseminados em cidades fora dos grandes centros econômicos. Uma política pública de incentivo à telemedicina alavancaria bastante o ganho social com a maior acessibilidade de diagnóstico avançado.

b. Novos métodos de diagnóstico baseados na biologia molecular. Na medida em que novos seqüenciamentos genômicos se tornam conhecidos novos métodos moleculares usando sondas biológicas marcadas estarão sendo desenvolvidos. O incentivo nesta área é grande pelo potencial de

prover métodos de diagnóstico mais rápidos, mais sensíveis, não invasivos e com informação quantitativa.

c. Outras aplicações baseadas na biologia molecular. Uma variedade de usos médicos, que utilizam radio-marcadores, está em desenvolvimento e merecem ser citados:

- Marcadores preditivos de desordens malignas ou degenerativas;
- Marcadores na modelagem para o desenvolvimento de novas drogas;
- Marcadores para terapia genética;
- Sondas para avaliação da capacidade patogênica;
- Sondas para detecção de resquícios de tecido tumoral;

d. Marcadores prognósticos para câncer. Estes marcadores em desenvolvimento atuam no prognóstico de diversos cânceres como o de mama e próstata.

B. Direcionadores da área equipamentos e instrumentos de imagem

A meta fundamental deste segmento é produzir imagens e medições precisas da quantidade de traçador por unidade de volume. Neste sentido, as seguintes tendências de desenvolvimento estão sendo perseguidas, conforme pesquisa bibliográfica e confirmação por parte da gerência da DIRF:

- **Sistema de baixo custo com imagem plana** – cintilógrafos para imagens mamográficas e sistemas para operação em “OR”;
- **Nos SPECT/CT** - melhores colimadores, geometria dos anéis e software para conseguir SPECT quantitativo e SPECT dinâmico e novos detectores de alta resolução;
- **Nos PET** - melhorias no tempo de voo (TOF) e comprimento axial;
- **Nos Combinados (junção da ressonância de PET e SPECT/CT)** - refinar os bimodais em uso de larga escala (PET/CT, SPECT/CT), aperfeiçoar os novos bimodais (PET/Ótica, SPECT/Ótica, PET/Acústica) e desenvolver os trimodais tais como o PET/SPECT/CT;

- **Na reconstrução de imagem** – melhorias nos algoritmos e software para todas as categorias de equipamentos, mas com ênfase especial na fusão de imagens tridimensionais para os combinados.

Após identificar os direcionadores da área médica e da área relacionada com os equipamentos e instrumentos de imagem, os mesmos foram classificados em probabilidade de ocorrência a curto prazo (de hoje a 2012), a médio prazo (de 2012 a 2015) e a longo prazo (de 2015 a 2022). Para as probabilidades, consideramos baixa probabilidade - B ($0\% < B \leq 30\%$), média probabilidade - M ($30\% < M \leq 70\%$) e alta probabilidade - A ($70\% < A \leq 100\%$). Os direcionadores foram identificados por D1 a D10 e na tabela 7 foram apresentadas as probabilidades de ocorrências dos mesmos a curto, médio e longo prazos.

Tabela 7: Probabilidade dos direcionadores

TABELA DE DIRECIONADORES (DRIVERS)							
Direcionadores da área médica				Direcionadores da área equipam. e instrumentos			
	Probabilidade				Probabilidade		
	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo		Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
(D1) Centralização dos centros de diagnóstico e distribuição das unidades de captação de imagens	B	M	A	(D5) Sistema de baixo custo com imagem plana	M	M	A
(D2) Novos métodos de diagnóstico baseados na biologia molecular	B	M	A	(D6) SPECT/CT: melhores colimadores, geometria dos anéis e software para conseguir SPECT quantitativo e SPECT dinâmico	A	A	A
(D3) Outras aplicações baseadas na biologia molecular	B	M	A	(D7) PET: melhorias no tempo de voo (TOF) e comprimento axial	A	A	A

TABELA DE DIRECIONADORES (DRIVERS)							
Direcionadores da área médica				Direcionadores da área equipam. e instrumentos			
	Probabilidade				Probabilidade		
	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo		Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
(D4) Marcadores prognósticos para câncer	B	M	A	(D8) Combinados: refinar os bimodais em uso de larga escala (PET/CT, SPECT/CT), aperfeiçoar os novos bimodais (PET/Ótica, SPECT/Ótica, PET/Acústica) e desenvolver os trimodais tais como o PET/SPECT/CT	A	A	A
				(D9) Reconstrução de imagem: melhorias nos algoritmos e software para todas as categorias de equipamentos, mas com ênfase especial na fusão de imagens tridimensionais para os híbridos	A	A	A
				(D10) SPECT quantitativo e SPECT dinâmico	A	A	A
Probabilidade: A - Alta (70%<A≤100%) M - Média (30%<M≤70%) B - Baixa (0%<B≤30%)							

A influência dos direcionadores no portfólio dos produtos da DIRF foram levantados e apresentados na tabela 8. Foram consideradas influências positiva (P) que significa para os produtos atuais um provável aumento de demanda e para os produtos em desenvolvimento, novas oportunidades de uso; negativa (N) que significa para os produtos atuais uma provável queda de demanda e para os produtos em desenvolvimento, novas oportunidades para outros produtos com a mesma finalidade; ou indiferente (I) no estudo.

Produtos de alta oportunidade
Produtos de oportunidade média
Produtos de baixa oportunidade

Tabela 9b: Qualidade da oportunidade dos produtos da DIRF para o médio prazo

[illegible]

Produtos da indústria radiofarmacêutica	Influência dos Direcionadores										
	Longo Prazo										
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Total
HA- ¹⁵³ Sm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octreotideo- ¹¹¹ In	0,85	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	0,00	0,85	0,85	0,85	5,10
Citrato- ⁹⁰ Y / HA- ⁹⁰ Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotatate - ¹⁷⁷ Lu	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
Kits											
DMSA											
DMSA (V)											
Glucarato											
Fitato											
DTPA											
DISIDA											
Pirofosfato											
GHA											
DEXTRAN 70 e 500	0,85	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	0,00	0,85	0,85	0,85	5,10
Sn Col											
MAA											
EC											
ECD											
MDP											
SAH											
MIBI											

Das tabelas 9a, 9b e 9c anteriores, notamos que o Gerador de Tecnécio ^{99m}Tc, o Iodeto de Sódio ¹³¹I, o Iodeto de Sódio ¹²³I, o Citrato de Gálio ⁶⁷Ga, o Cloreto de Tálcio ²⁰¹Tl, o MIBG-¹²³I e os Kits são produtos do portfólio atual da DIRF altamente promissores para o curto médio e longo prazos. O Octreotideo-¹¹¹In começa no curto prazo como medianamente promissor, tornando-se altamente promissor para o médio e longo prazos. Por sua vez, o FDG -¹⁸F é medianamente promissor até o médio prazo, tornando-se promissor a longo prazo.

Informações obtidas na DIRF (Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento) assinalam que há uma demanda atual reprimida em relação ao Iodeto de Sódio em cápsulas ¹³¹I. Quanto ao Citrato de Gálio ⁶⁷Ga há previsão de retomada da produção nacional para substituir a importação. Quanto aos Kits, não há nada de relevante, apenas o aumento da produção para atendimento da demanda, sem necessidade de novos investimentos.

5.2.3. Tendências no desenvolvimento da indústria radiofarmacêutica e radioquímica

A idéia é produzir uma síntese do que foi colhido na literatura DOE (2007),

A. Um curto resumo da situação mundial e das tendências

Baseado em um recente relatório da IAEA faremos uma breve descrição do tema. Tópicos mais avançados colhidos de outras fontes serão introduzidos ao discutirmos o portfólio da DIRF e seus componentes tecnológicos. Observando apenas os dados atuais, radiofármacos são, mormente, usados para imagens de diagnóstico. Contudo aplicações terapêuticas vêm demonstrando um crescimento substancial nos últimos anos.

O presente

Tecnécio (^{99m}Tc) responde por mais de 70% dos estudos de diagnóstico por imagem para avaliar funcionamento dinâmico de órgãos, bem como localizar infecções. Outros radioisótopos de uso disseminado são ^{201}Tl , ^{111}In , ^{67}Ga , ^{123}I , e ^{131}I , destacando-se que o primeiro (^{201}Tl) é bastante usado em imagens cardíacas.

Há um acentuado crescimento do uso de imagens PET (Positron Emission Tomography), sendo que o ^{18}F - fluor deoxy glucose (^{18}FDG) responde por mais de 90%, com os restantes 10% ficando por conta de radiofármacos baseados em ^{11}C , ^{13}N e ^{15}O . Em muitos países em desenvolvimento, especialmente no Brasil, tem crescido o número de ciclotrons e PET-CTs nos últimos anos.

No tocante à terapia, radiofármacos baseados no ^{131}I são os mais usados no tratamento de hipertireoidismo e câncer de tireóide. O tratamento de alguns outros tipos de câncer, artrite e alívio de dores ósseas devido a metástases tem sido baseado nos seguintes radioisótopos: ^{131}I , ^{32}P , ^{153}Sm , ^{90}Y e ^{186}Re . O crescimento anual nesta área tem sido de 10% ao ano.

O futuro

Além de sua importância nos países desenvolvidos, o uso de radioisótopos continuará a ganhar relevância nos países em desenvolvimento. No tocante a isótopos produzidos em reator as questões de sustentabilidade e garantia de suprimento chamam a atenção por conta do envelhecimento dos atuais reatores produtores e das crescentes dificuldades com o transporte aéreo.

Para diagnóstico o domínio continuará com ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{201}Tl , ^{111}In , ^{123}I e ^{18}F sendo conveniente observar que, gradativamente parte substancial do uso cardiológico do ^{201}Tl continuará sendo substituída por fármacos baseados em ^{99m}Tc , principalmente por questões de custo e facilidade. A disponibilidade e variedade dos kits para marcação com os geradores de tecnécio continuarão a alimentar o crescimento do uso deste isótopo. Além disso, já saindo do desenvolvimento para a utilização disseminada, há uma série de peptídeos e outras biomoléculas também marcadas com ^{99m}Tc que contribuirão para a expansão do uso de isótopo. Também o uso do ^{18}F , que vem se consagrando nos exames de triagem para definição do tratamento de câncer, continuará a crescer vigorosamente e para tanto contribuirão alguns desenvolvimentos de novos fármacos marcados com este isótopo.

Na terapia haverá expansão dos isótopos correntemente em uso com o surgimento de novas tecnologias relacionadas aos geradores de ^{90}Y e ^{188}Re . Devido à similaridade da química do ^{188}Re com o ^{99m}Tc espera-se um acelerado desenvolvimento de novos compostos como peptídeos e biomoléculas marcadas com ^{188}Re . A disponibilidade deste isótopo em quantidade suficiente é uma questão ponderável, posto que a produção de seu isótopo pai requer reatores de alto fluxo. Já o Ítrio-90 pode se tornar abundantemente disponível, porque o pai ^{90}Sr é uma fração muito grande do reprocessamento de combustível nuclear. De qualquer modo, a produção “*in bulk*” destes dois isótopos tenderia a ser de centralizada em poucos países.

Há alguns outros emissores betas produzidos em reator, tais como ^{177}Lu , ^{166}Ho , ^{153}Sm , ^{165}Dy e ^{186}Re que são mais fáceis de produzir em vários países em

desenvolvimento e pode ser que isto acabe por acelerar o crescimento de seus respectivos usos. O ^{177}Lu parece ser o mais promissor destes.

As implicações

Ao complementar o resumo do panorama da IAEA, com base nas buscas em literatura, base de dados e conversas com especialistas, começamos com algumas metáforas para instilar as idéias que proponho para a discussão do *roadmapping*.

Nas décadas de 70 a 80, o papel dos especialistas era muito valorizado, apesar disto dizia-se, em tom jocoso, que um generalista é alguém que sabe quase nada de quase tudo, enquanto um especialista sabe quase tudo de quase nada. Os anos 90 e a primeira década do século 21 serviram para mostrar que nenhum homem é uma ilha e os perfis mencionados evoluíram dando origem a novos espécimes, que podem ser chamados de especialistas e generalistas integrados. Os primeiros profundos conhecedores de áreas de aglutinação de conhecimentos, não necessariamente pertencentes a um mesmo campo tradicional de conhecimento, e que sabem o linguajar e os fundamentos dos principais campos que tem relação com sua área. Os segundos, pessoas voltadas para a identificação de problemas e oportunidades e que sabem como formular o problema, descrever as oportunidades e dialogar com os especialistas. Tais mudanças são decorrência do fato notório que os grandes avanços da ciência e tecnologia, nos dias de hoje, ocorrem nas interfaces e colaborações integradas de vários campos de conhecimento.

Desta forma para ser um grande *player* (participante significativo) de tecnologia na produção de radiofármacos, os campos de conhecimento tradicionais que o IPEN já domina não serão suficientes. Haverá necessidade de parcerias com outras instituições que dominam áreas que estão se mostrando essenciais na produção dos radiofármacos mais avançados. Instituições proficientes em química fina para produção de agentes quelantes bifuncionais e instituições que estejam avançadas nos estudos da biodistribuição dos radiofármacos e seus metabólitos formariam com o IPEN uma para o desenvolvimento de

radiofármacos de última geração. A caracterização da biodistribuição do radiofármaco e de suas frações metabolizadas indicam o que deve ser melhorado nos processos de marcação (IPEN) que por sua vez geram novos requisitos para os agentes quelantes e eventualmente para os processos de produção dos radioisótopos (IPEN). Os desenvolvimentos provavelmente mais inovadores estarão focados nestas interfaces que devem ser otimizadas, para que, por exemplo: (a) o isótopo seja produzido isento de qualquer impureza que possa atrapalhar a função do quelante; (b) o quelante garanta que os metabólitos ligados ao isótopo continuem fieis à seletividade orgânica do fármaco original e com boas características de eliminação pelo paciente. Enfim é na pesquisa que envolve entender como os processos que o IPEN domina podem ser melhorados para otimizar os processos de seus parceiros e vice-versa é que em conjunto permitirá tornar a DIRF/IPEN um produtor *world class*, (habilitado no desenvolvimento de novos produtos) de radiofármacos.

A idéia aqui é levantar os pontos fundamentais a serem discutidos para a identificação dos direcionadores tecnológicos relevantes para o futuro da DIRF.

Isto será feito suprimindo a motivação e os subsídios para um mapeamento da proficiência da DIRF nos principais componentes tecnológicos que estão presentes na classe (única) de produtos de seu portfólio. Tal mapeamento será de alto nível (macro) e feito em discussão com a DIRF. Com base neste levantamento fica fácil identificar os direcionadores tecnológicos a serem incluídos nos respectivos horizontes de futuro considerados no *roadmap* da DIRF. No entanto para balizar e motivar a discussão, é apresentado um panorama sobre o assunto.

B. Componentes tecnológicos do portfólio

Considerações iniciais

O portfólio da DIRF tem em torno de 40 produtos entre as seguintes variedades: kits com substâncias para serem marcadas, radioisótopos primários, radiofármacos e moléculas marcadas. Mais de 99% de sua produção destina-se

à área médica ou de pesquisa médica e como tal tem que ser fornecida com qualidade de fármaco. Moléculas marcadas são também radio-fármacos e sendo esta a mais geral das variedades, basta considerar esta classe para as análises que serão apresentadas a seguir.

Um radio-fármaco, na sua forma mais geral, tem 3 componentes: radioisótopo, uma substância marcada e um agente quelante bifuncional. Para exames de diagnóstico, grosseiramente pode-se dizer que, o isótopo produz a imagem e os 2 outros componentes devem garantir a biodistribuição adequada para os propósitos do exame. Para terapia o isótopo deve produzir o efeito deletério na região que se quer a mortalidade de células e, se possível, produzir uma imagem que possa confirmar a adequada biodistribuição; os outros 2 componentes além da função anteriormente descrita, eles devem prover o encurtamento da meia vida biológica do composto.

Radio-fármacos mais simples têm apenas 2 componentes por que a substância a ser marcada já tem propriedades ligantes adequadas para garantir uma boa marcação em termos de eficiência e estabilidade. Hoje em dia há interesse em fármacos com afinidade seletiva cada vez mais específica. Há interesse em mapear funções (ou disfunções) específicas em regiões bem restritas, algumas vezes procura-se detectar aberrações relacionadas com doenças na estrutura de proteínas celulares. Isto conduz à utilização de moléculas orgânicas muito complexas e em particular as biomoléculas. Nestes casos a marcação direta senão impossível tem baixas eficiência e estabilidade ou é deletéria para a molécula do fármaco. Torna-se então necessária a utilização de agentes quelantes bifuncionais. O interesse em pesquisas nesta área já data de vários anos, MEARES et al. (1984) e LEVER et al. (1990), e só tem crescido nos últimos anos, associado ao *boom* genômica e proteômica. Tais agentes cumprem primariamente a dupla função de serem: (a) altamente ligantes ao radioisótopo primário em questão (p. ex. Tc 99m); e (b) também ligantes às moléculas biológicas (ou orgânicas) que servem para dar a seletividade do fármaco para o alvo no corpo humano.

A ligação dos agentes quelantes com os radioisótopos (especialmente os metálicos) pode gerar complexos com diferentes cargas globais (dependendo da dominância de ligações iônicas ou covalentes) e diferentes propriedades quanto sua capacidade de dissolução em gorduras e meio aquoso (lipofilia e hidrofilia). A capacidade de controlar estas propriedades já dá algum controle adicional sobre a biodistribuição da molécula marcada (radiofármaco) final. Tais propriedades ajudam, por exemplo, na capacidade de eliminação renal e de penetração no tecido cerebral (PINKERTON et al, 1985).

Na medida em que mais complexos se tornam os radiofármacos, outros requisitos, além dos tradicionais, incidem sobre os radioisótopos no tocante às suas propriedades ligantes, o que, por exemplo, reforça a importância do tecnécio com sua estrutura tridimensional que permite ser quelável com mais de um ligante (KROHN, 2007). Da mesma forma a complexidade dos fármacos faz com que seu comportamento in vivo seja altamente complexo, já que a variedade de metabólitos gerados é grande, e a biodistribuição e eliminação do organismo é função da quantidade e diversidade de tais metabólitos. Há alguns anos eu li que logo após o surgimento e acelerado interesse na genômica surgiria um fenômeno semelhante com a “metabolômica”, principalmente por parte da indústria de química fina e farmácia. O problema é que a perfeita caracterização dos metabólitos formados envolve estudos demorados, tediosos e tecnicamente complexos e até o início da década poucos grupos de pesquisa se dedicavam esta área (ANDERSON, 2001).

Os comentários feitos nos parágrafos anteriores servem para demonstrar que as propriedades dos radiofármacos não decorrem apenas do somatório das propriedades dos três componentes (isótopo, fármaco e agente quelante), mas também, e, em muitos casos principalmente, das propriedades das ligações entre os três componentes.

Para completar os elementos necessários à nossa análise, é necessário fazer-se comentar algumas características das classes de aplicações que direcionam algumas peculiaridades dos produtos desejáveis. A idéia aqui não é ser

detalhista, mas pinçar realmente aquilo que é mais distintivo na definição dos atributos relevantes dos radiofármacos mais adequados.

Das áreas médicas demandantes

Na oncologia tem sido alcançado um notável avanço em entender quais são os processos genético-moleculares ativos em muitas doenças. Da mesma forma há uma grande quantidade de novas abordagens terapêuticas que surgiram com o mapeamento do genoma humano. Novas terapias moleculares foram desenvolvidas para alvejar mutações oncogênicas em alguns tipos específicos de tumores e leucemias (BLASBERG, 2007). Para tornar mais efetiva a detecção e o acompanhamento do tratamento, também emergiu o que é chamada de imagem molecular, que permite a visualização em espaço e tempo de processos celulares normais e anormais no nível funcional celular ou molecular-genético. Várias técnicas são usadas para tal fim: ressonância magnética, PET-CT e SPECT, proteínas fluorescentes e bioluminescência. Embora haja certa complementaridade e nichos de usos, o fato é que há um novo campo de aplicações em que estas técnicas estão competindo.

O mesmo trabalho (BLASBERG, 2007) destaca que a nova geração de sondas (*probes*) virá de interações produtivas entre empresas farmacêuticas, academia e centros hospitalares. No momento tais interações estão direcionadas ao desenvolvimento e avaliação de novos compostos para imagens direcionadas a moléculas específicas (ex. DNA, mRNA e proteínas) ou para sistemas de enzimas ativados para sinalizar caminhos transdutivos (transduction pathways).

Após identificar os produtos altamente promissores em termo de qualidade da oportunidade do mercado e negócio para o curto, médio e longo prazos (tabelas 9a, 9b e 9c), foram levantados junto à DIRF para 2 produtos atuais de alta oportunidade (gerador de ^{99m}Tc e Iodeto de Sódio ^{131}I) e 2 produtos novos significativos (novas moléculas marcadas com ^{18}F , e Gerador de ^{82}Sr / ^{82}Rb) as considerações relacionadas com Instalações, competências e tecnologia (tabelas 10, 11, 12).

Tabela 10: Considerações sobre instalações para produtos promissores

PRODUTOS	INSTALAÇÕES		
Atuais	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Gerador de ^{90m}Tc	Necessários ajustes pequenos internos que necessitam em torno de 6 meses para adequação das instalações e atendimento da demanda.	Adequadas para atendimento da demanda. Início de projeto de infraestrutura e instalações para produção de Mo.	Instalação do novo reator de Multipropósito Brasileiro RMB.*
Iodeto de Sódio ^{131}I	Necessidade de começar projeto de ampliação das instalações.	Projeto de ampliação terminado.	Instalação do novo reator RMB.
Novos			
Novas Moléculas Marcadas com ^{18}F	Necessária adequação às boas práticas de produção (ANVISA)	Início da produção e consolidação para novas moléculas (FLT, MISO, Acetato)	Instalações prontas e produção das novas moléculas consolidada.
Gerador ^{82}Sr e ^{82}Rb	Nada a realizar	Montagem e adequação das instalações para preparar o gerador. Quanto às máquinas de eluição para clínicas e hospitais, análise para desenvolvimento interno ou procura de fornecedor externo.	Nova rotina de produção estabelecida.

* O Reator Multipropósito Brasileiro – RMB – será construído pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em parceria com o governo de São Paulo e será um reator nuclear destinado à pesquisa e à produção de radioisótopos, elementos utilizados em várias áreas de saúde, como a medicina nuclear. Quando estiver em operação o reator garantirá autonomia na produção de molibdênio.

Tabela 11: Considerações sobre competência para produtos promissores

PRODUTOS	COMPETÊNCIA		
	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Gerador de ^{90m}Tc	Atende às necessidades, ocorrendo apenas pequenas dificuldades de gerenciamento do horário de trabalho dos profissionais.	Possível início da necessidade de reposição de mão-de-obra especializada em fase de aposentadoria.	Necessidade de novas competências na engenharia de processos, projeto, instalação e montagem de células. Substituição de profissionais aposentados.
Iodeto de Sódio ^{131}I	Limitação na falta de competência para a instalação de novas células de processamento.	Limitação na falta de competência para a instalação de novas células de processamento.	Falta de competência na montagem da célula de processamento.
Novos			
Novas Moléculas Marcadas com ^{18}F	Competência disponível. Contudo há necessidade de assimilar e expandir a competência e incorporá-la à cultura.	Não há problema de competência a afetar a produção.	Não há problema de competência a afetar a produção.
Gerador ^{82}Sr e ^{82}Rb	Necessidade em adaptação da competência para criar tecnologia de preparo do gerador.	Eventual necessidade de competência para a produção de máquinas de eluição.	Competências adquiridas e produção normal.

Tabela 12: Considerações sobre tecnologia para produtos promissores

PRODUTOS	TECNOLOGIA		
Atuais	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Gerador de ^{90m} Tc	Necessária tecnologia de coluna fina para a geração de maior atividade no produto. Redesenho de embalagem e engenharia para regulação do volume de eluição. Necessária comunicação mais rápida (videoconferência?) e treinamento interativo para atender / otimizar assistência técnica.	Necessidade de ampliação da tecnologia de coluna fina para aumento da atividade do produto.	Desenvolvimento e domínio de nova tecnologia para preparo do Mo.
Iodeto de Sódio ¹³¹ I	Nenhuma tecnologia inovadora.	Nenhuma tecnologia inovadora.	Necessária tecnologia de isolamento do Iodo do Urânio.
Novos			
Novas Moléculas Marcadas com ¹⁸ F	Nenhum desafio maior relativamente à tecnologia Compra de produto com tecnologia embarcada.		
Gerador ⁸² Sr e ⁸² Rb	Estabelecimento de nova rotina.		

Em relação ao Gerador de Tecnécio ^{99m}Tc existem algumas observações críticas a considerar:

- Um grande desafio tecnológico reside na produção do Molibdênio;
- Implantar uma radiofarmácia centralizada a médio prazo, após a quebra do monopólio, representa um desafio gerencial;
- A implantação da tecnologia de coluna fina não deverá apresentar grandes desafios e poderá ser realizada no horizonte de um ano.

Em relação ao Iodeto de Sódio ^{131}I existem algumas observações críticas a considerar:

- A nacionalização da produção é a parte mais crítica do processo;

- É importante investir na tecnologia de montagem de célula até a instalação do RMB.

5.3. Processo de Customização do TRM para a DIRF

Com base no T-Plan (PHAAL & outros, 2001b), foi elaborado um processo customizado a ser aplicado na Diretoria de Radiofarmácia do IPEN - CNEN/SP.

FASE1: MERCADO – Considerações Gerais

➤ *Objetivos geral e específicos*

No caso da radiofarmácia, há três funções principais que norteiam suas atividades e que se referem a Produtos e Serviços, Pesquisa e Desenvolvimento, e Ensino. Em relação a Produtos e Serviços, as atividades visam à produção de radioisótopos e a produção, controle de qualidade e comercialização de radiofármacos. Quanto à P&D, o objetivo geral desta área é a pesquisa, desenvolvimento e otimização de produtos, além da obtenção de informações científicas relevantes. Na área de Ensino, visa-se a participação e colaboração nos programas de pós-graduação do IPEN - CNEN/SP.

O documento do plano de ação 2010 da DIRF apresenta uma estrutura em camadas conforme indicado na figura 49.

Figura 49: Estrutura do Plano de Ação da DIRF

Trata-se de um documento bastante detalhado, mas cujo conteúdo não traz explicitamente as indicações necessárias para dar partida em um *roadmapping*.

De uma forma geral, todos os objetivos têm uma tônica pouco agressiva. A redação é sempre defensiva, ou seja, utiliza verbos de ação como “manter”, “continuar” e, no máximo, “consolidar”. Esta formulação é uma consequência da cultura da organização, que desde a Constituição de 1988, exerce através do CNEN o monopólio da produção e comercialização de radioisótopos e radiofármacos no Brasil, com exceção, desde há cinco anos, dos de meia vida curta.

Para bem caracterizar os pontos acima levantados apresentaremos, no item de metas e indicadores dos objetivos, alguns exemplos do conteúdo do plano e concluiremos com uma análise crítica do mesmo. Na sequência, apresentaremos nossa metodologia de como interagir com diretoria e gerência da DIRF, a fim de obter o conteúdo que precisamos para iniciar a etapa de requisitos do mercado de nosso fluxo de elaboração de *roadmap*. A discussão será centrada nas metas e em ligações não consideradas ou omissas.

➤ **Metas e indicadores dos objetivos**

O plano de ação da DIRF (Diretoria da Rádiofarmácia) define e quantifica as metas que decorrem de cada objetivo, tanto os gerais quanto os específicos. Estes objetivos estão classificados de acordo com as três funções acima citadas (produtos, pesquisa e desenvolvimento, e ensino). Nos quadros a seguir, reproduzidos do plano de ação, metas são relacionadas para cada objetivo. Para cada meta, indicadores são identificados e quantificados. Além disso, estratégias são estabelecidas para atendimento destas metas.

A Tabela 13 (complementada pela tabela 14 de estratégias associadas) especifica os objetivos de manutenção da posição de principal fornecedor de radioisótopos e radiofármacos para o mercado brasileiro, e do atendimento à

demanda de radioisótopos primários, moléculas marcadas e reagentes liofilizados para marcação com tecnécio-99m, ambos relacionados à função “produtos” e envolvendo a DIRF:

Tabela 13: Metas da DIRF da Função Produtos

QUADRO DE METAS DA DIRF						
FUNÇÃO PRODUTOS						
OBJETIVOS	METAS	INDICADOR			Quantificação Previsto 2010	Estratégia
		INDICADOR	FÓRMULA	UNIDADE		
Manter a sua posição de principal fornecedor de radioisótopos e radiofármacos para o mercado brasileiro (1.a)	Manter todos os produtos atualmente constantes do catálogo de produtos	Produtos	-	Um.	12 R.I. 16 R.L. 14 M.M. (Vide Quadro 2 - Metas Específicas)	Estratégias (a) a (f)
	Atender a demanda relativa aos radiofármacos	Porcentagem da demanda (%)	Atendimento / solicitação x 100	Vide Quadro 2 (Metas Específicas)	100 % Vide Quadro 2 (Metas Específicas)	
	Crescer o faturamento da Diretoria de Radiofarmácia, em valores proporcionais ao aumento da produção dos produtos existentes e pela incorporação de novos	Faturamento Anual	2010 > 2009	R\$ x 10 ⁶	> 69.971.442,00	
	Ampliar o número de profissionais com qualificação e capacitação adequadas ao cumprimento das BPF – concurso CNEN 2010	Nº Ciclotrón [□] os Nível superior	-	Nº	3	Estratégias (g) a (i)
		Nº Ciclotrón [□] os Nível técnico	-	Nº	6	
	Manter o quadro atual de recursos humanos da DIRF adequados às necessidades em número e especialidades	Doutor	-	Nº	09	
		Mestre			11	
		Nível superior			06	
		Técnico / Assistente em C & T			69	
		Colaborador			01	
		Bolsista			24	
	Ampliar o número de ações preventivas e de melhoria concluídas com eficácia	Registros no TNCMC	2010 ≥ 2009	Nº	≥ 1 (Preventiva) ≥ 4 (Melhoria)	Estratégias (j) e (k)
Atender a demanda de radioisótopos primários, moléculas marcadas e reagentes liofilizados para marcação com tecnécio-99m (1.b)	Diminuir a porcentagem de lotes de radiofármacos rejeitados	Lotes rejeitados	2010 ≤ 2009	Nº	Indicador absoluto (Nº lotes rejeitados) foi alterado para relativo em 2010	Estratégias (k), (l) e (m)
	Atender a demanda de produção de radioisótopos de Ciclotron para produção de radiofármacos	Quantidade produzida	Atendimento da demanda	Vide Quadro 3 (Metas Específicas)	Vide Quadro 3 (Metas Específicas)	Estratégias (f), (n) e (o)

R.I. = Radioisótopos Primários; R.L. = Reagentes Liofilizados para marcação com Tecnécio; M.M. = Moléculas Marcadas; TNCMC = Sistema informatizado para "Tratamento de Não Conformidades e Melhoria Contínua"

Fonte: Plano de Ação da DIRF (2010)

Tabela 14: Estratégias das metas gerais e específicas da DIRF para a função *Produtos*

Estratégias de metas gerais e específicas da DIRF para a função “produtos”	
a)	Ampliar a capacidade de produção de radioisótopos de ciclotron e radiofármacos de forma a garantir acréscimo proporcional ao crescimento da demanda da DIRF;
b)	Retomar a produção nacional de gálio-67 e tálio-201;
c)	Garantir esforços para suprimento de geradores de ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, tendo em vista a atual crise de fornecimento de ^{99}Mo ;
d)	Melhorar o sistema informatizado de produção e controle da qualidade;
e)	Manter o nível tecnológico dos laboratórios de controle de qualidade de radiofármacos e aprimorar o nível tecnológico dos processos produtivos;
f)	Avaliar o impacto da concorrência estabelecida no mercado de radiofármacos a partir da quebra do monopólio de produção e comercialização.
g)	Ampliar o número de bolsistas e estagiários dedicados a projetos de investigação, melhorias e modificações de processo;
h)	Implantar programa de treinamento para os servidores da DIRF, de forma que anualmente sejam atualizados e capacitados para o desenvolvimento de suas atividades (Levantamento de Necessidades de Treinamento, LNTD-2010);
i)	Obter mão de obra qualificada e capacitada por meio de contratos de consultoria ou terceirização de serviços ou etapas de processo e por meio do concurso público da CNEN (já realizado no ano de 2010).
j)	Dar continuidade ao processo de fusão dos Sistemas de Qualidade das instalações radiativas da DIRF no Sistema de Gestão Integrada da Diretoria de Radiofarmácia (SGI-DIRF), mantendo uma única certificação ISO 9001:2008 para o escopo unificado;
k)	Promover ações para manutenção e melhoria contínua do Sistema de Gestão Integrada da Diretoria de Radiofarmácia (vide Programa de Ação para Manutenção do Programa de Gestão da Qualidade na DIRF).
l)	Buscar recursos, junto à CNEN e órgãos de fomento, para realização das reformas das Instalações da Diretoria de Radiofarmácia;
m)	Atingir o nível de certificação das linhas de produção em Boas Práticas de Fabricação para obtenção do registro dos produtos na ANVISA em atendimento às resoluções específicas para radiofármacos publicadas em 2009 (RDC 63 e 64 de 18.12.2009);
n)	Ampliar a capacidade de produção de radioisótopos de ciclotron e radiofármacos de forma a garantir acréscimo proporcional ao crescimento da demanda da DIRF;
o)	Manter o nível tecnológico dos laboratórios de controle de qualidade de radiofármacos e aprimorar o nível tecnológico dos processos produtivos;
p)	Ampliar a capacidade de produção de radioisótopos de ciclotron e radiofármacos de forma a garantir acréscimo proporcional ao crescimento da demanda da DIRF;
q)	Retomar a produção nacional de gálio-67 e tálio-201.

Fonte: Plano de Ação da DIRF (2010)

Observações norteadoras da interação com a DIRF:

O objetivo 1.a (*Manter todos os produtos atualmente constantes do catálogo de produtos*), dado o regime monopolista é impossível de não ser cumprido em 2010 e vários anos à frente. Apenas em cenário de longo prazo e considerando-se a possibilidade da PEC 100 (Projeto de Ementa Constitucional que quebra o monopólio brasileiro, autorizando a produção por empresas privadas, de radioisótopos para pesquisa e uso médicos) ser aprovada é que ele realmente pode ser algo pelo qual a DIRF terá que se empenhar para cumpri-lo. Neste cenário, haveria metas alinhadas com tal objetivo bem diferentes daquelas do quadro acima. De qualquer maneira, como um exercício de *roadmapping* abrange um horizonte de

tempo bem maior que um plano anual, nós iremos explorar tal cenário nas entrevistas.

A observação das metas acima enunciadas nos enseja analisar algumas delas e fazer comentários para ilustrar o que estamos buscando obter como objetivos e metas balizadores do *roadmapping*.

Tomemos a meta “*Manter todos os produtos atualmente constantes do catálogo de produtos*”. No cenário atual isto é uma simples contrapartida (obrigação) ética do monopólio. Se houver quebra do monopólio, esta obrigação se encerraria e o enunciado talvez fosse reformulado assim – “*Gerir o portfólio de produtos buscando aumentar a rentabilidade global e mantendo em catálogo apenas os que são rentáveis individualmente ou que justifiquem sua manutenção pela alavancagem de vendas que promovem em outros produtos mais rentáveis*”.

De qualquer maneira só exploraremos o cenário da quebra do monopólio quando esta for gerar metas que tenham implicações diretas ou indiretas sobre fatores tecnológicos. Indiretas no sentido de metas que impliquem em requisitos de mercado, que por sua vez demandem respostas tecnológicas.

Considerando a meta “*Atender à demanda relativa aos radiofármacos*”, analisemos suas implicações focalizando genericamente em como tal meta poderia falhar. São basicamente três as causas básicas para tal falha:

- **O crescimento da demanda superando a capacidade produtiva da DIRF.** Obviamente que isto não acontece da noite para o dia e através de projeções do crescimento da demanda, o acréscimo da capacidade produtiva pode ser planejado. Isto pode gerar metas de investimento em instalações, em aumento de recursos humanos etc. Raramente tem implicações tecnológicas a serem abordadas em um TRM, exceto em casos especiais quando eventuais desenvolvimentos tecnológicos podem aumentar o rendimento da instalação evitando (ou adiando) a necessidade de sua ampliação física.
- **Uma matéria prima essencial torna-se escassa no mercado.** Um exemplo típico foi a crise do Mo-99m, ocorrida em 2009 e cujos efeitos são sentidos até hoje na produção do gerador de tecnécio. Análises prospectivas de situações

semelhantes devem ser realizadas para produtos cuja importância as justifique. Em tais casos as implicações para um TRM são evidentes. No caso específico do Mo-99, vários países estão tomando providências neste sentido, inclusive o Brasil com o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro – RMB que, após sua instalação permitirá ao Brasil ter autonomia na produção do Mo-99. Há outra classe de análise que é pertinente nesta situação e que consiste em observar se os produtos finais têm substituto para alguns de seus usos. Isto é algo que ocorre bastante na medicina nuclear já que normalmente um mesmo fármaco (molécula complexa) pode ser marcado com mais de um radioisótopo. Um exemplo interessante, que não está ressaltado no Plano de Ação 2010, ocorreu aqui. Se observarmos que as demandas de gálio-67 e tálio-201 eram ligeiramente decrescentes, ou pelo menos evoluíam menos que a de outros radiofármacos e a crise do Mo-99 causou uma reversão neste cenário. Um reflexo deste fato aparece na estratégia (b) mencionada na tabela 14 (*Retomar a produção nacional de gálio-67 e tálio-201*). A crise do Mo-99 traz tantos ensinamentos que será comentada mais extensamente.

- Falhas ou acidentes comprometem temporariamente a capacidade da DIRF. Bases de dados devem ser compiladas e a análise de risco de tais ocorrências deve ser realizada. A partir dos resultados algumas metas com impacto tecnológico pode ser estipuladas. Normalmente planos de contingência podem dar conta de tais necessidades, mas opcionalmente ou até por necessidade, TRMs podem abordar modificações ou novos projetos que aumentem a disponibilidade e confiabilidade das instalações críticas.

Certamente uma meta tão genérica como esta não dará origem aos desdobramentos que mencionamos acima, a menos que possamos segmentá-la de acordo com as lógicas de mercado e de processo que permitam tal análise.

A9) Requisitos do mercado

Considerando o mercado como um sistema onde interagem basicamente clientes e fornecedores com a organização em estudo, sendo a produção e venda de seus respectivos produtos e serviços os objetos desta interação, é essencial levantar os requisitos e expectativas do mercado. A atenção

dedicada a este levantamento deve ser diferenciada de acordo com a importância relativa de cada produto. Por exemplo, os produtos sustentadores, ou seja, aqueles que, já há algum tempo, são responsáveis por parte substancial do faturamento são bastante importantes, assim como, os promissores que, embora introduzidos há pouco tempo, têm ampliado muito sua penetração no mercado, a cada ano.

Deverão também ser considerados os futuros produtos, ou seja, aqueles que estão em fase avançada de desenvolvimento e que pareçam promissores quanto às suas respectivas demandas.

Assim sendo, estimativas da participação destes futuros produtos no segundo ano após o lançamento podem ser utilizadas para classificá-los na tabela 15 desenvolvida com base em padrões ABC de importância (ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa).

A classificação utilizada é descrita na tabela 15 seguinte:

Tabela 15: Tabela de Classificação dos Produtos

		PARTICIPAÇÃO NO FATURAMENTO		
		MENOR QUE 1 %	ENTRE 1 E 5 %	MAIOR OU IGUAL A 5 %
CICLO DE VIDA (TEMPO NO CATÁLOGO)	> 7 ANOS	Marginais não significativos 1	Normais 3	Importantes 5
	≤ 7 ANOS	Marginais Indefinidos 2	Normais Promissores 4	Importantes Destacados 6

Pelo histórico de produção da DIRF, adotou-se a barreira de sete anos após o lançamento para determinar a potencialidade de cada produto comercializado. Utilizou-se também a taxa de 1% de faturamento na tabela como contribuição

mínima significativa de cada produto visto que em torno de um quarto dos produtos comercializados pela DIRF se encaixam num patamar maior ou igual a esta taxa. Portanto, qualquer contribuição acima deste patamar torna o produto digno de atenção e consideração.

A Figura 50 apresenta o faturamento do IPEN - CNEN/SP nos últimos 10 anos:

Figura 50: Faturamento da DIRF

Uma análise do faturamento dos produtos revela que o Gerador de Tecnécio - ^{99m}Tc - representou em 2009 50,13% do faturamento total. Este produto foi sistematicamente muito representativo nos resultados de todos os exercícios.

A figura 51 mostra a evolução da participação relativa do faturamento deste produto nos exercícios de 2000 a 2009.

Figura 51: Participação Relativa do Faturamento do Gerador de Tc

Na figura 52 é apresentada a participação relativa (%) dos principais produtos do IPEN - CNEN/SP no faturamento nos últimos 10 anos.

Figura 52: Participação Relativa dos principais produtos no faturamento da DIRF (2000 a 2009)

A figura 53 apresenta a participação relativa (%) dos principais produtos do IPEN - CNEN/SP no faturamento no ano de 2009, comparados com a média dos últimos 3 anos.

Figura 53: Participação (%) dos principais produtos da DIRF no faturamento

Em nossa análise só consideraremos os produtos da DIRF, e não do IPEN – CNEN/SP como um todo. Observamos que apenas 8 produtos contribuem com uma participação relativa acima de 1%, com exceção do caso do cloreto de tálio-201 que apresentou um desvio significativo no ano de 2009 em relação à média dos três últimos anos pelo motivo comentado anteriormente. Estes 8 produtos representaram aproximadamente 90% do faturamento total do ano de 2009. Não há uma variação significativa entre a participação relativa do ano de 2009 e a média dos últimos três anos. Portanto, utilizaremos em nossas considerações dados do ano de 2009.

Seis produtos se encaixam na categoria “importantes” da Tabela 17 e são além do Gerador de Tc (50,13% do faturamento de 2009), o Fluor-18

(12,36%), o iodeto de sódio I-131 (10,72%), o citrato de gálio Ga-67 (6,49%), o cloreto de tálio Tl-201 (6,40 em 2009 com crescimento expressivo em relação ao ano anterior) e o iodeto de sódio I-131 em cápsulas (5,32%). Dois outros produtos tiveram, em 2009, faturamento entre 1,0 e 5% do total e se enquadram na categoria “normais” e são o Kit MDP (1,97%) e o Octreotídeo - ^{111}In (1,65%). Todos os demais produtos da DIRF tiveram participação relativa anual inferior a 1%, sendo, portanto, classificados como produtos marginais. A análise da participação dos produtos no faturamento anual foi realizada com base em dados fornecidos pela DIRF, sendo que a tabela 16 seguinte apresenta os produtos cuja participação no faturamento de 2009 excede 1% e também incluindo o Dotatate (que atingiu mais de 1% em 2008, caindo em 2009 por motivo de importação) e o Kit de DTPA (que em anos anteriores tinha superado a faixa de 1%).

Tabela 16: Porcentagem do faturamento anual relativo dos principais produtos da DIRF

PRODUTOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	07-09
Ger. Tecnécio	63,38	61,34	58,92	57,05	54,83	51,61	50,18	49,16	48,51	50,13	49,33
Fluor- ^{18}F	0,00	0,00	0,00	5,15	8,45	11,05	12,32	12,48	14,57	12,36	13,10
Iodeto de Sódio	14,29	15,37	15,58	14,94	14,86	14,35	14,54	13,82	12,93	10,72	12,31
Citrato de Gálio	9,25	8,50	8,41	8,01	7,73	7,73	7,38	7,07	6,67	6,49	6,72
Cloreto de Tálio	3,10	2,56	2,08	1,91	1,58	1,55	1,67	2,24	1,20	6,40	3,55
Iodeto de Sódio (cápsula)	1,61	1,92	2,76	3,23	3,11	3,82	5,03	5,36	5,75	5,32	5,47
MDP (Kit)	2,14	2,86	3,23	3,12	2,89	2,80	2,68	2,59	2,39	1,97	2,28
Octreotideo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	1,21	0,87	1,23	1,68	1,65	1,54
Dotatate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,70	1,09	0,77	0,85
DTPA (Kit)	0,84	1,00	1,13	1,04	0,99	0,95	0,88	0,84	0,81	0,64	0,75

Em relação aos anos de comercialização dos produtos (tempo de lançamento), o Octreotídeo - ^{111}In possui 6 anos de vida, sendo, portanto, classificado como um produto normal promissor. Os outros produtos de vida útil igual ou inferior a sete anos (Citrato de Ítrio Y - 90 e Hidroxiapatita; Sm-153 Hidroxiapatita; Kit de EC) possuem uma contribuição inferior a 1%, enquadrando-se conseqüentemente na categoria de marginais indefinidos. Um caso específico é o Dotatate ^{177}Lu que começou a ser produzido em 2006, tendo superado a marca de 1% em dois anos (2008). Contudo, sua produção relativa recuou um pouco em 2009 por problemas de importação,

como já citado anteriormente. Apesar disto, o produto parece ser promissor e será considerado em nossa análise. Os demais produtos da lista da DIRF não citados classificam-se como marginais não significativos (Tabela 17).

Tabela 17: Classificação dos produtos da DIRF

		PARTICIPAÇÃO NO FATURAMENTO		
		MENOR QUE 1 %	ENTRE 1 E 5 %	MAIOR OU IGUAL A 5 %
CICLO DE VIDA (TEMPO NO CATÁLOGO)	> 7 ANOS	Marginais Decadentes 1 Demais produtos	Normais 3 • Kit MDP (1,97%)	Importantes 5 • Ger. Tc (50,13%) • F-18 (12,36%) • Iodeto de Na (10,72%) • Citrato de Ga (6,49%) • Cloreto de TI (6,40%) • Iodeto de Na cap. (5,32%)
	≤ 7 ANOS	Marginais Indefinidos 2 • Citrato e HA de Ítrio (0,02%) • Sm-153 Hidroxiapatita (0,01%) • Kit de EC (0,12%)	Normais Promissores 4 • Octreotídeo In-111 (1,65%) • Dotatate ¹⁷⁷ Lu (0,77% em 2009 e 1,09% em 2008)	Importantes Destacados 6

Ao realizar uma análise quantitativa de comercialização dos produtos da DIRF, nos deparamos com diferentes critérios de medição conforme o produto específico, como mCi (equivalente a 37×10^6 Bequerel - Bq), Kits e unidades/doses. Considerando os resultados de 2009, a tabela 18 apresenta os principais produtos mensurados em MBq (10^6 Bq):

Tabela 18: Principais produtos comercializados pela DIRF em MBq

PRODUTOS	2009	2009 (%)
Ger. Tec ^{99m} Tc - Qtd (MBq)	493.108.250	85,67
Iodeto de Sódio - ¹³¹ I - Qtd (MBq)	51.953.291	9,03
Iodeto de Sódio - ¹³¹ I (cápsula) - Qtd (MBq)	23.343.226	4,06
Cloreto de Tálio ²⁰¹ Tl - Qtd (MBq)	3.160.614	0,55
Citrato de Gálio ⁶⁷ Ga - Qtd (MBq)	2.270.320	0,39
Dotatate - ¹⁷⁷ Lu - Qtd (MBq)	753.505	0,13
MIBG- ¹³¹ Iodo - Qtd (MBq)	556.147	0,1

A figura 54 apresenta a participação relativa destes produtos em Bq:

Figura 54: Participação relativa dos produtos da DIRF em Bq

A figura 55 apresenta a participação relativa dos produtos mensurados em Kits:

Figura 55: Participação relativa dos produtos da DIRF em Kits / Doses

Na tabela 19 é apresentada uma análise comparativa da participação percentual dos principais produtos da DIRF considerando os critérios de faturamento e quantitativos (atividade em Bq e Kits ou doses):

Tabela 19: Análise comparativa da participação dos principais produtos da DIRF

PRODUTOS	Faturamento %		Quantidade % (Bq)		Quantidade % (kit / dose)	
	2009	Classif.	2009	Classif.	2009	Classif.
Ger. Tecnécio	50,13	1	85,67	1		
Fluor- ¹⁸ F	12,36	2			25,62	2
Iodeto de Sódio ¹³¹ I	10,72	3	9,03	2		
Citrato de Gálio	6,49	4	0,39	5		
Cloreto de Tálio	6,40	5	0,55	4		
Iodeto de Sódio (cápsula)	5,32	6	4,06	3		
MDP (Kit)	1,97	7			29,81	1
Octreotideo	1,65	8	0,01	10		
Dotatate	0,77	9	0,13	6		
DTPA (Kit)	0,64	10			9,73	3
MIBG- ¹³¹ I	0,45	11	0,13	7		
DMSA (Kit)	0,43	12			6,55	4
Fitato (Kit)	0,41	13			6,18	5
MAA (Kit)	0,37	14			5,59	6
ECD (Kit)	0,29	15			4,36	7
Pirofosfato (Kit)	0,26	16			3,94	8
Iodeto de Sódio ¹²³ I	0,23	17	0,10	8		
MIBG- ¹²³ I	0,23	18	0,01	9		
Estanho Coloidal (Kit)	0,18	19			2,72	9
Dextran (Kit)	0,14	20			2,11	10

Considerando apenas os produtos cuja comercialização é mensurada em mCi (37×10^6 Bq), e fazendo uma análise comparativa com o estudo dos principais produtos em faturamento, notamos o seguinte:

O Gerador de Tc continua sendo o principal produto com participação em faturamento (base 2009) de 50,13% e em Bq de 85,67%;

- Entre os 6 principais produtos em faturamento, 5 (dos 10 principais) são também os principais produtos mensurados em Bq, enquanto 7 deles estão entre os 10 maiores produtos em faturamento.

Quando se analisa a participação relativa dos produtos da DIRF de acordo com a mensuração de kits ou doses, há apenas dois produtos (¹⁸F e MDP) entre os 10 maiores em faturamento. Contudo, se considerarmos os 20

produtos da DIRF de maior faturamento, todos os principais produtos em participação relativa quantitativa (Bq ou kit) estão também englobados.

Outra distinção a ser feita é quanto aos produtos que estão dentro do monopólio e aqueles que estão fora, por exemplo, os que envolvem radioisótopos de meia vida curta ($< 2h$). Um estudo de caso nos locais de produção privada (como, por exemplo, o Centro de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas de São Paulo) poderá eventualmente resultar em reposicionamento das políticas institucionais e estratégicas.

As distinções feitas acima dão pistas de como e onde captar e segmentar as expectativas do mercado em termos novas funcionalidades e requisitos para os produtos da DIRF.

Para este elenco de produtos os clientes (médicos) ou seus “proxys” devem ser ouvidos. O fato do Diretor da DIRF fazer parte da diretoria da SBBMN - Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem Molecular - já abre canais privilegiados para captar tais requisitos.

➤ **Produtos e tecnologias prioritárias**

Os produtos produzidos na DIRF estão divididos em quatro classes que são os *Radiofármacos Primários*, *Geradores de Molibdênio e Tecnécio*, *Moléculas Marcadas* e *Reagentes Liofilizados*. Considerando que a DIRF produz atualmente em torno de 40 produtos diferentes, esta etapa deverá apontar os produtos e tecnologias prioritários.

Com base no Catálogo de Produtos de 2007, da lista de produtos comercializados pelo IPEN - CNEN/SP (Anexo 2) e no quadro das metas específicas de produção do plano de ação de 2010 da DIRF (Tabela 13), foi elaborado um quadro comparativo que relaciona os produtos citados (Tabela 19). Não foram considerados no estudo, os outros produtos, materiais e fontes radioativas citados na lista de produtos comercializados.

A evolução da participação dos principais produtos no faturamento nos últimos três anos (figura 56) fornece um *input* importante para avaliação dos produtos prioritários e das tendências do mercado.

Figura 56: Percentual de Participação dos Principais Produtos no Faturamento

Fonte: DIRF - 2010

Maiores detalhes sobre a evolução da produção dos principais radioisótopos e radiofármacos da DIRF no período de 2000 a 2009 são apresentados no Anexo 1.

As tabelas 9a, 9b e 9c de qualidade da oportunidade dos produtos da DIRF para o curto, médio e longo prazos são um importante parâmetro de análise para a seleção dos produtos mais promissores do portfólio da DIRF, além de considerações sobre a participação relativa atual dos principais produtos no faturamento global.

De acordo com o plano de ação da DIRF, as linhas de pesquisa e atividades citadas para atender ao programa de desenvolvimento de novos radiofármacos são as seguintes:

- Geradores de Radionuclídeos
- Radioisótopos Primários
- Moléculas marcadas para aplicação diagnóstica (SPECT) e terapêutica
- Moléculas marcadas com emissores de pósitron (PET)
- Reagentes liofilizados para marcação com tecnécio-99m
- Metodologias analíticas de controle de qualidade de radiofármacos

Como atualmente a DIRF responde por 98% do atendimento do mercado de produtos radioisótopos e radiofármacos fornecidos às clínicas e hospitais brasileiros com serviços de medicina nuclear, esta situação quase monopolística torna crítica a responsabilidade da instituição para atendimento de seus objetivos de desenvolvimento e produção para atender a necessidade nacional de diagnósticos e terapia em medicina nuclear. A DIRF deverá continuar aperfeiçoando suas instalações, equipamentos, recursos humanos e atualizando as tecnologias envolvidas, para atender o crescimento do mercado brasileiro de radioisótopos e radiofármacos, assim como nacionalizando parte dos insumos atualmente importados, como o citrato de Ítrio - ^{90}Y . Quanto à nacionalização, devem-se considerar as limitações físicas do momento, pois há certos radioisótopos primários, produzidos em reator, que não podem ser produzidos no Brasil. Esta independência gradual de importações de insumos parece ser uma prioridade a ser perseguida, conforme o plano da DIRF. Esta hipótese deverá ser investigada junto à DIRF e Gerências de Produção e P&D da DIRF.

➤ ***Dimensões de funcionalidade e desempenho dos produtos***

De acordo com a ANVISA (Resolução RCD nº. 64 de 18 de dezembro de 2009), os radiofármacos para serem registrados devem possuir requisitos mínimos que visam garantir a qualidade, segurança e eficácia destes medicamentos. Portanto estas são características essenciais de funcionalidade a serem consideradas no desempenho destes produtos.

Tabela 20: Dimensões de Análise para o Gerador de Tecnécio

Produto: Gerador de Tecnécio (Importante)					
Dimensões de Análise	A / NA	Direção positiva	Decisório	Desejável	Escala avaliação interna
	1	2	3	4	5
Forma e Características Físicas					
Tamanho (praticidade)*	A	menor		X	4
Peso (blindagem)	A	menor		X	4
Design	A	funcionalidade		X	4
Estética (não relevante)	A				4
Outros					
Funcionalidade e Qualidade					
Novas facilidades de uso (regulagem de volume de eluição)	A	flexibilidade	X		4
Facilidade de armazenagem	A	praticidade		X	4
Facilidade de conservação	NA				
Facilidade na preparação da dose para o paciente	A	Simplificação do processo	X		4
Estabilidade/reprodutibilidade das doses preparadas (mandatório)	A	Padronização	X		5
Outros					
Agregados					
Embalagem	A	Diferenciação	X		4
Serviços / produtos associados	A	Complementaridade	X		4
Outros	A		X		5
Resultados com o Uso					
Qualidade da imagem produzida	A	Posicionamento no mercado	X		5
Efetividade da terapia	NA				
Ausência de reações adversas	A	Segurança	X		5
Outros casos indesejáveis					
Outros (gerador de alta atividade)	A	Economia			
Benchmarking					
Que produto importado é o melhor da classe	COVIDIEN (USA)				

1 - quesito aplicável = A; de outra forma NA

2 - indicar o lado desejável (ex. p. peso bom->leve)

3 - indica que quesito é decisório

4 - indica que quesito é desejável

5 - indica a escala de avaliação

* Apesar da redução de tamanho seja considerada desejável, o aumento de tamanho pode ser interessante em função de uma tendência de atendimento a grandes quantidades para eventuais futuras radiofarmácias centralizadoras.

A tabela 20 apresenta o levantamento de dimensões de análise aplicado ao produto principal da DIRF, o Gerador de Tecnécio. Esta tabela, cujos dados foram obtidos junto à gerência da DIRF, serve de exemplo para eventuais levantamentos dos demais produtos.

Algumas considerações sobre as dimensões e características do Gerador de Tc:

- Em relação a formas e características físicas o produto é igual ao dos concorrentes, não havendo relevância;
- Quanto à funcionalidade, apresenta uma relevância de média para baixa;
- A atividade é um diferencial importante;
- Em relação a serviços e produtos associados o Gerador de Tc é igual ao dos concorrentes, não havendo relevância;
- Quanto à assistência técnica, há necessidade de melhorar a agilidade no atendimento aos clientes, pois hoje há problemas referentes a dar suporte a locais fora de São Paulo.

➤ ***Direcionadores de mercado e negócio***

A Diretoria de Radiofarmácia funciona como uma unidade de negócios dentro do IPEN - CNEN/SP prestando diversos serviços como consultoria, desenvolvimento de produtos, treinamento, atendimento a clientes. Estes clientes são tanto usuários internos (outras unidades da corporação e alunos de pós-graduação), assim como usuários externos tradicionais. A população de clientes externos da DIRF resume-se basicamente a todas as clínicas especializadas, laboratórios e hospitais brasileiros que prestam serviços de medicina nuclear à comunidade brasileira.

A DIRF possui também diversas parcerias nacionais como clínicas e hospitais com serviço de medicina nuclear, na realização de ensaios clínicos de novos

produtos, universidades (USP, UNESP, UNICAMP entre outras) para Intercambio técnico-científico e formação de alunos de pós-graduação e iniciação científica e sociedades atuando na área medicina e ciências nucleares. Possui também parceria internacional com a IAEA – (Agência Internacional de Energia Atômica) – participando em projetos coordenados (CRP) e projetos ARCAL, no desenvolvimento de novos radiofármacos e difusão de conhecimentos de Radiofarmácia.

Considerando o mercado (*direcionadores* externos) da DIRF, uma das metas essenciais é atender à demanda relativa aos radiofármacos pelos clientes brasileiros. Outros *direcionadores* são a disponibilização de novos produtos decorrentes da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico, a manutenção da posição de principal fornecedor de radioisótopos e radiofármacos para o mercado brasileiro, e buscar atendimento aos requisitos legais e regulamentares. A preocupação atual cada vez maior do mercado com a gestão ambiental leva a outro *direcionador* externo a ser considerado.

Em relação ao negócio (*direcionadores* internos), há considerações de quantidades e variedades de produtos a serem produzidos e de faturamento a ser atingido, conforme plano de ação da DIRF. O aumento da qualificação e capacitação dos funcionários, além do número dos mesmos, para adequação ao cumprimento do planejamento financeiro constitui outro *direcionador* interno, conforme plano da DIRF.

Na figura 57, são apresentados os principais *direcionadores* internos e externos da DIRF. Em relação aos *direcionadores* internos, a DIRF possui objetivos / metas de resultados anuais (faturamento por produto) que são apresentados no plano de ação. Para poder atingir estes resultados, toda a infraestrutura de produção e mão-de-obra precisa ser ajustada. Portanto a quantidade de colaboradores e sua qualificação e capacitação constitui um *direcionador* essencial. Além disso, os meios produtivos precisam ser adequados e projetados para atender as necessidades atuais e futuras. A área de P&D também constitui um *direcionador* importante, pois é responsável por detectar tendências tecnológicas e de novos produtos que impactarão o catálogo de produtos e serviços oferecidos ao mercado, além de atender à necessidade de melhoria contínua dos processos. Outro aspecto a ser levado em conta no ambiente interno refere-se à busca de qualidade, fator que influencia os processos produtivos e seus insumos. Segundo o plano de ação da DIRF, a fim de satisfazer as necessidades dos seus clientes, opera dentro do Sistema de Gestão Integrada um Sistema de Gestão da Qualidade orientado pelos princípios de responsabilidade social, valorização dos profissionais da DIRF, parceria com clientes e fornecedores, e melhoria contínua de processos.

Figura 57: Direcionadores do Mercado e Negócio da DIRF

Quanto aos *direcionadores* externos, as agências reguladoras (CNEN e ANVISA) estabelecem diretrizes a serem seguidas pelo IPEN - CNEN/SP / DIRF, ressaltando a resolução RCD nº. 64, citada anteriormente. A própria legislação condiciona a reserva de mercado e a possível atuação da concorrência no setor de radiofarmácia. Segundo a DIRF, esta regulação está atualmente em evolução, apresentado uma situação não estável. Projeta-se o período de mais um ano, em princípio, para adequar todos os produtos do portfólio às exigências reguladoras. Quanto ao CNEN, a interação neste sentido apresenta hoje uma velocidade de resposta lenta para adequação. As células de produção serão adaptadas a fim de atender à regulação. A adaptabilidade às boas práticas exigidas pela ANVISA tem um caráter de aderência mais trabalhosa, de acordo com a DIRF. Quanto à concorrência, atualmente existente em relação aos radioisótopos de meia vida curta, houve um pequeno impacto na comercialização dos produtos do IPEN - CNEN/SP a partir do segundo semestre de 2010, levando à necessidade de revisão da atual política de preços. Quanto à PEC-100, se aprovada, atrairá, segundo a DIRF, concorrência externa, notadamente na montagem de geradores de maior capacidade. O intervalo de tempo entre a eventual aprovação desta PEC e a ocorrência de um efeito a ser sentido no IPEN - CNEN/SP será certamente mais curto do que o impacto ocorrido com a liberação da concorrência nos radioisótopos de meia vida curta, que levou em torno de três a quatro anos. Segundo a DIRF, talvez seja necessário no futuro mudar a vocação do IPEN - CNEN/SP, passando a ser um foco de P&D na área de radiofarmácia e priorizar o lado social, atendendo os serviços e hospitais públicos. A demanda do mercado e clientes é outro *direcionador* muito importante que gera um impacto na lista de produtos oferecidos e na quantidade disponibilizada no mercado, seja através de produção local ou importação de componentes ou matéria-prima, a fim de atender ao *objetivo permanente* da DIRF de “*gerar radioisótopos e radiofármacos atendendo ao interesse público*” e “*ser o principal fornecedor para o mercado brasileiro*”. Atualmente, de acordo com a DIRF, toda a demanda nacional é atendida, havendo, também, certo espaço para crescimento da mesma. A DIRF destaca

que a tecnologia não apresenta nenhuma barreira ao atendimento da demanda atual. Quanto à gestão ambiental, são fixados limites, obrigações e controles básicos para a proteção dos profissionais da DIRF, usuários, clientes, sociedade e meio ambiente, contra possíveis efeitos indevidos causados pelo uso dos produtos. Para atingir este objetivo, o IPEN - CNEN/SP organiza-se para implantar o Plano de Gestão de Segurança e Meio Ambiente agregado ao Plano de Qualidade.

O IPEN - CNEN/SP estabeleceu diversas parcerias com o mercado e seu meio ambiente externo. Segundo, o portal interno, as principais parcerias com instituições e universidades brasileiras e internacionais:

- Universidade de São Paulo (CENA, EPUSP, Institutos de Física, Química, Oceanografia e Farmácia, além das Faculdades de Odontologia e de Medicina);
- Universidade de Coimbra - Portugal
- Rikkyo University - Japão;
- EMBRAPA;
- Instituto Butantã;
- Centro Tecnológico da Aeronáutica;
- Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo;
- Instituto Tecnológico Aeroespacial;
- Associação Brasileira de Gemologia e Mineralogia;
- Mentor;
- Sayerlack;
- Unipack;
- CBE;
- EMBRARAD;
- CETESB; e
- PETROBRÁS.

Percebem-se interações com diversas universidades nacionais e estrangeiras, sendo que a área de ensino e pesquisa é outro *direcionador* a ser considerado.

Na Figura 58, temos a distribuição da comercialização de radiofármacos por região geográfica no Brasil, onde o sudeste representa uma fatia superior a 62% do total.

Figura 58: Distribuição dos Radiofármacos por região

Fonte: DIRF – 2010

Os 35 maiores clientes da DIRF, quanto ao faturamento, representam 39% do total do faturamento com a comercialização dos radiofármacos, conforme dados da DIRF (2010).

Esta distribuição mostra uma concentração de mercado entre grandes clientes, que são hospitais e laboratórios basicamente.

De modo geral, em relação ao mercado, a DIRF estabelece as seguintes estratégias:

- a) Ampliar a capacidade de produção de radioisótopos de ciclotron e radiofármacos de forma a garantir acréscimo proporcional ao crescimento da demanda da DIRF;

- b) Retomar a produção nacional de gálio-67 e tálio-201;
- c) Garantir esforços para suprimento de geradores de ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, tendo em vista a atual crise de fornecimento de ^{99}Mo ;
- d) Melhorar o sistema informatizado de produção e controle da qualidade;
- e) Manter o nível tecnológico dos laboratórios de controle de qualidade de radiofármacos e aprimorar o nível tecnológico dos processos produtivos;
- f) Avaliar o impacto da concorrência estabelecida no mercado de radiofármacos a partir da quebra do monopólio de produção e comercialização;
- g) Avaliar o impacto das novas resoluções da ANVISA (RDC 63 e 64 de 18.12.2009) no mercado de radiofármacos no Brasil;
- h) Ampliar o número de produtos disponíveis para diagnóstico e terapia, acompanhando os países mais desenvolvidos nessa área;
- i) Manter-se atualizado, de forma que a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico conduzidos pela Diretoria possam acompanhar o estado da arte na utilização médica de radioisótopos e radiofármacos.

Relativamente aos clientes, as estratégias estabelecidas são as seguintes:

- a) Manter e aprimorar o Serviço de Atendimento ao Cliente;
- b) Manter e aprimorar pesquisa de grau de satisfação dos clientes de radiofármacos;
- c) Implantar pesquisas de mercado que possibilitem projeções mais seguras das demandas por quantidades e tipos de produtos;
- d) Aprimorar os canais de comunicação "de" e "para" os clientes, de forma a se inteirar das necessidades, sugestões, reclamações, etc.;
- e) Manter o sistema de vendas pela internet.
- f) Organizar e promover o Encontro de Radiofarmácia no IPEN - CNEN/SP para promover discussões de temas de interesse para da medicina nuclear e o

desenvolvimento da Radiofarmácia no país.

FASE 2: PRODUTOS - Considerações Gerais

A camada de produtos do *roadmap* tecnológico relacionará apenas alguns exemplos dos quase 40 produtos relacionados no portfólio da DIRF, escolhidos entre os produtos importantes e promissores apresentados anteriormente.

➤ Características dos produtos e serviços para atender os “direcionadores” do mercado e negócio

No caso da DIRF, seus produtos básicos são os rádiofarmacos e os radioisótopos (ou rádionuclídeos). O rádiofarmaco é *“um complexo radioativo usado para o diagnóstico ou tratamento terapêutico de doenças humanas”* (SAHA, 1998). Na medicina nuclear, aproximadamente 95% dos rádiofarmacos tem utilização diagnóstica, enquanto apenas o restante 5% são utilizados para efeitos terapêuticos.

Para levantar as características dos produtos, foi elaborado um formulário específico para a DIRF. Na tabela 20 anterior, exemplificamos a utilização do formulário para o principal produto da DIRF, o gerador de tecnécio:

➤ Classificação do valor potencial das características de produtos e serviços quanto ao impacto nos “direcionadores”

Nesta etapa, devido ao portfólio de produtos da DIRF ser grande e constarem produtos diversos, verificamos o impacto dos direcionadores da área médica e das áreas suporte referentes a equipamentos e instrumentos nos produtos. Inicialmente, avaliamos a probabilidade de ocorrência dos direcionadores a curto, médio e longo prazos (tabela 7). Posteriormente, verificamos o impacto dos mesmos no portfólio de produtos atuais da DIRF (tabela 8).

De modo geral, em relação aos produtos, a DIRF estabelece as seguintes estratégias:

- a) Estar preparada para atender ao crescimento da demanda por radioisótopos e radiofármacos, em função do desenvolvimento do mercado;
- b) Crescer a produção atual em porcentagem variável para cada produto a fim de atender à demanda da medicina nuclear;
- c) Preparar-se para a produção de novos produtos, modernizando os seus equipamentos e processos de produção e controle de qualidade;
- d) Manter o Sistema de Gestão Integrada implantando melhorias para o constante atendimento aos requisitos regulamentares e estatutários, principalmente os relacionados às Boas Práticas de Fabricação, à Gestão de Segurança das Instalações Radiativas e Radioproteção e à Gestão Ambiental, a fim de garantir a qualidade dos produtos fornecidos.

Outra consideração relativa aos produtos da DIRF refere-se à necessidade de desenvolver novos produtos e nacionalizar produtos atualmente importados. As estratégias relacionadas aos novos produtos a serem oferecidos são as seguintes:

- a) Adquirir novos equipamentos e instrumentos utilizados nas pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos e ampliar a infraestrutura existente;
- b) Estabelecer programa de convênios com Hospitais objetivando o desenvolvimento de novos produtos e os protocolos clínicos de aplicação;
- c) Buscar fornecedores de biomoléculas empregadas em desenvolvimento de radiofármacos;
- d) Buscar parcerias com outros Institutos, Universidades e Empresas Nacionais e Internacionais, que colaborem nas atividades de pesquisa, desenvolvimento, engenharia e inovação;
- e) Buscar recursos financeiros em Agências de Fomento Nacionais e Internacionais, em particular a Agência Internacional de Energia Atômica, para desenvolvimento de projetos de pesquisa e participação em eventos.

Durante o ano de 2010, foi dada continuidade ao desenvolvimento dos seguintes projetos para a nacionalização dos Radioisótopos e Radiofármacos importados:

- Nacionalizar a produção ^{90}Y a partir do desenvolvimento de gerador específico;
- Desenvolvimento de gerador de ^{68}Ge - ^{68}Ga ;
- Desenvolvimento de gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e dispositivo de infusão.

O desenvolvimento dos produtos será também condicionado por um importante *direcionador* que é a questão ambiental. O plano de ação da IRF prevê programar ações visando o cumprimento de um programa de gestão de segurança e ambiental estabelecido e agregado à qualidade. Algumas etapas do Plano de Gestão Ambiental da DIRF já foram contempladas como a elaboração e implantação das FISPQ dos reagentes utilizados na produção de radiofármacos e a elaboração de um plano para eliminação do passivo.

Para o ano 2010 estavam previstas as seguintes atividades:

- Participação contínua nas atividades de adequação da instituição com relação ao TAC-IBAMA;
- Finalizar as FISPQ de moléculas marcadas;
- Estabelecer um procedimento de conscientização sobre as questões ambientais para os funcionários da DIRF.

Quanto a futuros desenvolvimentos, a gerência da DIRF cita os seguintes produtos:

- Anticorpos e peptídeos marcados para terapia e diagnóstico
 - Octreotídeo – ^{90}Y (terapia)
 - Octreotídeo – ^{68}Ga (diagnóstico PET)
 - AntiCD20 – ^{177}Lu (terapia)
 - AntiCD20 – ^{90}Y (terapia)
- Moléculas marcadas com ^{18}F
 - Acetato
 - Miso
 - FLT

- AV-45
- Moléculas marcadas com ^{68}Ga
 - Vários peptídeos marcados com ^{68}Ga
 - Moléculas convencionais (fosfonatos)
- Novos Radioisótopos
 - ^{64}Cu (diagnóstico PET)
 - ^{124}I (diagnóstico PET)
 - ^{89}Zr (diagnóstico PET)
 - Gerador ^{82}Sr e ^{82}Rb (diagnóstico SPECT)
 - Emissores α para terapia (^{213}Bi e ^{225}Ac)

Contudo, o lançamento de novos produtos, dentro do rol de possibilidades tecnológicas e de negócio, depende basicamente do balanceamento de dois fatores que são a atratividade versus a viabilidade.

A atratividade leva em conta a pergunta de o quão promissores são os produtos, ou seja, seu potencial de uso e impacto social.

A viabilidade considera a disponibilização dos seguintes fatores:

- Instalações;
- Conhecimento;
- Processos;
- Recursos humanos.

Esta análise é apresentada na figura 59:

Figura 59: Seleção de novos produtos

A tabela 21 é utilizada para mensurar os fatores de seleção dos produtos, levando em conta a atratividade e a viabilidade dos mesmos.

Tabela 21: Fatores de seleção dos produtos

PRODUTO:							
FATORES		ESCALA					
		Inadequado	1	2	3	4	5 Adequado
1. Atratividade							
Potencial de Uso							
Impacto social							
2. Viabilidade							
Instalações / Equipamentos							
Conhecimento							
Processos / Sistemas							
Recursos Humanos							

FASE 3: TECNOLOGIA – Considerações Gerais

Esta fase foca a camada de tecnologia do *roadmap*. Além disso, outros aspectos de características do negócio podem ser levados em conta, como, por exemplo, as competências, as qualificações, e o desenvolvimento financeiro e de parcerias estratégicas.

➤ ***Soluções tecnológicas para atender às características de produtos***

Segundo a DIRF, as tecnologias mais importantes levantadas envolvem os módulos de síntese para F-18 e Ga-68 e que são atualmente adquiridos externamente ao IPEN - CNEN/SP; a tecnologia de alvos e a tecnologia de marcação de biomoléculas, desenvolvidas internamente.

Em relação às tendências das tecnologias relacionadas ao processo produtivo, destacamos a automação de processos e a tecnologia de montagem de células de processamento.

➤ ***Impacto das soluções tecnológicas nas características de produto***

Em nosso estudo, após levantar os produtos prioritários e promissores do portfólio da DIRF, foram identificadas e analisadas as tecnologias, competências e instalações de suporte a curto, médio e longo prazos para dois deles: o Gerador de Tecnécio ^{99m}Tc e o Iodeto de Sódio ^{131}I (vide tabelas 10, 11 e 12). Este estudo foi também realizado para alguns novos produtos a serem desenvolvidos, ou seja, novas moléculas marcadas com ^{18}F e Geradores de ^{82}Sr / ^{82}Rb , conforme as tabelas citadas. Isto é apenas um exemplo da aplicação do processo customizado desenvolvido, sendo que o mesmo pode ser estendido para os demais produtos.

No caso da DIRF do IPEN - CNEN/SP, a área de Pesquisa e Desenvolvimento tem como finalidade, conforme o Plano de Ação da DIRF, dar continuidade ao programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, visando manter atualizado tecnologicamente e ampliar os itens do catálogo de produtos disponíveis. Além de dar continuidade aos estudos visando disponibilizar novos produtos para início da produção rotineira, visa também à realização de estudos relacionados à melhoria contínua dos processos já implantados.

A tabela 22 seguinte estabelece as metas específicas da DIRF, para o ano de 2010, relacionadas com o desenvolvimento de novos produtos e nacionalização de outros, além dos projetos associados:

Tabela 22: Metas Específicas da DIRF para o ano de 2010

2010
<p>Novos Produtos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Iniciar produção experimental dos produtos: HYNIC-TOC e TATE para marcação de com ^{99m}Tc. <p>Dar continuidade aos seguintes estudos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparação de geradores de radionuclídeos terapêuticos para uso em Medicina Nuclear; ✓ Estudos da química dos complexos nitrído-metal na marcação de biomoléculas com ^{99m}Tc e ^{188}Re; ✓ Avaliação do teor de carbono orgânico total na qualidade da água utilizada na Radiofarmácia ✓ Estudo comparativo entre as metodologias descritas nas farmacopéias para controle radioquímico de reagentes liofilizados para radiodiagnóstico ✓ Marcadores moleculares derivados da Bombesina pra diagnóstico de tumores por SPECT e PET ✓ Estudo da influência do quelante sobre a marcação e as propriedades in vitro e in vivo de derivados de bombesina radiomarcados. ✓ Estudar parâmetros de marcação por método direto do peptídeo Ubiquicidina; ✓ Desenvolvimento da tecnologia de colunas finas para o gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$; ✓ Nacionalização da produção de ^{90}Y (gerador $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$); ✓ Marcação de derivados de somatostatina com ^{68}Ga; ✓ Estudos da separação Zn(Cu/Ni)-Ga-67 por difusão com ácido acético; ✓ Estudo de derivatização de anticorpos para marcação com radioelementos metálicos e lantanídeos; ✓ Estudo de derivatização e marcação do anticorpo monoclonal anti-CD20 para aplicação em terapia radionuclídica; ✓ Marcação de novas moléculas com ^{123}I: projeto Einstein/UNIFESP ADAM E IBZM; ✓ Melhorias no porta alvos para a irradiação de alvos gasosos (I-123); ✓ Marcação de substancia P com Lu-177; ✓ Desenvolvimento de um modelo de cela pra processamento de radiofármacos injetáveis. <p>Novos Projetos com potencial para 2010:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Microesferas marcadas com Y-90 e Ho-166; ✓ Implantação de novas metodologias analíticas para controle de qualidade de radiofármacos: Teste de Gram para classificação de microorganismos. ✓ Desenvolvimento de método de purificação de iodo-123 e iodo-131; ✓ Melhorias no porta alvo para a irradiação de alvo gasoso (I-123); ✓ Desenvolvimento do método de produção de Iodo-124; ✓ Desenvolvimento de geradores de $^{68}\text{Ge}-^{68}\text{Ga}$; ✓ Desenvolvimento de gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e dispositivo de infusão; ✓ Participação do projeto de produção de Mo-99 e I-131 no RMB; ✓ Desenvolvimento do método de produção de Cobre-64; ✓ Marcação de novas moléculas com ^{18}F: Fluoracetato-^{18}F; Fluortimidina-^{18}F.
2011 - 2013
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudos para produção de novos compostos marcados com ^{18}F; ✓ Marcação de novas moléculas com ^{18}F: Colina-^{18}F; FMISO-^{18}F (Fluormisonidazol); DOPA-^{18}F ✓ Estudos de eletrodeposição de Tálho e Zinco em suportes de prata.

Em relação à nacionalização dos radioisótopos e radiofármacos atualmente importados, temos os seguintes projetos para o ano de 2010:

- Nacionalizar a produção ^{90}Y a partir do desenvolvimento de gerador específico;

- b. Desenvolvimento de gerador de ^{68}Ge - ^{68}Ga ;
- c. Desenvolvimento de gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e dispositivo de infusão.

Além disso, a crise atual do molibdênio leva a considerar a nacionalização da produção do mesmo.

FASE 4: MAPEAMENTO – Considerações Gerais

Esta fase final integra as perspectivas de mercado, produto e tecnologia a fim de produzir um *roadmap* tecnológico (TRM) inicial. As três fases anteriores têm o objetivo de definir uma estrutura para viabilizar o desenvolvimento o TRM. O formato do *roadmap* é consolidado, marcos são estabelecidos, e a evolução de produto e tecnologia associada é mapeada.

O nosso estudo não visa realizar um *roadmap* tecnológico completo para a DIRF, mas apenas fazer uma implementação pontual para exemplificar o processo customizado desenvolvido, objeto desta pesquisa.

➤ Desenvolver um Roadmap preliminar

Baseando-se em todas as considerações anteriores, nas entrevistas com a gerência da DIRF, no processo customizado de mapeamento tecnológico e principalmente nas tabelas 10 a 12, foi elaborado um *roadmap* preliminar para exemplificar o processo apresentado.

Neste roadmap, temos 4 camadas assinaladas: o negócio, o mercado, os produtos e a tecnologia.

Em relação aos produtos, dentro da lista de produtos promissores identificados, foram selecionados dois produtos atuais (Gerador de Tecnécio $^{90\text{m}}\text{Tc}$ e Iodeto de Sódio ^{131}I) e dois futuros produtos (novas moléculas marcadas ^{18}F e Gerador de ^{82}Sr / ^{82}Rb) para desenvolver este exemplo de roadmap. As figuras 60 e 61 representam este roadmap.

Figura 60: Roadmap da DIRF – Negócio e Mercado
ROADMAP DIRF – IPEN / CNEN-SP

Figura 61: Roadmap da DIRF – Produtos e Tecnologia

ROADMAP DIRF – IPEN / CNEN-SP

5.4. Detecção de frentes de desenvolvimento como elemento confirmatório

A idéia inicial e o que é viável

O processo de detecção de frentes emergentes (DFEP) de pesquisa, apresentado por SHIBATA et al (2008) e descrito resumidamente em 2.4.4, funciona bem em campos bastante amplos conforme os que foram utilizados no artigo original. Também é necessário que se tenha acesso integral à base de dados do ISI de forma a recuperar todas as ligações de inter-citação e co-citação e importá-las para um programa de análise de redes sociais. A saída de dados provida pela interface padrão da “Web of Science” não permite este nível de detalhe na recuperação destas informações. Além disso, estaremos fazendo pesquisa em campos de conhecimento bem mais “estreitos” do que aqueles usados nos dois exemplos dos autores do método. A tentativa de usar o DFEP esbarrou em dificuldades de ordem prática que não foram possíveis de serem superadas conforme será mostrado a seguir. Por conseguinte, tivemos que conceber uma alternativa, talvez menos elegante e inovadora, mas que produziu resultados úteis e satisfatórios.

De qualquer forma o DFEP é um processo de base bibliométrica e a alternativa que será utilizada também utiliza técnicas de mesma natureza. Técnicas bibliométricas foram introduzidas e aplicadas por vários pesquisadores entre os pioneiros destacam-se PRICE (1973), GARFIELD (1979), CRANE (1972), normalmente com foco na avaliação quantitativa de grupos de pesquisadores, instituições de ensino e pesquisa e outros. Mais recentemente, vários artigos vêm usando processos baseados em bibliometria para processos de inteligência competitiva. PORTER (2005) sugeriu um processo bastante engenhoso, bem como um software para viabilizar a agilidade da aplicação denominada QTIP – *Quick Technology Intelligence Process*. No nosso caso usamos algo bem simples baseado nas camadas iniciais da metodologia proposta por PORTER (2005), já que não dispomos do software. Outro motivo é que este estudo é exploratório e, após tomada a decisão pela DIRF quanto a investir em determinadas frentes de pesquisa um estudo bibliométrico customizado para cada caso pode ser feito com mais detalhes.

A intenção é elaborar um processo simples para se obter ou não uma confirmação do potencial daquelas apostas tecnológicas descobertas pelo processo

de *roadmapping*. Como o método utilizado segue inicialmente os mesmos passos do DFEP, serão explicados simultaneamente os passos da metodologia, as razões da impossibilidade de usar o DFEP original e os resultados confirmatórios obtidos com um dos itens do *roadmap*.

Discutindo um item do roadmap

Ficou evidente na pesquisa e discussões mantidas, no processo de *roadmapping*, com especialista da DIRF, que as propriedades dos radiofármacos não decorrem apenas do somatório das propriedades dos três componentes (isótopo, fármaco e agente quelante), mas também, e, em muitos casos principalmente, das propriedades das ligações entre os três componentes. A importância dos agentes quelantes bifuncionais é enorme principalmente no caso de fármacos baseados em biomoléculas, que parece ser a avenida de maior potencial para os novos radiofármacos, altamente seletivos e eficazes, tanto para as aplicações de diagnósticos quanto terapia. No processo de *roadmapping*, ficou evidente a “necessidade” do IPEN buscar parcerias estratégicas com organizações que tenham competência nesta área de quelantes para que o IPEN seja um “*player world class*” na produção de radiofármacos a longo prazo. Isto é, as parcerias devem ser formadas a curto e médio prazo para que este objetivo seja alcançável a longo prazo.

Até hoje o IPEN pode concentrar-se apenas nos processos de produção dos radioisótopos e marcação dos fármacos, porque tanto fármacos quanto quelantes mais novos podem ser comprados (importados) sem restrição ou então se tratam de substâncias com patente já vencida e que o IPEN pode fabricá-las diretamente (os kits do portfólio). Dois direcionadores identificados e que podem mudar esta situação são: a extinção do monopólio e a aceleração do processo de aprovação da FDA para radiofármacos. O primeiro fará com que fabricantes internacionais de radiofármacos possam se instalar no Brasil, sendo que o interesse é muito alto em função do tamanho do mercado atual e de sua taxa de crescimento. O segundo fará com que os novos radiofármacos cheguem ao mercado mais cedo nos EUA, o que permitirá novidades serem lançadas no Brasil antes do IPEN ter tempo de se preparar, caso não desenvolva as parcerias citadas acima.

O processo de confirmação de relevância

a. O início da pesquisa

A idéia é obter-se uma combinação adequada de abrangência e seletividade na definição dos termos da pesquisa de forma a recuperar um volume de dados que permitam um razoável poder estatístico e ao mesmo tempo sejam de elevada pertinência.

Inicialmente quando pretendíamos verificar a viabilidade de usar a DFEP, concentramo-nos na base de dados específica da “*Web of Science*” (WoS), pois ela permite recuperar um número maior de campos de informação de cada registro. Contudo, o volume de registros é bem menor. Ao verificarmos, que mesmo assim os campos de informação recuperados não eram suficientes para utilizar a técnica DFEP, optamos por ampliar as bases de dados, incluindo todas aquelas que a interface da WoS acessa.

Na opção de pesquisa avançada, após experimentar algumas combinações booleanas de alguns termos, verificamos que a seguinte expressão de pesquisa booleana: [(nuclear medici* OR radiopharmaceuti* OR radioisoto*) AND (chelating agent* OR chelating substance*)] nos forneceu um domínio de conhecimento com o balanço adequado de abrangência e seletividade. A figura 62 mostra a pagina inicial com os resultados da pesquisa.

Figura 62: Página da WoS com o ponto de partida das pesquisas

b. A evolução temporal e confirmação da indicação do *roadmap*

A pesquisa foi refinada para verificar inicialmente como está evoluindo a produção de conhecimento no campo especificado. Posteriormente uma nova segmentação por tipo de documentos nos permitiu verificar a evolução da emissão de patentes. Com os dados importados, as séries históricas foram segmentadas em dois períodos distintos, gerando gráficos combinados que permitem uma boa análise (figura 63).

Figura 63: Os pesquisadores pioneiros – 1953 a 1982

Nota-se que de 1953 a 1982 apenas 10 publicações foram registradas nas bases de dados para este campo específico. Destas dez, três foram documentos de patentes, o que mostra que já no nascedouro a expectativa de apropriação de valor era promissora, pelo que indica a taxa de 30% dos documentos no total de publicações (figura 64).

Figura 64: O interesse se espalha - 1983 a 2010

Se nos primeiros 30 anos (53-82) a geração de conhecimento foi incipiente, nos 29 anos seguintes ele se acelerou bastante sem ainda aparentemente ter se estabilizado. Neste período foram produzidas 368 publicações dos quais 135 foram termos de patentes. Houve um acréscimo de um fator 37 na taxa anual de publicações e de 45 na produção de patentes, fazendo com que a proporção de patentes no total de publicações passasse de 30% para 37%. Estes números confirmam o quão estratégico é este domínio de conhecimentos e quão atrativo ele é para as empresas e instituições de vanguarda na área de radiofarmácia. É interessante observar que a geração de conhecimento e apropriação de valor, mesmo através de patenteamento, marcha quase que em perfeita sincronia como mostra a figura 64.

c. Os maiores *players* nas patentes

Trabalhando a pesquisa apenas nos documentos de patentes e refinando de forma a coletar apenas os autores que aparecem em 4 ou mais documentos de patente, obteve-se o gráfico seguinte (figura 65).

Figura 65: Os líderes de patenteamento

A observação da figura 65 mostra uma mistura de empresas de fármacos e química fina, universidades e pessoas físicas. Várias destas patentes são em parceria de mais de uma empresa e empresas e universidade. Se

tivéssemos a oportunidade de recuperar todos os campos de informação de cada registro das bases de dados acessadas pela WoS seria possível fazer uma análise de redes de patenteamento, o que nos daria uma visão mais profunda de como estão marchando os líderes do estado da arte no desenvolvimento tecnológico neste campo. De qualquer maneira as análises produzidas são suficientes para confirmar a extrema relevância deste item identificado no *roadmapping* e também dar um contorno preciso da estratégia que o IPEN deve adotar em seu desenvolvimento.

d. Pesquisa no *SciFinder*

Para consolidar a evidência da importância dos agentes quelantes, refizemos a pesquisa na base de dados do *SciFinder* da *American Chemical Society* - CAS, cujo acesso só é permitido mediante assinatura. Esta base de dados é mais vasta e completa em termos de acervo do que a WoS previamente utilizada. Cobre referências a mais de 10.000 publicações e relaciona patentes de mais de 61 autoridades de patentes. Segundo informado em seu *site* (CAS, 2011), as referências e patentes são adicionadas imediatamente após sua publicação, com atualização diária.

A pesquisa realizada relacionou quelantes com medicina nuclear, radiofarmácia e radioisótopos (NM RP RI and CH) na base dados de publicações e de patentes.

Os resultados foram consistidos para confirmação da ocorrência da palavra-chave “quelantes” nos campos de título e resumo (abstract). A figura 66 apresenta os resultados obtidos.

Figura 66: Publicações e Patentes sobre quelantes na base de dados SciFinder

Como esperado, tivemos um volume de publicações aproximadamente 160% maior que os registros obtidos na base de dados WoS (992 em relação a 378) e as patentes representam em torno de 41% deste total acumulado até o ano de 2010. Pelo gráfico da figura 66, observamos uma tendência de crescimento das publicações a partir de 1986, com algumas flutuações. O pico foi atingido em 2007 com 61 publicações. O comportamento das patentes é similar. Contudo, houve um pequeno “*delay*” para aparecerem as primeiras patentes (1966). No ano de 2002, as patentes até ultrapassaram a quantidade de publicações. Entretanto percebemos a grande importância deste domínio de conhecimento, sendo que a DIRF não pode deixar de participar desta área de pesquisa e desenvolvimento, seja internamente ou através de parcerias com outras organizações.

A figura 67 apresenta a origem das patentes registradas nos órgãos responsáveis.

Figura 67: Origem das Patentes de quelantes na base de dados do SciFinder

Percebemos que há uma diversidade de países com patentes, com destaque para os EUA (23,34%). Alemanha (3,19%) e Japão (2,21%) possuem também uma contribuição diferenciada. O estudo apresenta também a contribuição de patentes atribuídas à Europa (7,13%) e ao Mundo (57,49%). Obviamente, este fato mascara um pouco os dados relacionados com os países individualizados, pois, não sabemos se há alguma redundância nos números ou se trata de patentes adicionais. De qualquer maneira, esta distribuição evidencia a importância da área de conhecimento e conforme vimos, a quantidade de patentes tende a crescer.

e. Pesquisas adicionais

Após termos analisado a relevância da tecnologia dos agentes quelantes bifuncionais, pesquisamos outro domínio de pesquisa promissor que é relacionado à marcação de peptídeos na radiofarmácia, utilizando o argumento de pesquisa (peptide* and radio*). A figura 68 mostra a evolução das publicações e patentes relacionadas a esta pesquisa.

Figura 68: Publicações e patentes relacionadas a peptídeos

Notamos que até o ano de 1990 tivemos um discreto crescimento, ou seja, havia um total acumulado de 240 publicações, representando apenas 5,4% do total até o ano de 2010. A partir de 1991 houve um crescimento significativo demonstrando a grande relevância desta tecnologia. Este volume continua se mantendo, com pequenas flutuações, até o ano de 2010, somando 4.464 publicações acumuladas.

Em relação às patentes, tínhamos até 1990 um total de 137 patentes, representando um percentual significativo de 57% em relação às publicações referentes e 17,8% relativamente ao total geral acumulado de patentes (768) até o ano de 2010. Em termos gerais, as patentes representam até hoje em torno de 17,2% do total acumulado de publicações. Se compararmos os resultados obtidos com a pesquisa de agentes quelantes, na mesma base de dados da WoS, notamos que o volume de publicações relacionadas a peptídeos é 7,86 vezes maior e as

patentes correspondem a um fator de 5,56 vezes. Portanto, concluímos que apesar dos dois domínios de conhecimento serem altamente estratégicos, as pesquisas relacionadas aos peptídeos despertam muito mais interesse nos meios científicos e têm gerado um maior número de patentes.

Portanto, este domínio de conhecimento é também estratégico e deve ser considerado pelas instituições da área de radiofarmácia em seus planejamentos.

Em relação a futuros geradores, escolhemos o gerador de Rubídio ^{82}Rb , citado na literatura como muito promissor e indicado em nossas reuniões como algo não muito distante da base tecnológica dominada pela DIRF. Na figura 69, notamos que temos poucas publicações a respeito desde o ano de 1975 até 2010 (um total acumulado de 62), com pequenas flutuações. Contudo, nos parece ser um domínio de conhecimento que, apesar de incipiente, ainda em evolução. O número de patentes é muito pequeno (apenas 3), o que parece indicar um domínio difícil de ser protegido. De qualquer modo, isto sugere que não haja muita preocupação para a DIRF desenvolver esta tecnologia devido a impedimentos legais.

Figura 69: Publicações e Patentes a respeito do Gerador de Rubídio

f. Comentários Gerais:

A aplicação do processo de detecção de frentes emergentes de pesquisa e os resultados obtidos em nossas pesquisas nos bancos de dados do WoS confirmam as tendências tecnológicas levantadas em reuniões com a DIRF e em consultas

bibliográficas efetuadas. De modo geral, podemos destacar que entre os direcionadores de tecnologia a serem considerados, surgem fortes desenvolvimentos das técnicas de marcação de peptídeos e desenvolvimento de agentes quelantes bifuncionais, sendo este último em plena efervescência e com um elevado percentual de patentes relativamente ao número total de publicações. Vale lembrar a sinergia entre estes dois tópicos, visto que a marcação de peptídeos também utiliza agentes quelantes. Os mesmos serão incluídos na camada de tecnologia do *roadmap* desenvolvido na figura 61.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado visou basicamente o desenvolvimento de uma nova metodologia de planejamento estratégico a ser aplicada à DIRF do IPEN-CNEN/SP.

A metodologia de *Technology Roadmapping* (TRM) e sua aplicação prática T-PLAN, apresentada por PHAAL et al (2001b) serviu de base para desenvolver um processo de mapeamento customizado. Uma simplificação da técnica de detecção de frentes emergentes de pesquisa (DFEP) foi utilizada como forma de confirmar tendências e apostas surgidas no *roadmapping*. Esta técnica, como se baseia em informações externas colhidas em bases dados de amplo espectro, pode realmente confirmar ou refutar, com bom grau de confiabilidade, os resultados do *roadmapping* que são na sua maior parte de geração endógena.

Uma grande dificuldade imposta por esta pesquisa foi a grande variedade e complexidade do portfólio de produtos da organização focada. Nas pesquisas realizadas não identificamos nenhum caso de *roadmapping* envolvendo uma situação similar. Portanto, nossa exemplificação da aplicação do método criado foi feita de forma parcial, sem pretensão de cobrir todos os itens do planejamento da DIRF. Contudo, toda a generalidade e especificidades do método foram testadas na aplicação executada.

Outra consideração envolve o levantamento de dados e as entrevistas realizadas junto à DIRF. Apesar da grande colaboração oferecida, o processo de *roadmapping* demandaria reunir toda a direção e gerência da unidade em estudo por um período relativamente longo de algumas semanas (de acordo com o processo T-Plan), o que é inviável do ponto de vista prático na atual situação. Destacamos o fato da disponibilização de documentos e dados estatísticos fornecidos pela DIRF, notadamente o plano de ação de atualização anual, que foram de grande valia em nosso estudo.

Comparando os objetivos propostos, o método elaborado e a aplicação feita, concluímos que nosso objetivo foi plenamente alcançado.

O trabalho realizado foi totalmente inovador e acreditamos de grande valia. Apesar das técnicas de mapeamento tecnológico não serem recentes, nunca

foram aplicadas à radiofarmácia, nem foram convalidadas pela aplicação da técnica de Detecção de Frentes Emergentes de Pesquisa (DFEP), que, por sua vez, é um processo relativamente recente (SHIBATA et al, 2008).

Em relação à aplicação da técnica de DFEP para a confirmação de resultados obtidos através da metodologia de TRM, não pudemos recuperar todos os campos de informação de cada registro das bases de dados acessadas pela base de dados utilizada (*Web of Science*) por problemas de licenciamento do software associado. Isto, de certa maneira, limitou um pouco a análise mais apurada das redes de patenteamento, pois não elaboramos as redes de citação, nem fizemos sua análise morfológica. Foi, portanto, aplicada uma técnica simplificada e adaptada de detecção de frentes emergentes de pesquisa.

Entretanto, as análises realizadas são adequadas para confirmar a extrema relevância das considerações tecnológicas evidenciadas no mapeamento, colaborando na identificação das estratégias que o IPEN deve adotar em seu desenvolvimento.

A pesquisa gerou um processo estruturado representado através de um fluxograma na tabela 6, no qual as diversas etapas foram identificadas.

Para dar subsídio à coleta de dados referentes a algumas etapas do processo, criaram-se alguns formulários e tabelas específicos de suporte.

O *roadmap* elaborado, cujo objetivo é dar apoio ao planejamento estratégico da DIRF, identifica os direcionadores essenciais de negócio e mercado. Além disso, foram selecionados dois produtos prioritários (gerador de Tc e iodeto de sódio ^{131}I) do atual portfólio e outros dois que foram identificados como apostas promissoras para o futuro (novas moléculas marcadas de ^{18}F , e geradores de ^{82}Sr e ^{82}Rb) para constar da camada de produtos estudados do *roadmap*.

Os direcionadores da tecnologia foram também levantados e procurou-se mostrar no *roadmap* suas influências no desenvolvimento e evolução dos produtos representados.

Uma adaptação do processo de detecção de frentes emergentes de pesquisa (DFEP) foi utilizada a fim de procurar consolidar os direcionadores tecnológicos, comprovando a relevância das pesquisas nos agentes quelantes bifuncionais e na marcação de peptídeos em geral. Uma pesquisa com expressões booleanas envolvendo palavras-chaves pertinentes e relacionadas ao assunto foi realizada na base de dados de publicações e patentes da *Web of Science*, obtendo uma grande quantidade de registros. Este resultado da pesquisa foi filtrado e tabulado com o Excel (ferramenta de planilha eletrônica). Posteriormente, gráficos foram obtidos para apresentar os resultados e mostrar tendências.

Ressaltamos também a possibilidade de aprimorar o roadmap com base neste processo de DFEP adaptado, através de uma atividade interativa.

Os dados de apoio a esta pesquisa foram basicamente obtidos de três fontes integradas que são a bibliografia geral da área de radiofarmácia e medicina nuclear, documentação fornecida pela DIRF, e principalmente reuniões realizadas com a gerência da DIRF.

Futuramente, seria de grande valia aplicar a metodologia customizada desenvolvida e realizar a implementação da mesma na DIRF, com a participação de todas as áreas envolvidas, a fim de tornar este processo de planejamento estratégico um método rotineiro de suporte às decisões a curto, médio e longo prazos.

Como recomendação de futuras pesquisas, sugerimos que se adquira a licença da base de dados do WoS, a fim de termos dados mais completos e podermos elaborar as redes de citação e intercitação para realizar uma análise mais apurada dos resultados da pesquisa. Outra recomendação é a possível aplicação da metodologia apresentada em outras áreas do IPEN. Sugerimos também fazer um *roadmap* mais amplo e detalhado na DIRF, com envolvimento de toda a gerência e ampliação da camada de produtos mapeados.

ANEXO 1: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA DIRF

ANEXO 1: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA DIRF

A seguir, temos um levantamento da *evolução* da produção dos principais radioisótopos e radiofármacos da DIRF no período de 2000 a 2009:

Figura 70: Evolução da Distribuição do Flúor

Fonte: DIRF – 2010

Figura 71: Evolução da Distribuição do Gerador de Tecnécio

Fonte: DIRF – 2010

Figura 72: Evolução da Distribuição Total de Iodo 131

Fonte: DIRF – 2010

Figura 73: Evolução da Distribuição de Gálio-67

Fonte: DIRF – 2010

Figura 74: Evolução da Distribuição de Kits Liofilizados

Fonte: DIRF – 2010

Figura 75: Evolução da Distribuição de Tório-201

Fonte: DIRF – 2010

Figura 76: Evolução da Distribuição de Substâncias Marcadas

Fonte: DIRF – 2010

**ANEXO 2: PRODUTOS E SERVIÇOS COMERCIALIZADOS PELO IPEN -
CNEN/SP**

ANEXO 2: PRODUTOS E SERVIÇOS COMERCIALIZADOS PELO IPEN - CNEN/SP

PRODUTOS COMERCIALIZADOS PELO IPEN - CNEN/SP

Nome do Grupo / Produto	Descrição	Aplicação
Radioisótopo GERADOR DE TECNÉCIO - 99mTc	Molibdato de sódio adsorvido em suporte de alumina: características do eluido: Pertecnetato de sódio obtido por eluição com solução de NaCl 0,9%. Solução límpida, incolor, isotônica, estéril, apirogênica, injetável.	Medicina Nuclear Localização de lesões cerebrais, estudos da tireóide, imagens de glândulas salivares e cintilografia gástrica; Atividades: 250mCi, 500mCi, 750mCi, 1000mCi, 1250mCi, 1500mCi e 2000mCi.
Radioisótopo IODETO DE SÓDIO – I -131	Iodeto de Sódio em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não estéril, não injetável.	Medicina Nuclear Estudo de função tireoidiana.
Radioisótopo IODETO DE SÓDIO – I – 131 CÁPSULA	Cápsula de gelatina contendo iodeto de sódio, livre de carregador.	Medicina Nuclear Terapia de Câncer de tireóide e hipertireoidismo.
Radioisótopo IODETO DE SÓDIO – I -123	Iodeto de Sódio em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não estéril, não injetável.	Medicina Nuclear Estudo de função tireoidiana.
Radioisótopo ÁCIDO FOSFÓRICO - FÓSFORO - P-32	Ácido ortofosfórico em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não injetável.	Medicina Nuclear Biotecnologia, Pesquisa Pesquisa na área de biotecnologia.
Radioisótopo FOSFATO DE SÓDIO FÓSFORO – P - 32	Fosfato de Sódio em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não injetável.	Medicina Nuclear Biotecnologia. Tratamento de policitemia vera (quando a solução for estéril).
Radioisótopo CLORETO DE TÁLIO – TI -201	Solução aquosa, límpida, incolor, estéril, isotônica e injetável.	Medicina Nuclear Imagem cardíaca; avaliação do nível de lesão no músculo cardíaco em repouso e em exercício.
Radioisótopo SULFATO DE SÓDIO – S - 35	Sulfato de sódio em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não injetável.	Agricultura, Biotecnologia, Pesquisa. Agricultura e estudos metabólicos.
Radioisótopo ÁCIDO SULFÚRICO - S – 35	Ácido Sulfúrico em solução aquosa, límpida, incolor, não isotônica, não injetável.	Medicina Nuclear, Agricultura e estudos metabólicos especialmente colágenos.
Radioisótopo CROMATO DE SÓDIO – CROMIO - 51	Cromato de Sódio em solução aquosa, límpida, isotônica, estéril, apirogênica, injetável.	Medicina Nuclear Marcação de eritrócitos. Gamagrafia esplênica.
Radioisótopo CITRATO DE GÁLIO - GÁLIO-67	Citrato de Gálio em solução aquosa, límpida, incolor, isotônica, injetável.	Medicina Nuclear Localização de tumores em tecido mole e lesões inflamatórias.

Radiofármaco METAIODOBENZILGUANIDINA – I -131 - MIBG-I-131	Solução aquosa, límpida, incolor, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Cintilografias de feocromocitomas e neuroblastomas.
Radiofármaco METAIODOBENZILGUANIDINA - I-123 - MIBG-I-123	Solução aquosa, límpida, incolor, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear. Cintilografias de tumores da supra- renal e feocromocitomas – neuroblastomas.
Radiofármaco SOROALBUMINA HUMANO – I-131 SAH	Soro Albumina Humano em solução aquosa, límpida, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Determinação de volume plasmático e sanguíneo.
Radiofármaco HIPURAN – I -131	O-Iodo-hippurato de sódio em solução aquosa, límpida, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Estudo da função renal.
Radiofármaco LIPIODOL – I – 131	Solução límpida, oleosa, estéril e livre de pirogênio.	Medicina Nuclear Terapia de hepatomas.
Radiofármaco EDTA - Cr - 51	Sal de Crômio III do Ácido Etilenodiamintetracético. Solução aquosa, límpida, cor azul, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Determinação de taxa de filtração glomerular.
Radiofármaco SOROALBUMINA HUMANO - Cr - 51	Solução aquosa, límpida, cor ligeiramente amarelada, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Estudo da perda de proteína gastrointestinal.
Radiofármaco EDTMP – SAMÁRIO – 153	Solução aquosa, límpida, incolor, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Alívio das dores produzidas por metástase óssea. Dose terapêutica de 70 a 100 mCi.
Radiofármaco HIDROXIAPATITA – Sm-153	Solução opalescente, esbranquiçada, estéril e livre de pirogênio.	Medicina Nuclear Tratamento de artrite reumatóide.
Radiofármaco FLUORDEOXIGLICOSE – FDG - FLUOR - 18	Solução aquosa, límpida, incolor, isotônica, estéril, apirogena, injetável.	Medicina Nuclear Diagnóstico de funções cardíacas e de câncer de mama, linfoma, câncer de pulmão.
Radiofármaco OCTREOTIDEO – DTPA – In-111	Solução aquosa, límpida, incolor, estéril, isotônica e injetável.	Medicina Nuclear Estudo de Tumores neuroendócrinos e outros tipos de câncer como linfoma, rim, pulmão, cérebro e mama.
Radiofármaco HIDROXIAPATITA – Y - 90	Solução opalescente, esbranquiçada, estéril e livre de pirogênio.	Medicina Nuclear Tratamento de artrite reumatóide.

Radiofármaco FIOS DE IRÍDIO – 192	Fio de irídio/platina (20/80) com revestimento de platina, flexível, com diâmetro de 0,3 mm e 48 cm de comprimento. Atividade linear de 1 mCi/cm a 4 mCi/cm.	Medicina Nuclear Os fios podem ser facilmente cortados no comprimento requerido para cada aplicação. Utilizados em braquiterapia intersticial em implantes temporários para vários tipos de tumores: cavidade oral, pescoço, mama, colo de útero, cérebro, próstata e outros.
Radiofármaco DOTA-OCTREOTATE - Lu-177	Solução aquosa, límpida, incolor, estéril, isotônica e injetável.	Medicina Nuclear. Tratamento de tumores neuroendócrinos e outros tipos de câncer como linfoma, rim, pulmão, cérebro e mama.
Radiofármaco SEMENTES DE IODO - 125	Cápsula de titânio de 4,5mm de comprimento por 0,8mm de diâmetro, contendo Iodo-125. Atividade de 0, 213 a 0, 483 mCi.	Medicina Nuclear Tratamento de câncer de próstata.
Radiofármaco SEMENTES DE IODO-125 EM CORDA	Cápsula de titânio de 4,5mm de comprimento por 0,8mm de diâmetro, contendo Iodo-125. Atividade de 0, 213 a 0, 483 mCi, em corda, conjunto contendo 10 unidades.	Medicina Nuclear Tratamento de câncer de próstata.
Kit Liofilizado GLUCOHEPTONATO DE CÁLCIO - GHA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal e cerebral.
Kit Liofilizado SOROALBUMINA HUMANO – HSA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudos circulatórios e cintilografia de placenta.
Kit Liofilizado DEXTRAN 500	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo do sistema linfático.
Kit Liofilizado DEXTRAN 70	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Estudo do sistema linfático.
Kit Liofilizado ÁCIDO DIISOPROPILIMINODIACÉTICO DISIDA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia hepatobiliar.
Kit Liofilizado ÁCIDO DIMERCAPTOSUCCÍNICO DMSA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirogena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal.

Kit Liofilizado ÁCIDO DIETILENOTRIAMINO PENTACÉTICO DTPA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Cintilografia renal e cerebral.
Kit Liofilizado ETILENODISCISTEÍNA - EC	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Estudo da função renal.
Kit Liofilizado ETILENODICISTEÍNA DIETIL ÉSTER – ECD	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Estudo de perfusão cerebral.
Kit Liofilizado ESTANHO COLOIDAL – Sn Col	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear. Cintilografia hepato-esplênica.
Kit Liofilizado FITATO DE SÓDIO – FITATO	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Cintilografia hepática.
Kit Liofilizado MACROAGREGADO DE SOROALBUMINA HUMANO – MAA	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Cintilografia pulmonar.
Kit Liofilizado METILENO DIFOSFONATO DE SÓDIO – MDP	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Cintilografia óssea.
Kit Liofilizado PIROFOSFATO DE SÓDIO – PIRO	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Cintilografia óssea, diagnóstico do enfarte agudo do miocárdio, marcação de hemácias "in vivo".
Kit Liofilizado SOROALBUMINA HUMANO – SAH	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Pool sanguíneo e Ventriculografia.
Kit Liofilizado METOXIISOBUTILISONITRILA- MIBI	Sob a forma liofilizada, estéril e apirógena.	Medicina Nuclear Imagem cardíaca, avaliação de perfusão do miocárdio e detecção de tumores de mama e para tireóide.
Outros Produtos CAIXA DE VIDRO DE SOLUÇÃO ELUENTE	Caixa contendo 13 frascos de vidro tipo penicilina, cada frasco contendo 6 ml de solução fisiológica.	Medicina Nuclear Eluição do Gerador de Tecnécio.
Outros Produtos CAIXA DE VIDRO A VÁCUO	Caixa contendo 13 frascos de vidro tipo penicilina a vácuo.	Medicina Nuclear Eluição do Gerador de Tecnécio.
Materiais NITRATO DE TÓRIO	Nitrato de tório empobrecido, em solução aquosa.	Indústria Fabricação de camisas incandescentes para lâmpadas de gás. Este material também tem aplicação como componente na fabricação de refratários cerâmicos.

Materiais ÓXIDO DE ZIRCÔNIO	Microesferas de óxido de zircônio.	Indústria Química, Metalúrgica, etc. Sensores de oxigênio, cadinhos para fundição de metais refratários; isolantes de alta voltagem, dispositivos para radar, capacitores e porcelanas dielétricas, materiais piezoelétricos, elementos de resistência de fornos, vidrados, esmaltes refratários, pigmentos, catalisadores, velas de ignição, sensor de gás e ferramentas de corte.
Materiais PASTILHA DE CaSO_4	Sulfato de cálcio dosimétrico na forma de pastilhas sinterizadas.	Indústria, Medicina, Pesquisa. Monitoração pessoal, ambiental e de área, bem como em pesquisas, datação e outras aplicações.
Materiais CaSO_4 NA FORMA DE PÓ	Sulfato de cálcio dosimétrico na forma de pó.	Indústria, Medicina, Pesquisa. Monitoração pessoal, ambiental e de área, bem como em pesquisas, datação e outras aplicações.
Fonte Radioativa COBALTO – 60	Fonte radioativa contendo Cobalto-60.	Indústria Química, Siderúrgicas, Papel e Papelão, Bebidas, etc. Destinadas a indicar a presença ou espessura de algum material por meio da maior ou menor absorção dos raios gamas emitido. USO: controle de desgaste de refratários de alto forno, verificação da densidade e vazão de sólidos, controle de nível.
Fonte Radioativa COBALTO - 57	Fonte radioativa contendo Cobalto-57.	Indústria e Medicina Nuclear. Fonte de aferição.
Fonte Radioativa BÁRIO – 133	Fonte radioativa contendo Bário-133.	Indústria e Medicina Nuclear. Fonte de aferição.
Fonte Radioativa CÉSIO - 137	Fonte radioativa contendo Césio-137.	Indústria e Medicina Nuclear. Fonte de aferição.
Fonte Radioativa IRÍDIO-192	Fonte radioativa de Irídio-192, seladas em cápsula de aço, soldada a um cabo flexível com engate especial.	Indústria Petroquímica e Naval Execução de radiografias de solda em peças de aço, por meio da sensibilização de filmes fotográfico via radiação gama emitida pelo irídio.

SERVIÇOS COMERCIALIZADOS PELO IPEN - CNEN/SP

Nome do Grupo / Serviço	Descrição	Aplicação
Irradiações IRRADIAÇÃO POR ELÉTRONS	Irradiação por elétrons com acelerador, energia até 1,5MeV, corrente até 25mA e largura útil de até 120cm.	Indústria de Fios e Cabos Alterar as características fitoquímicas do material de revestimento dos fios e cabos.
Irradiações IRRADIAÇÃO POR NÊUTRONS	Irradiação por nêutrons utilizando o Reator IEA-R1m (fluxo de 10E12nv), utilizando cápsula contendo alvos a serem irradiados.	Indústria, Medicina, Pesquisa.
Irradiações IRRADIAÇÃO POR PRÓTONS	Irradiação por prótons utilizando o acelerador Ciclotron.	Indústria, Medicina, Pesquisa.
Irradiações IRRADIAÇÃO POR RAIOS GAMA	Irradiador panorâmico de Co-60.	Indústria, Medicina, Pesquisa Amostras para ensaios de dosimetria gama, esterilização, desinfestação, desenvolvimento de novos produtos ou novas técnicas de tratamento de materiais.
Monitoração Pessoal DOSIMETRIA PESSOAL	Dosimetria pessoal utilizando pastilhas de sulfato de cálcio dosimétrico (CaSO ₄ : Dy): Implantação dos Serviços.	Indústria, Medicina Pesquisa Avaliação da dose de radiação no indivíduo que trabalha em local passível de liberação de efluentes radioativos líquidos e gasosos gerados em instalações radioativas e nucleares.
Monitoração Pessoal RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA	Calibrações, análises radiométricas e monitoração individual, ocupacional e ambiental. Consultorias (com ou sem transferência de tecnologia).	Indústria, Medicina, Pesquisa.
Calibração de Instrumentos CANETA DOSIMÉTRICA	Avaliação de dose de radiação no indivíduo, decorrente do uso de fontes radioativas.	Indústria, Medicina, Pesquisa.
Calibração de Instrumentos DOSÍMETRO SONORO	Avaliação de dose de radiação no ambiente, decorrente do uso de fontes radioativas.	Indústria, Medicina, Pesquisa.
Calibração de Instrumentos MONITORES DE RADIAÇÃO: 1 ESCALA 2 ESCALAS 3 ESCALAS 4 ESCALAS 5 ESCALAS 6 ESCALAS 7 ESCALAS 8 ESCALAS 9 ESCALAS	Avaliação de dose de radiação no ambiente, decorrente do uso de fontes radioativas.	Indústria, Medicina, Pesquisa.

Calibração de Instrumentos DOSÍMETRO CLÍNICO 1 ESCALA 2 ESCALAS 3 ESCALAS 4 ESCALAS	Avaliação de dose de radiação no ambiente, decorrente do uso de fontes radioativas.	Medicina.
Análise ANÁLISE RADIOMÉTRICA	Análise de alimentos e outros produtos com emissão de certificados de análise radiométrica para fins de exportação e importação.	Indústria, Órgãos Públicos, Pesquisa.
Análise ANÁLISE DE GENOTOXICIDADE	Análise de Genotoxicidade por intermédio da técnica de Micronúcleo.	Indústria, Pesquisa.
Análise ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS	Determinação de urânio e tório em amostras ambientais, estudo da contaminação de alimentos, análises de terras raras em rochas, aplicações em criminalística.	Mineradoras, Indústria de Alimentos, Instituições de Pesquisa.
Análise TESTE DE ESFREGAÇO	Serviço que mede níveis de contaminação em superfícies, contaminação em instalações onde existem fontes de radiação.	Indústria de Mineração, Hospitais, Clínicas Médicas e Radiológicas, Institutos de Pesquisas, Universidades, etc.
Análise ANÁLISE INSTRUMENTAL MULTIELEMENTAR	Determinação de atividade alfa e beta total em amostras de água. Até 08 elementos.	Indústria, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.
Análise CONTADOR DE CORPO INTEIRO	Contador de Corpo Inteiro: I-131 – Tireóide I-123 – Tireóide I-125 – Tireóide Radiação de alta energia – Corpo Inteiro Am-241 – Crânio Am-241 – Pulmão A m-241 – Fígado U natural – Pulmão U-235 – Pulmão Ra-226 – Pulmão Ra-226 – Joelho Th-232 – Pulmão Th-232 – Crânio Pu-239 – Pulmão	Indústria Nuclear, Instituições de Pesquisa.
Análise ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA	Para a determinação de tório natural.	Indústria, Medicina, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.
Análise ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA ALFA	Para a determinação de isótopos de urânio e tório.	Indústria, Medicina, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.

Análise ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA GAMA	Para a determinação de Cs-134, Cs-137 e I-131 Para a determinação de radionuclídeos naturais.	Indústria, Medicina, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.
Análise ANÁLISE POR FLUOROMETRIA	Para a determinação de urânio natural.	Indústria, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.
Análise ANÁLISE RADIOQUÍMICA	Determinação Alfa total e Beta total Para a determinação de Ra-226, Ra- 228 e Chumbo 210 Estrôncio 90	Indústria, Pesquisa, Entidades ligadas ao meio ambiente.
Tratamento de Rejeitos REJEITOS RADIOATIVOS	Recebimento, tratamento e armazenamento provisório de rejeitos radioativos, bem como a recepção e deposição final de rejeitos, de forma planejada ou a pedido.	Indústria, Medicina, Pesquisa.
ESTUDOS PARA A APLICAÇÃO DE RADIOISÓTOPOS	Serviço de aplicações de radioisótopos para estudos e análises nas áreas de: meio ambiente, saúde, agropecuária, engenharia e indústria. Consultorias (com ou sem transferência de tecnologia).	Indústria, Entidades ligadas ao meio ambiente, Medicina, Agropecuária, etc.
ESTUDOS DE PROCESSOS INDUSTRIAIS COM APLICAÇÕES DE TÉCNICAS NUCLEARES	Aplicações de engenharia nuclear de técnicas na avaliação de equipamentos e processos industriais. Consultoria (com ou sem transferência de tecnologia).	Indústria de Petróleo, Papel e Celulose, Vidro, Cimento e Geração ou Conservação de energia.
ESTUDOS DE PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS COM APLICAÇÕES DE TÉCNICAS NUCLEARES	Aplicações de engenharia química nuclear na avaliação de equipamentos e processo químico industrial. Consultoria (com ou sem transferência de tecnologia).	Indústria Química, de Petróleo, Papel e Celulose, Vidro, Cimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCQ – Associação Brasileira de Controle de Qualidade. **Indicadores, Objetivos e Metas para a Qualidade**, obtido em <<http://www.abcq.org.br/>> e acessado em 24/04/2010.

ANDERSON, C. J. Metabolism of Radiometal - Labeled Proteins and Peptides: What are the Real Radiopharmaceuticals in vivo? **CANCER BIOTHERAPY & RADIOPHARMACEUTICALS** V. 16, N. 6, 2001.

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BARABÁSI, A. L. **Linked – How Everything is Connected to Everything else and what it means for Business, Science and Everyday Life**. Cambridge: Plume, 2003.

BARNES, J.A. **Social Networks**. Cambridge: Module 26, p.1-29, 1987.

BARROSO, A. C. O. **Material de Apresentação e Notas de Aula** dos cursos de Pós-Graduação em Gestão do Conhecimento TNA-5773 e TNA-5776, realizados no IPEN - CNEN/SP em 2005

BLASBERG, R. G. Imaging Update: NewWindows, NewViews. **Clinical Cancer Research** 2007;13:3444-3448. Publicado online em 15 de junho de 2007
DOI:10.1158/1078-0432.CCR-07-0936

BOCCALETTI, S. et al Complex Networks: Structure and Dynamics. **Physics Reports** 424 (2006) 175 – 308. Disponível online em <www.sciencedirect.com> e acessado em 3/3/2010.

BUREAU OF ECONOMIC AND BUSINESS RESEARCH **Social Network Analysis Encyclopedia Entry**. Disponível em <http://www.bibr.ufl.edu/system/files/SNA_Encyclopedia_Entry_0.pdf> e acesso em 06/03/2010.

CAS **SciFinder for Academics**. Disponível em <<http://www.cas.org/products/sfacad/index.html>> e acesso em 01/02/2011.

CAWKELL, A. E. Science Citation Index: Effectiveness in locating articles in the anaesthetics field: 'Perturbation of ion transport'. **British Journal of Anaesthesia**, 43:814, 1971.

COLONOMOS, A. Emergence d'un objet et perspectives internationalistes. In.: CHARILLON, F. et al. **Sociologie des réseaux transnationaux**. Paris: Editions L'Harmattan, 1995.

CRANE, D. **Invisible colleges**. Chicago: Chicago University Press, 1972.

CROSS, R. L.; PARKER, A. ***The hidden power of social networks – Understanding how work really gets done in organizations***. Harvard Business School Press, 2004.

DAVENPORT, T. H. ***Ecologia da Informação - Por Que Só a Tecnologia não Basta para o Sucesso***. São Paulo: Ed. Futura, 1998.

DOE (2007). ***New Frontiers of Science - DOE Fueling the Future of Nuclear Medicine***: Final report on the meeting disponível em <www.sc.doe.gov/program/reports/FrontierSept07WorkshopAgendaandreportfinal> e acesso em 01/02/2011

DRUCKER, P. F. ***The New Realities***. 2a. ed. New Jersey: Transaction Publishers, 2003.

DRUCKER, P. F. ***Administrando para o Futuro: os Anos 90 e a Virada do Século***. São Paulo: CENGAGE Learning, 2003.

FLEISHER, C. S. & BENSOUSSAN, B. ***Strategic and Competitive Analysis: Methods and Techniques for Analyzing Business Competition***. USA: Prentice Hall, 2002.

FULD, L. M. ***Competitor Intelligence: How to Get It, How to Use It***. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 1985.

GARCIA, M. L., BRAY, O. H. ***Fundamentals of Technology Roadmapping***. Sandia National Laboratories, New Mexico, USA, 1997. Disponível em: <<http://www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia'sFundamentalsofTech.pdf>>. Acesso em jul 2009.

GARFIELD, E. ***Citation indexing its theory and applications in science, technology and humanities***. New York: Wiley, 1979.

GEORGHIOU, L et al ***The Handbook of Technology Foresight***. US: Edward Elgar Publishing Inc., 2008.

GILAD, B. ***Business Intelligence System: A New Tool for Competitive Advantage***. US: Amacom Books, 1988.

IAEA ***Nuclear medicine resources manual***. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2006. Disponível em <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1198_web.pdf> e acesso em jan. 2011.

IPEN - CNEN/SP – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. ***Produtos e Serviços Comercializados pelo IPEN - CNEN/SP***. Disponível em <[www.IPEN - CNEN/SP.br/.../201009101032310.IPEN - CNEN/SP_produtos_servicos_082010.doc](http://www.IPEN-CNEN/SP.br/.../201009101032310.IPEN-CNEN/SP_produtos_servicos_082010.doc)> e acessado em 01/10/2010>.

IPEN - CNEN/SP – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. ***Catálogo de Produtos***. Dezembro/2007.

KAHANER, L. **Competitive Intelligence**. New York: Simon & Schuster, 1997.

KLEINER, A. **Karen Stephenson's Quantum Theory of Trust**. Strategy Business Review No. 29, 2007.

KIM, W. C.; MAUBORGNE, R. **Blue Ocean Strategy**. HBS Press, 2005.

KOGUT, B.; ZANDER, U. Knowledge of the Firm and the Evolutionary Theory of the Multinational Corporation. **Journal of International Business Studies**, Fourth Quarter, 625-645, 1993.

KROHN, K.A. **Handouts for Lecture 6** - Nuclear Chemistry Laboratory Department of Chemistry University of Washington 2007 disponível em <http://depts.washington.edu/chemcrs/bulkdisk/chem410A_spr07/handout_Lect_6_Nucl_Med_Tc_Chem.pdf> e acesso em 10/01/2010

LEVER, S. Z.; WAGNER, H. N. J. The Status and Future of Technetium-99m Radiopharmaceuticals in **Chemistry and Nuclear Medicine** 3; NICOLINI, M., 1996;

LIU, S. Radiolabeled Cyclic RGD Peptides as Integrin $\alpha_v\beta_3$ -Targeted Radiotracers: Maximizing Binding Affinity via Bivalency. **Bioconjugate Chemistry**. Vol. 20, No. 12, 2009

LUSSATO, B. **La Théorie de L'Empreinte**. Paris: ESF, 1991.

MARTIN, B. R. Foresight in Science and Technology, **Technology Analysis and Strategic Management** 7, 139–68 (1995).

MEARES, C.F. et al. **Analytical Biochemistry**. Elsevier, 1984, 142, 68.

METZ, J. et al Redes Complexas: Conceitos e Aplicações. **Relatório técnico do ICMC** N°. 290. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MILES, I. et al **Handbook of Knowledge Society Foresight**. REST and FFRC, 2002.

NEWMAN, M. E. J.; BRABÁSI, A.L.; WATTS, D. J. **The Structure and Dynamics of Networks**. Princeton University Press, 2006.

NEWMAN, M. The structure and function of complex networks. **SIAM Review**, volume 45. pages 167–256, 2003.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa: Como as empresas Japonesas geram a dinâmica da inovação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1995.

NONAKA, I. A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation, **Organization Science** Vol. 5, No. 1, Fevereiro 1994.

NÚCLEO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DA UFSC **Inteligência Competitiva**. Download de <<http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/disciplinas/tico/Apostila-portugues.pdf>> e acesso em julho de 2009.

PARREIRAS, F. S. et al REDECI: colaboração e produção científica em ciência da informação no Brasil. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, Vol. 2, No. 1, 2007.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Characterisation of technology roadmaps: purpose and format. in: D.F. Kocaoglu, T.R. Anderson (Eds.), **Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology** (PICMET), Portland OR, 29th July–2nd August, IEEE, Piscataway, NJ, 2001a, pp. 367–374

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. **T-Plan – the fast start to technology roadmapping: planning your route to success**. Institute for Manufacturing, University of Cambridge, UK, 2001b.

PHAAL, R; FARRUKH, C.: PROBERT, D. **Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives**. Cambridge University: Centre for Technology Management, 2001c.

PHAAL, R; FARRUKH, C.: PROBERT, D. **Customizing Roadmapping**, Research Technology Management, March/Apr 2004.

PHAAL, R; FARRUKH, C.: PROBERT, D. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting & Social Change** 71, 2004.

PHAAL, R. **Technology Roadmapping**. Cambridge University: Centre for Technology Management, 2005.

PINKERTON, T, C.; DESILETS, C. P.; HOCH, D. J.; MIKELSONS, M. V.; WILSON, G. M. Bioinorganic activity of technetium radiopharmaceuticals in **Journal of Chemical Education**. 1985, 62 (11), p. 965.

PORTER, Alan L. QTIP: Quick technology intelligence processes. **Technological Forecasting & Social Change** 72 (2005) 1070–1081

PORTER, M, **Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors**. 1a. Ed. US: Free Press, 1980.

PRICE, D. de SOLA. **Little Science, Big Science**. New York: Columbia University Press, 1973.

PUTNAM, R. D. **Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community**. New York: Ed. Simon e Schuster, 2000.

RECUERO, R. e ZAGO, G. **Em Busca das Redes que Importam: Redes Sociais e Capital Social no Twitter**. Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação – Compós, 2009.

RECUERO, R. **Redes Sociais na Internet**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2009.

SCIP - Society of Competitive Intelligence Professionals Chronological and Categorized Bibliography of Key Competitive Intelligence Scholarship: Part I (1997-Present) **Journal of Competitive Intelligence and Management**. Vol. 01 No. 01. download em <www.scip.org> e acesso em jul 2009.

SHERER-WARREN, I. **Redes de Movimentos Sociais**. 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Edições Loyola, 2005

SHI, Xiaolin; TSENG, Belle; ADAMIC, Lada **Information Diffusion in Computer Science Citation Network**. Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2009.

SHIBATA N. et al Detecting emerging research fronts on topological measures in citation networks of scientific publications. **Technovation** 28 (2008), 758-775

SPENDER, J. C. Competitive Advantage from Tacit Knowledge? Unpacking the Concept and its Strategic Implications. in Moingeon, B., Edmondson, A. (Eds), *Organizational Learning and Competitive Advantage*, **Sage**, Thousand Oaks, CA, pp.56-73, 1996.

STEPHENSON, K. **Networks** in *CRC Handbook of Technology Management*, ed. Dorf (CRC Press Inc, 1998) pp. 40-5.

STERNBERG, R. **As Capacidades Intelectuais Humanas - Uma Abordagem em Processamento de Informações**. São Paulo: Ed. Artes Médicas. 1992.

STOLLENWERK, M. F. L. **Gestão Estratégica e Inteligência Tecnológica: Concepção e Desenvolvimento de um Sistema de Inteligência Tecnológica em uma Empresa de Petróleo**. Rio de Janeiro / Marseille, CRRM / PETROBRÁS. Diss. 1997

STROATZ, S. H. Exploring complex networks. **Nature**, 410:268–276, 2001.

TECHNOLOGY FORESIGHT CENTER – KOREA **Technology Roadmapping as a Foresight Instrument**. 3rd. NISTEP International Conference on Foresight, 2007.

THOMSON SCIENTIFIC **A Plataforma ISI Web of Knowledge** Disponível em <<http://science.thomsonreuters.com/pt/produtos/wok/>> e acesso em 12/02/2011

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis: Methods and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

YASUNAGA, Y.; WATANABE, M.; KORENAGA, M. Application of Technology Roadmaps to Governmental Innovation Policy for Promoting Technology Convergence. ***Technological Forecasting and Social Change*** Volume 76, Issue 1, January 2009.

YEE, C. L. ***Technology Roadmap Management***. Disponível em <<http://ickm.upm.edu.my>> e acesso em jul 2009.