

José Tenorio Barreto Junior

**Indicadores e métricas: ferramentas para
avaliação de resultados de P&D visando a
inovação no setor elétrico**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Metrologia da PUC-RIO como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Metrologia. Área de Concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação.

Orientador: Prof. Antonio José Junqueira Botelho, PhD
Co-Orientador: Prof. Maurício Nogueira Frota, PhD

Rio de Janeiro
Maio de 2009



José Tenorio Barreto Junior

**Indicadores e métricas: ferramentas para
avaliação de resultados de P&D visando a
inovação no setor elétrico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Metrologia do Centro Técnico Científico da PUC-RIO. Aprovada pela Comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. Antonio José Junqueira Botelho, PhD

Orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia
PósMQI – PUC-RIO

Prof. Maurício Nogueira Frota, PhD

Co-Orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia
PósMQI – PUC-RIO

Prof. Carlos Rufin, PhD

Suffolk University, Boston - USA

Prof. Marco Antonio de Paiva Delgado, Dr

Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica -
ABRADEE

Prof. José Eugenio Leal, PhD

Coordenador Setorial de Pós-Graduação do Centro Técnico
Científico – PUC-RIO

Rio de Janeiro, 06 de Maio de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

José Tenorio Barreto Junior

Graduado em Engenharia Elétrica (1989) e Pós-Graduado em Análise de Sistemas (1992) pela Universidade Veiga de Almeida (UVA). MBA em Gerência de Projetos (2006) pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Engenheiro da Light desde 1989 onde atua como Coordenador do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da empresa.

Ficha Catalográfica

Junior, José Tenorio Barreto

Indicadores e métricas: ferramentas para avaliação de resultados de P&D visando a inovação no setor elétrico / José Tenorio Barreto Junior; orientador: Antonio José Junqueira Botelho, PhD; co-orientador: Maurício Nogueira Frota, PhD – 2009.

195 f.: il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Metrologia – Teses. 2. Metrologia. 3. Qualidade. 4. Inovação. 5. Avaliação de projetos. 6. Pesquisa e desenvolvimento. 7. Apropriação de resultados de P&D. I. Botelho, Antonio José Junqueira. II. Frota, Maurício Nogueira. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Metrologia. IV. Título.

CDD: 389.1

À minha companheira Margareth Sinder Hegdorne, à minha filha Marina dos Santos Barreto, e a meus pais Azely Ribeiro Barreto e José Tenorio Barreto, pelo apoio, carinho, estímulo e confiança.

Agradecimentos

Ao orientador Professor Doutor Antonio Junqueira Botelho, pela inteligente orientação estimulando a permanente reflexão e revisão de conceitos assim motivando o meu desenvolvimento profissional.

Ao co-orientador Professor Doutor Maurício Nogueira Frota, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-RIO, pelo apoio incansável, presente em todos os momentos de concepção e desenvolvimento da presente dissertação.

Ao Professor Alcir de Faro Orlando, pela motivação, provendo uma palavra de apoio nos momentos difíceis desta empreitada.

À PUC-RIO, pelo ambiente acadêmico-científico favorável ao desenvolvimento deste trabalho e pela infra-estrutura que permitiu o desenvolvimento das pesquisas necessárias à consolidação desta dissertação.

À Secretária do Mestrado em Metrologia para Qualidade e Inovação da PUC-RIO, Márcia Ribeiro Teixeira, pelo permanente suporte administrativo, amavelmente e em tempo hábil, alertando para os prazos, deveres e responsabilidades dos mestrandos.

A Jaime Mamani Ticoná, da equipe de suporte à pesquisa do PósMQI, pelo apoio na editoração LaTeX da versão final do trabalho.

Aos professores do Programa, pelo interesse em dar o melhor de si, visando elevar o nível do aprendizado dos alunos.

Aos meus colegas de trabalho da Light, pela colaboração provendo informações-chave ao desenvolvimento desta pesquisa de Mestrado.

Aos gestores de P&D das concessionárias distribuidoras de energia elétrica e a Abradee que colaboraram com informações fundamentais na pesquisa utilizada nesta dissertação.

À minha companheira de todas as horas, Margareth Sinder Hegdorne, e à minha filha Marina dos Santos Barreto, que entenderam a minha ausência e souberam endossar as muitas horas do convívio familiar dedicados ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, irmã e parentes, pelo carinho e estímulo.

À Light, que me possibilitou e apostou nessa capacitação, acreditando que os resultados aqui alcançados certamente haverão de se transformar em benefícios para a organização.

E também, a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento do presente trabalho.

Resumo

Junior, José Tenorio Barreto; Botelho, Antonio José Junqueira; Frota, Maurício Nogueira. **Indicadores e métricas: ferramentas para avaliação de resultados de P&D visando a inovação no setor elétrico**. Rio de Janeiro, 2009. 195p. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós Graduação em Metrologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O **objetivo** desta pesquisa de mestrado relaciona-se à proposição de indicadores para orientar a construção de métricas de monitoramento da atividade de P&D visando a agregação de valor aos seus resultados e a sua transposição à inovação. Na qualidade de Gerente do Programa de P&D da Light frente à Aneel, a **motivação** para desenvolvimento do trabalho reflete o interesse do autor em contribuir para que as empresas brasileiras do setor elétrico percebam o P&D como uma efetiva oportunidade de negócio e de promoção da inovação. O trabalho desenvolveu-se no contexto de um ambiente regulatório e empresarial específicos. A busca da sustentabilidade corporativa e de inovações tornam-se factíveis com a Lei 9991, que impõe às concessionárias distribuidoras de energia elétrica a aplicação de um percentual da sua receita operacional líquida no desenvolvimento de projetos de P&D. Assim, exigências impostas por diferentes segmentos (investidores, financiadores, reguladores, consumidores e governo) estimulam a melhoria da qualidade, a redução de custos e a promoção da inovação. Três são as vertentes que nortearam a **metodologia** de desenvolvimento do trabalho. Quanto aos fins, a pesquisa faz uso da metrologia como ferramenta para a construção de indicadores de avaliação da apropriação de resultados que permitirá a proposição de métricas. Quanto aos meios de investigação, elabora uma pesquisa bibliográfica em temas relacionados à gestão do P&D e da inovação, como base para encaminhamento do estudo de casos de sucesso e fracasso de experiências das concessionárias. De caráter qualitativo, a pesquisa desenvolve um diagnóstico da carteira de projetos de P&D da Light entrevistando gerentes e gestores de P&D das concessionárias associadas à ABRADÉE. O trabalho avalia **resultados** e disponibiliza ferramentas para a avaliação da apropriação de resultados e monitoramento dos projetos de P&D. Como **conclusão** sugere um método de análise de projetos que incorpora as lições aprendidas e propõe indicadores como ferramenta gerencial do novo marco do programa de P&D da Aneel, orientado para a inovação.

Palavras-chave

Metrologia. Qualidade. Inovação. Avaliação de projetos. Pesquisa e desenvolvimento. Apropriação de resultados de P&D.

Abstract

Junior, José Tenorio Barreto; Botelho, Antonio José Junqueira; Frota, Maurício Nogueira. **Indicators and metrics: tools for assessment of results of R&D towards innovation in the electricity sector**. Rio de Janeiro, 2009. 195p. MSc. Dissertation — Programa de Pós Graduação em Metrologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The main **objective** of this work is to propose indicators for supporting the construction of monitoring metrics of R&D activities, with the aim of adding value to their results and of transforming them into innovation. As manager of Light's R&D Program with Aneel (Brazil's electricity regulatory agency) program, the author found the **motivation** to make a contribution towards assisting Brazilian firms in the electricity distribution sector to perceive R&D as effective business and innovation fostering opportunity. The research was undertaken in the context of particular regulatory and business environments. The pursuit of corporate sustainability and innovations became feasible with the decree law 9,991, requiring electricity distribution concessionaries the expenditure of a percentage of their net operational revenue in the development of R&D projects. Thus, multiple requirements from diverse segments (investors, finance, regulators, consumers and government) promote quality improvement, cost reduction and innovation pursuit. Three vectors guide the work **methodology**. In regard to the goals, the research, it makes use of metrology as a tool for the definition of results' appropriation assessment indicators which will allow the proposition of corresponding metrics. In regard to the research means, it performs a literature *survey* on themes related to the management of R&D and innovation, as a basis for the identification of indicators and selection of metrics for the study of cases of success and failure in the concessionaires' experiences. Next, in view of the qualitative nature of the research, makes a summary diagnostic of Light's project portfolio, through a series of interviews with researchers and project managers of concessionary firms associated with ABRADÉE, the electricity distribution segment trade association. Further, the work assesses **results** and delineates tools for the monitoring and evaluation of the appropriation of R&D projects' results. In its **conclusion**, the dissertation proposes the contours of a methodology for project assessment which incorporates lessons learned and indicators management tools for the new, innovation-oriented, Aneel R&D program.

Keywords

Metrology. Innovation. R&D Management. Metrics. Project evaluation. Research and development.

Sumário

Sumário das notações	13
1 Introdução	15
1.1 Preparação do P&D para a inovação	15
1.2 Caracterização do problema objeto da pesquisa	16
1.3 Hipótese	17
1.4 O foco da dissertação	18
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo central	18
1.5.2 Objetivo específico	19
1.6 Estudo de casos	19
1.7 Metodologia	20
1.8 Motivação para desenvolvimento da pesquisa	22
1.9 Resultados e principais contribuições	22
1.10 Estrutura do trabalho	23
2 Marco regulatório e estrutura corporativa: do P&D à inovação aberta	26
2.1 Evolução do marco regulatório	28
2.1.1 Caracterização	28
2.1.2 O papel da regulação na fase de inovação	33
2.1.3 Novo Manual de P&D da Aneel - pontos de melhoria	33
2.1.4 Dificuldades para se concretizar a inovação no setor	35
2.2 Estrutura e estratégia corporativa de gestão de P&D na Light	38
2.2.1 Estrutura	38
2.2.2 Evolução do P&D na Light	39
2.2.3 A Gestão do P&D da Light	41
2.2.4 Abrangência do processo de P&D	43
2.2.5 Fases de implementação de um programa de P&D	44
2.2.6 Gestão da inovação - Light	49
3 Do P&D à Inovação: conceitos, ferramentas e atores	50
3.1 O Programa de P&D do setor elétrico: sensibilização pela inovação	50
3.2 O Conceito da Inovação	52
3.2.1 Conceitos e definições	53
3.2.2 Transposição do P&D para a Inovação	56
3.3 Metrologia: a tecnologia industrial básica	58
3.3.1 A infra-estrutura nacional da qualidade	59
3.3.2 TIB e o processo de inovação	61
3.4 Componentes institucionais da política de inovação	65
3.5 Atores setoriais	68
3.5.1 Agência Nacional de Energia Elétrica	69
3.5.2 A ABRADÉE	70
3.5.3 O papel das entidades de pesquisa	72

3.5.4	O papel da indústria	73
4	O gerenciamento de projetos de P&D	74
4.1	Gerenciamento de riscos	79
4.1.1	Planejamento da gestão de riscos	80
4.1.2	Identificação dos riscos	81
4.1.3	Qualificação e quantificação dos riscos	81
4.1.4	Planejamento de resposta aos riscos do projeto	82
4.1.5	Controle e monitoração de riscos	84
4.2	Gerenciamento dos recursos humanos do projeto	85
4.2.1	Planejamento de recursos humanos	87
4.2.2	Desenvolvimento da equipe	89
4.2.3	A gestão do conhecimento	91
4.3	Gerenciamento do custo	92
4.3.1	Planejamento dos recursos	93
4.3.2	Estimativa dos custos	94
4.4	Gerenciamento da comunicação	95
4.4.1	Planejamento da comunicação	95
4.5	Impacto na inovação	97
5	Metodologia para definição de indicadores e métricas	98
5.1	Marco analítico: indicadores de P&D na perspectiva da inovação	99
5.1.1	Indicadores e métricas: conceitos associados	100
5.1.2	Indicadores e métricas de P&D	102
5.2	Considerações sobre o setor para definição de métricas e indicadores de P&D	103
5.2.1	Análise do ambiente interno da Light	104
5.2.2	Análise do ambiente externo da Light	115
5.2.3	Indicadores: passo-a-passo dos preceitos metodológicos essenciais à sua definição	128
6	Indicadores e métricas de monitoramento da atividade de P&D	130
6.1	Resultado do P&D: análise do papel do gerenciamento de projetos	131
6.2	Resultado do P&D: análise na visão do ambiente interno (Light)	132
6.2.1	O caso Light como fonte de subsídios à construção de indicadores	132
6.2.2	Proposição de indicadores a partir do ambiente interno Light	134
6.3	Resultado do P&D: análise na visão externa à Light (gestores de P&D)	140
6.3.1	Na gestão de projetos	140
6.3.2	Na gestão do programa	141
6.3.3	Proposição de indicadores a partir do ambiente externo da Light	143
6.4	Considerações finais	148
7	Conclusões e Recomendações	150
7.1	Gestão estratégica do P&D	150
7.2	Convergência com a estratégia empresarial	151
7.3	Convergência do P&D com a trajetória de inovação	152
7.4	Considerações Finais	152
7.5	Recomendações	153

8	Referências Bibliográficas	155
A	Extrato do manual do programa de P&D da Aneel	161
B	Lei nº 9.991, de 24 de Julho de 2000	182
C	Questionário da pesquisa de gestão de projetos e programa de P&D do setor elétrico Participantes da pesquisa: gestores de concessionárias de energia afiliadas à ABRADEE	185
D	A visão das concessionárias sobre a gestão do P&D do setor elétrico (tabulação do questionário)	189
D.1	Representatividade na gestão do investimento	189
D.2	A visão dos gestores de P&D	189

Lista de figuras

2.1	Fases da cadeia tecnológica	34
2.2	Processo de Elaboração do Programa de P&D da Light	45
3.1	Formas de fomento das fases da cadeia de inovação	57
3.2	Ciclo da tecnologia	59
3.3	Planejamento integrado das políticas	68
3.4	Atuação da ABRADÉE	71
5.1	Apropriação de resultados do P&D nos períodos indicados	108
5.2	Distribuição do investimento por rota tecnológica (período 2000-2003)	110
5.3	Distribuição do investimento por rota tecnológica (período 2004-2006)	110
5.4	Eficácia da apropriação de resultados: quadro evolutivo	112
5.5	Tipologia dos resultados nos períodos indicados	113
5.6	Fases da cadeia de inovação	113
5.7	Natureza do órgão executor da pesquisa: parceiros da concessionária	114
5.8	Evolução dos investimentos por família de rotas tecnológicas	115
6.1	Áreas de trabalho da Gestão do Programa de P&D	142

Lista de tabelas

2.1	Distribuição dos percentuais relativos à Lei 9.991/2000 e alterações com respectivas vigências	31
2.2	Recursos aplicados em P&D no setor elétrico	40
2.3	Quantidade de projetos por tema realizados nos ciclos de P&D	41
3.1	Total de empresas obrigadas por força de lei a fomentar o P&D	69
4.1	Impacto das áreas de conhecimento do PMBOK (no P&D e na inovação)	76
4.2	Exemplo de escala de probabilidade e impacto do projeto	82
4.3	Exemplo de análise de riscos associados a processos de P&D	83
4.4	Plano de Ação aos riscos de sub-processos	85
4.5	Matriz designação de responsabilidades	88
5.1	Portfólio de projetos concluídos: evolução no período 2000-2006	105
5.2	Quantidade de projetos e investimentos por Famílias/Rotas Tecnológicas (2000-06)	108
5.3	Resultados dos projetos concluídos de P&D (período 2000-2006)	111
6.1	Construção dos indicadores da categoria “ <i>distribuição das despesas em P&D</i> ”	136
6.2	Construção dos indicadores da categoria “qualificação dos recursos humanos próprios”	138
6.3	Construção de indicadores da categoria “mapeamento de competências das entidades executoras”	139
6.4	Construção de indicadores da categoria “acompanhamento de projetos”	144
6.5	Construção de indicadores da categoria “gestão do programa”	145
6.6	Construção de indicadores da categoria de “alinhamento de investimentos”	146
6.7	Construção de indicadores da categoria controle regulatório	147
6.8	Construção de indicadores da Categoria de Avaliação de resultados	148
D.1	Participações governamentais pagas aos beneficiários.	190
D.2	Tabulação das respostas segundo os três recortes da pesquisa	191

Sumário das notações

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
Anprotec	Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
ANPAD	Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CT-ENERG	Fundo Setorial de Energia
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EE	Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EBTs	Empresas de Base Tecnológica
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMAE	Instrumento de Medida da Atitude Empreendedora
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO	International Organization for Standardization
Light	Light Serviços de Eletricidade S.A.
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MME	Ministério de Minas e Energia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PETROS	Fundação Petrobrás de Seguridade Social
PCH	Pequena Cental Hidrelétrica
PINTEC	Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PósMQI	Programa de Pós-Graduação em Metrologia para Qualidade e Inovação
PMI	Project Management Institute

PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RT	Regulamento Técnico
ROL	Receita Operacional Líquida
SI	Sistema Internacional de Unidades
TIB	Tecnologia Industrial Básica
Sinmetro	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade
VIM	Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia