



**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 Ticono, 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

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Sumário das notações</b>  | <b>13</b> |
| <b>1 Introdução</b>  | <b>15</b> |
| 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        |
| <b>2 Marco regulatório e estrutura corporativa: do P&amp;D à inovação aberta</b> | <b>26</b> |
| 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        |
| <b>3 Do P&amp;D à Inovação: conceitos, ferramentas e atores</b>                  | <b>50</b> |
| 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 ABRADDEE   | 70        |
| 3.5.3 O papel das entidades de pesquisa  | 72        |



|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 3.5.4    | O papel da indústria  | 73         |
| <b>4</b> | <b>O gerenciamento de projetos de P&amp;D</b>                                     | <b>74</b>  |
| 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         |
| <b>5</b> | <b>Metodologia para definição de indicadores e métricas</b>                       | <b>98</b>  |
| 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        |
| <b>6</b> | <b>Indicadores e métricas de monitoramento da atividade de P&amp;D</b>            | <b>130</b> |
| 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        |
| <b>7</b> | <b>Conclusões e Recomendações</b>   | <b>150</b> |
| 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        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>8</b> | <b>Referências Bibliográficas</b>   | <b>155</b> |
| <b>A</b> | <b>Extrato do manual do programa de P&amp;D da Aneel</b>  | <b>161</b> |
| <b>B</b> | <b>Lei nº 9.991, de 24 de Julho de 2000</b>   | <b>182</b> |
| <b>C</b> | <b>Questionário da pesquisa de gestão de projetos e programa de P&amp;D do setor elétrico Participantes da pesquisa: gestores de concessionárias de energia afiliadas à ABRADEE</b> | <b>185</b> |
| <b>D</b> | <b>A visão das concessionárias sobre a gestão do P&amp;D do setor elétrico (tabulação do questionário)</b>  | <b>189</b> |
| 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&amp;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 |