



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

# A Pesquisa e Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro: Uma investigação da política tecnológica para o setor com base na teoria evolucionária da mudança técnica

**Guilherme Amaral**



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

- ◆ **Justificativa:** As fortes influências sociais e econômicas que o sistema elétrico exerce geram desafios que extrapolam sua própria lógica de inversão e acumulação, o que induz o Estado a assumir responsabilidades pela gestão e planejamento do setor.
  - *O desenvolvimento tecnológico é tido como uma saída necessária para a resolução de diversos problemas apresentados pelo sistema*
  
- ◆ **Objetivo principal:** Investigar a eficácia da política tecnológica aplicada ao sistema elétrico brasileiro em induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor.
  - *A política tecnológica para o setor, baseada na obrigatoriedade do investimento em P&D pelas empresas concessionárias, tem sido eficiente no sentido de induzir o comportamento de tais empresas em direção à inovação tecnológica, através do comprometimento das mesmas com seus programas de P&D e da constituição de relações sistêmicas com os demais parceiros?*



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

Capítulo  
Teórico

- Apresentar os elementos teóricos centrais de uma perspectiva evolucionária de políticas tecnológicas com base na percepção da dinâmica do desenvolvimento tecnológico

Capítulo  
Histórico

- Caracterizar a dinâmica do desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico

Capítulo  
Regulatório

- Caracterizar o marco regulatório do sistema elétrico brasileiro, ambiente no qual estão imersas as empresas responsáveis pelo P&D

Estudo de  
Caso

- Apresenta o diagnóstico dos programas de P&D estudados, bem como a uma avaliação da regulação específica condizente com a dinâmica competitiva do setor

Conclusão

- Avaliar os resultados obtidos e as limitações do trabalho, indicando possibilidades de futuras pesquisas decorrentes.

# Conceitos evolucionários para a compreensão da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

- ◆ Conceitos da teoria evolucionária possibilitaram duas conclusões centrais para a execução desse trabalho:
  - A dinâmica do desenvolvimento tecnológico é caracterizada por relações sistêmicas entre os diversos agentes que compõem determinado sistema tecnológico.
    - *Enfatizando a necessidade da constituição de sistemas que determinam e induzem a dinâmica do desenvolvimento tecnológico*
  - O papel da empresa em sua busca por ganhos advindos da inovação é o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

A questão central para o formulador de políticas tecnológicas para a teoria evolucionária é estimular as capacidades inovadoras das empresas e dar suporte ao estabelecimento de relações sistêmicas entre os atores envolvidos em sua dinâmica.

... A dinâmica do desenvolvimento tecnológico específica a determinado setor é o resultado da conjunção de determinados elementos que devem ser considerados pelo formulador de políticas públicas.

| Propriedades                  | Característica  |
|-------------------------------|---|
| Condições de Oportunidade     | Condições de Oportunidade reflete a facilidade em inovar dada uma quantia de recursos investida em pesquisa.                                |
| Condições de Apropriabilidade | Condições de apropriabilidade sumariza as possibilidades de proteger as inovações da imitação e de se extrair lucros a atividade inovadora. |
| Cumulatividade                | Cumulatividade captura as propriedades de inovações correntes em influenciar as inovações futuras.  |
| Base do Conhecimento          | Refere-se às propriedades do conhecimento no qual as atividades inovadoras das empresas estão baseadas                                      |

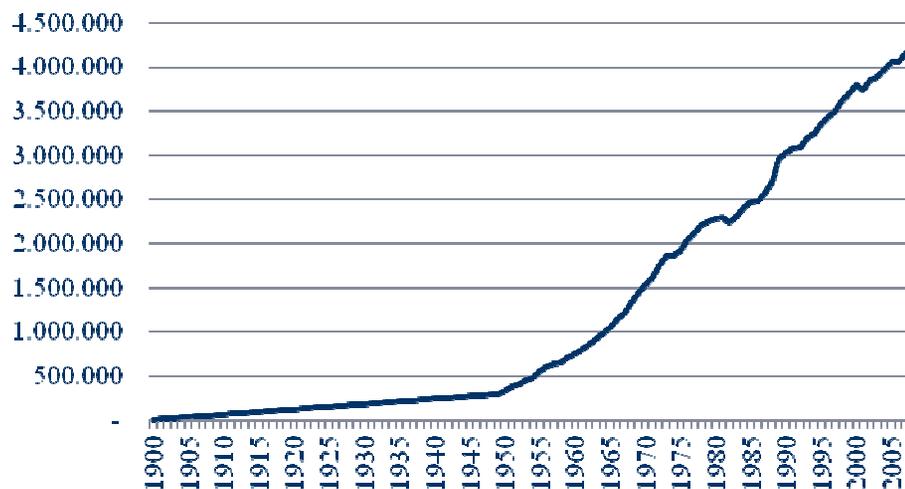
(Malerba & Orsenigo, 1997)

- ◆ As oportunidades tecnológicas, que derivam parcialmente de conhecimentos acumulados endogenamente pelas empresas, e as condições de apropriabilidade respondem pelos graus de comprometimento das empresas privadas com a inovação. (DOSI, 1988)

# A dinâmica do desenvolvimento do sistema tecnológico de energia elétrica

- ◆ O importante a ser destacado na análise da trajetória de desenvolvimento da eletricidade, é que essa tecnologia emergiu através de um processo evolucionário e sistêmico, apoiada em diversos atores e instituições.
  - O aumento da importância da energia elétrica no mundo induz a uma maior participação do estado em questões relativas ao setor.

Gráfico 2: Evolução do consumo mundial de energia elétrica (TWh)



A partir das primeiras décadas do século XX o Estado passa a assumir responsabilidades de planejamento e gestão do setor.

A partir da década de 1930 o crescimento da demanda por energia elétrica exigiu uma maior participação do Estado brasileiro no setor, interferindo diretamente em sua dinâmica

| Anos | Público       |          | Privado       |          | Auto-Produtor |          | Total         |          |
|------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
|      | Potência (MW) | Part (%) |
| 1952 | 136           | 7        | 1.636         | 82       | 214           | 11       | 1.985         | 100      |
| 1953 | 171           | 8        | 1.631         | 78       | 303           | 14       | 2.105         | 100      |
| 1954 | 303           | 11       | 2.160         | 77       | 343           | 12       | 2.806         | 100      |
| 1955 | 539           | 17       | 2.248         | 71       | 362           | 11       | 3.149         | 100      |
| 1956 | 657           | 19       | 2.552         | 72       | 341           | 10       | 3.550         | 100      |
| 1957 | 681           | 17       | 2.969         | 73       | 390           | 10       | 4.040         | 100      |
| 1958 | 825           | 21       | 2.743         | 69       | 426           | 11       | 3.993         | 100      |
| 1959 | 969           | 24       | 2.724         | 66       | 423           | 10       | 4.115         | 100      |
| 1960 | 1.099         | 23       | 3.182         | 66       | 519           | 11       | 4.800         | 100      |
| 1961 | 1.342         | 26       | 3.242         | 62       | 622           | 12       | 5.205         | 100      |
| 1962 | 1.792         | 31       | 3.161         | 55       | 776           | 14       | 5.729         | 100      |
| 1963 | 2.306         | 36       | 3.164         | 50       | 886           | 14       | 6.355         | 100      |
| 1964 | 2.872         | 42       | 3.085         | 45       | 883           | 13       | 6.840         | 100      |
| 1965 | 4.048         | 55       | 2.486         | 34       | 877           | 12       | 7.411         | 100      |

A intervenção na dinâmica do desenvolvimento tecnológico do setor passa a ser parte da política energética no país.

A apresentação da trajetória do desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico serve para ajudar na classificação do setor em relação à dinâmica de inovação.

- ◆ Pode-se classificar o sistema elétrico como sendo “dominado pelo fornecedor” de acordo com a tipologia de Pavitt (1984).
  - Implica um necessário encadeamento tecnológico entre empresa fornecedoras (baseadas em ciência).

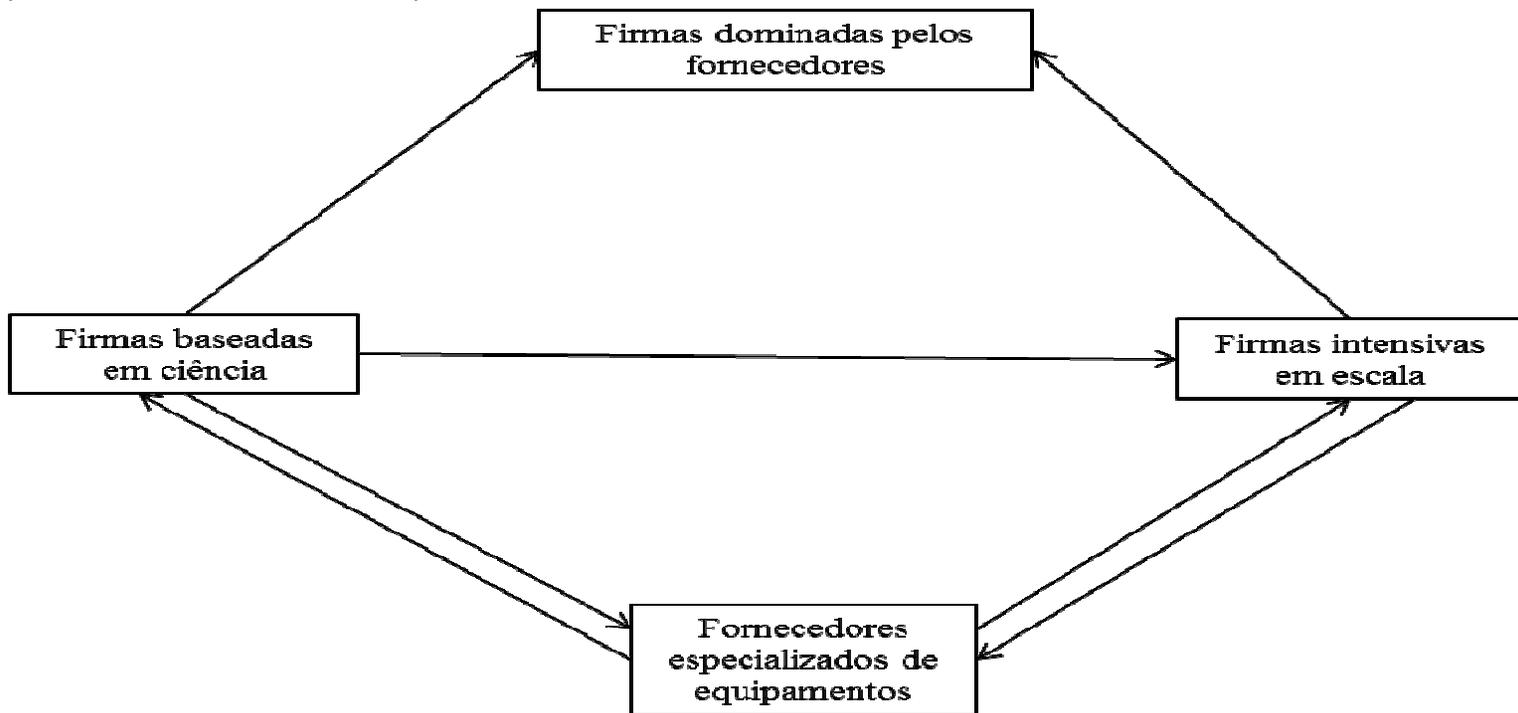
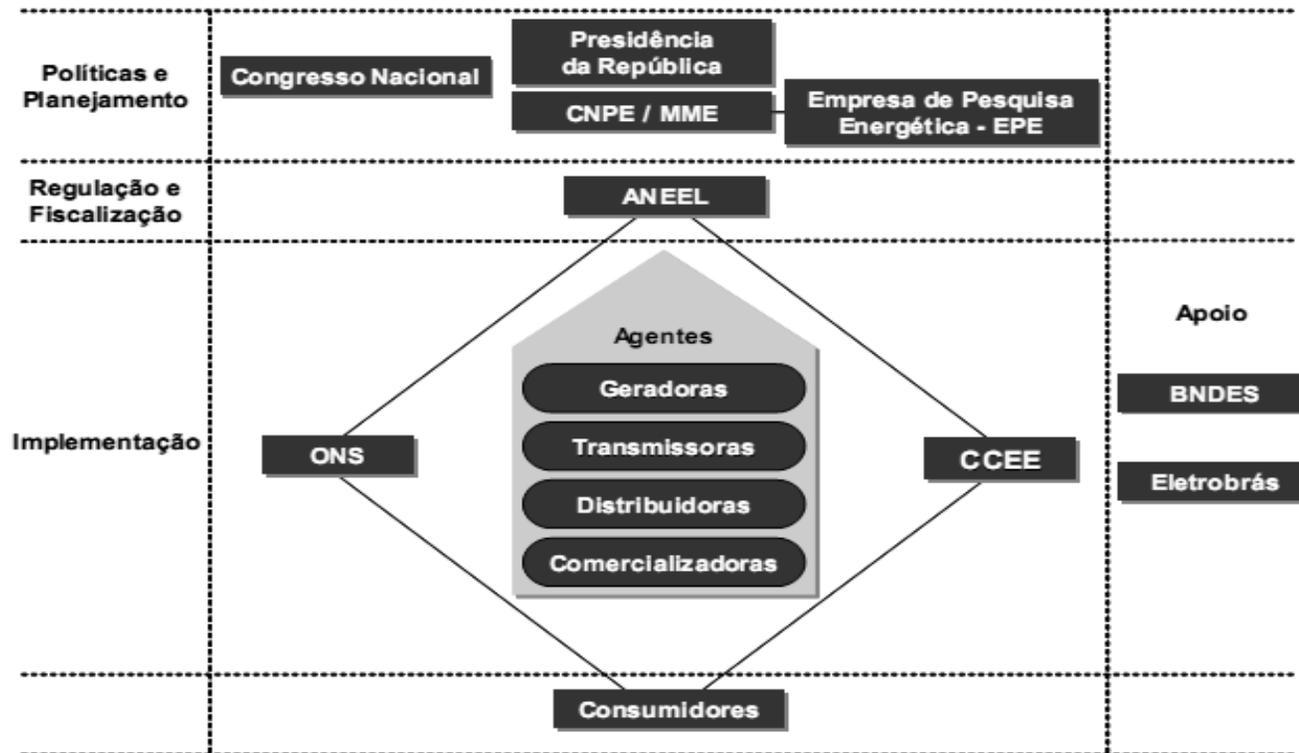


Figura 5: Principais encadeamentos tecnológicos entre diferentes tipos de empresas (p.46)

## Das mudanças institucionais da década de 1990 ao “Novo Modelo” setorial brasileiro e a introdução da política tecnológica para o setor.

- ◆ A partir da década de 1990 mudanças institucionais alteraram profundamente a dinâmica do setor.
- ◆ Com objetivo de aumentar a competição no setor visando maior eficiência, a reforma pretendia:
  - Substituir a participação do Estado por capitais privados;
  - Desverticalizar as empresas para viabilizar a concorrência;
  - Criar um órgão regulador independente;
  - Introduzir um novo regime tarifário orientado para a busca da eficiência econômica;
  - Passagem dos riscos para o mercado.
- ◆ Pilar para a reforma ocorrida, a livre negociação de energia, desobrigando o Estado do papel de planejador do sistema gerou uma grave crise de abastecimento.

O novo modelo centraliza na esfera do governo federal a elaboração e execução do planejamento do sistema.



Novo modelo tem como objetivo final a garantia da modicidade tarifária através do repasse dos ganhos de eficiência para as tarifas.

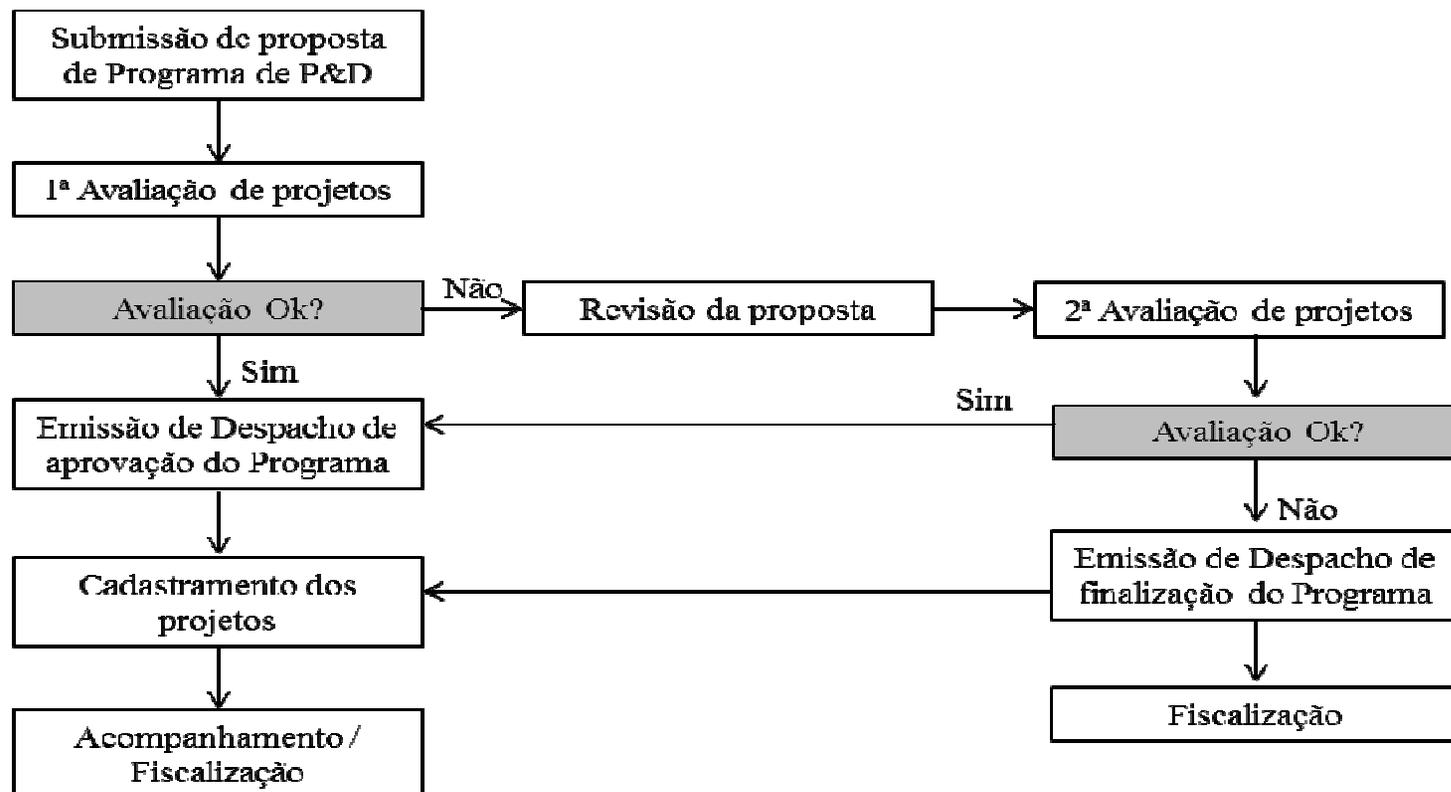
## Visando incentivar a busca por inovações para uma maior eficiência e modicidade tarifária...

- ◆ É instituída em 24 de julho de 2000 a lei 9.991 regulamentando a política tecnológica para o setor elétrico brasileiro.
  - Estabelece a aplicação de 1% da Receita Operacional Líquida em P&D.
  - Objetivo de desenvolver novas tecnologias e serviços que melhorem a qualidade do fornecimento de energia elétrica para a sociedade.

| Empresa      | Fase Atual        |  |                   | Fase Posterior    |  |                                  |
|--------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|--|----------------------------------|
|              | P&D<br>(% da ROL) | Eficiência<br>Energética<br>(% da ROL) | Vigência          | P&D<br>(% da ROL) | Eficiência<br>Energética (%<br>da ROL) | Vigência                         |
| Geração      | 1                 |  | Até<br>31/12/2010 | 1                 |  | A partir<br>de<br>01/01/20<br>11 |
| Transmissão  | 1                 |  |                   | 1                 |  |                                  |
| Distribuição | 0,5               | 0,5                                    |                   | 0,75              | 0,25                                   |                                  |

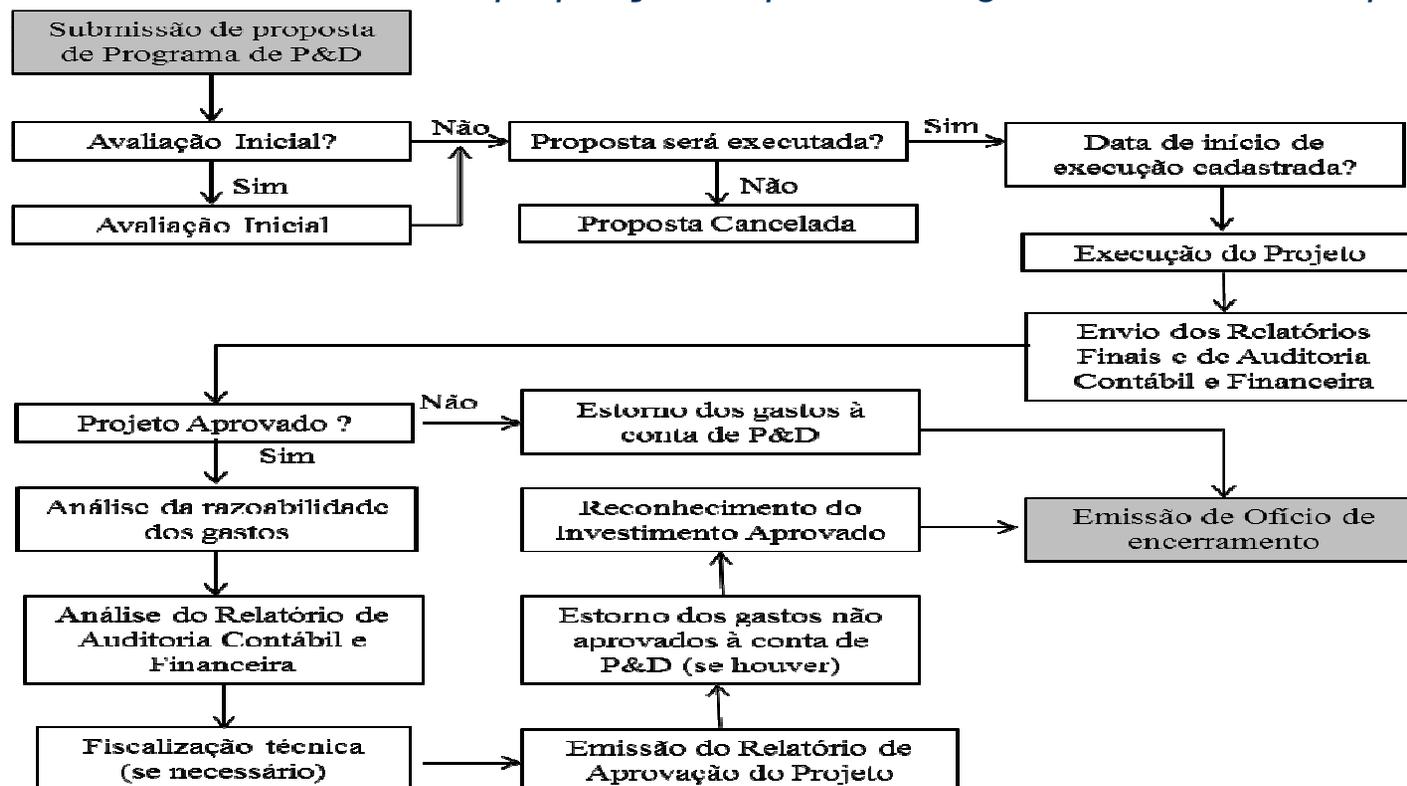
## Mudanças no manual que regulamenta os gastos em P&D geram avanços no setor.

- ♦ Antigo Manual: Aprovação prévia – Baixo Risco Regulatório com maior burocracia
  - ♦ *Investimentos focados nas etapas iniciais da inovação.*



## Mudanças no manual que regulamenta os gastos em P&D geram avanços no setor.

- ◆ Novo Manual: Fiscalização posterior – Aumenta Risco Regulatório com maior dinamismo no desenvolvimento de projetos
  - ◆ Possibilidade de investimentos em lotes pioneiros e cabeça de série;
  - ◆ Possibilidade de apropriação de partes dos ganhos advindos de projetos.



# Estudos de caso para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro.

- ◆ Com base em conceitos evolucionários:
  - Dinâmica de desenvolvimento tecnológico pode ser caracterizada pelas relações sistêmicas entre os agentes componentes de determinado sistema tecnológico.
  - Empresas em busca por ganhos advindos da inovação são o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

O ponto central para a análise dos padrões de comportamento de busca das empresas é que suas estratégias influem diretamente nos padrões setoriais de mudanças técnicas observadas, e são o resultados da interação de vários tipos de induções de mercado resultante das combinações de oportunidades e apropriabilidades específicas do setor.

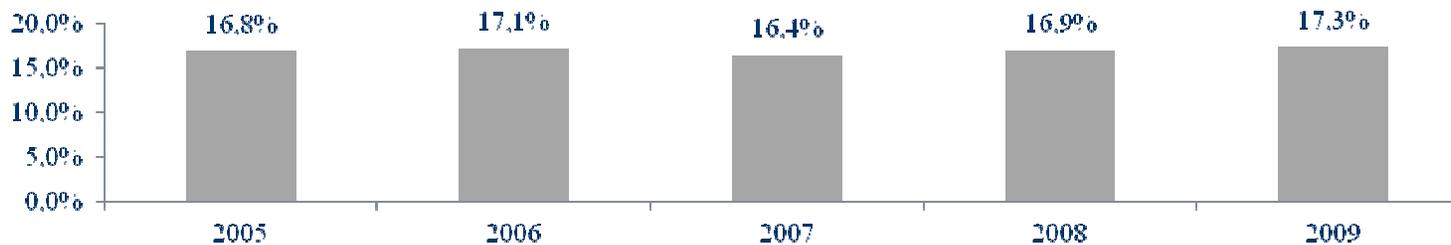
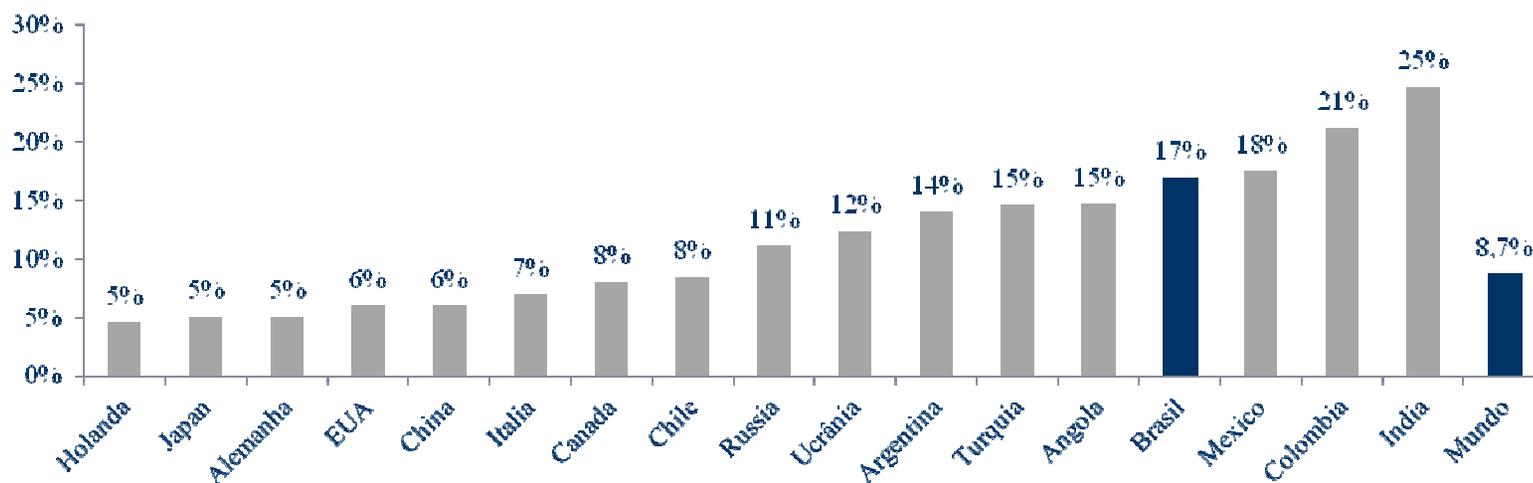
## Avaliação dos resultados da política tecnológica do setor elétrico: Definição de uma hipótese

- ◆ Sob regulação do antigo manual foi investido R\$ 1,49 bilhão em projetos de P&D.
  - Destaca-se: 25% em produção de software; 21,3% em concepção de metodologias e somente 1,2% em criação de novos equipamentos.
  - Estudos apontam para o baixo comprometimento das empresas com o desenvolvimento tecnológico.

| Ciclo        | Número de Projetos Aprovados | Valor Aprovado (R\$/Milhões) |
|--------------|------------------------------|------------------------------|
| 1998/1999    | 63                           | 12,90                        |
| 1999/2000    | 164                          | 29,74                        |
| 2000/2001    | 439                          | 113,30                       |
| 2001/2002    | 535                          | 156,22                       |
| 2002/2003    | 672                          | 198,80                       |
| 2003/2004    | 602                          | 186,97                       |
| 2004/2005    | 600                          | 191,68                       |
| 2005/2006    | 917                          | 352,14                       |
| 2006/2007    | 563                          | 255,35                       |
| <b>Total</b> | <b>4.555</b>                 | <b>1.497,10</b>              |

A despeito da obrigatoriedade do investimento em P&D, existe ainda a expectativa de que os investimentos podem não apresentar nenhum impacto na qualidade do serviço...

- ◆ Após mais de 10 anos de programa o país ainda apresenta índices de perdas acima da média mundial.
  - Acima de países com estruturas parecidas ao Brasil.
  - Não houve evolução de tais índices ao longo dos anos.



## Sob as diretrizes do novo manual foram submetidos 1.322 projetos de P&D para a avaliação da ANEEL.

Tabela 14: Projetos e investimentos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL (p. 84)

| <b>Ano</b>   | <b>Número de Projetos Aprovados</b> | <b>Valor (R\$/Milhões)</b> |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2008         | 35                                  | 44.949                     |
| 2009         | 301                                 | 482.571                    |
| 2010         | 570                                 | 893.112                    |
| 2011*        | 416                                 | 1.141.404                  |
| <b>TOTAL</b> | <b>1.322</b>                        | <b>2.562.036</b>           |

Tabela 16: Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial em relação à fase da cadeia da inovação (p. 86)

| <b>Fase da Cadeia da Inovação do Projeto</b> | <b>%</b> |
|--|----------|
| Pesquisa Básica Dirigida                     | 9,2%     |
| Pesquisa Aplicada                            | 53,8%    |
| Desenvolvimento Experimental                 | 30,6%    |
| Cabeça-de-série                              | 5,4%     |
| Lote Pioneiro                                | 0,9%     |
| Inserção no Mercado                          | 0,2%     |

Tabela 15: Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial em relação a seu produto principal (p. 85)

| <b>Produto Principal do Projeto</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------------|----------|
| Conceito ou Metodologia             | 33%      |
| Software                            | 18%      |
| Sistema                             | 20%      |
| Material ou Substância              | 5%       |
| Componente ou Dispositivo           | 8%       |
| Máquina ou Equipamento              | 17%      |

Passados anos da implantação das novas diretrizes, a grande concentração de projetos em fases iniciais da cadeia de inovação, bem como visando desenvolver metodologias, sistemas e softwares, sugere que as empresas continuam a privilegiar projetos pouco ousados e com baixo risco regulatório.



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

- ◆ **Hipótese:** A obrigatoriedade de investimentos de parte da ROL em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em a um maior comprometimento com a inovação.
- ◆ **Proposição explicativa:** A política tecnológica aplicada ao setor não condiz com sua dinâmica específica, uma vez que não considera as condições existentes no setor, nem se relaciona à sua dinâmica competitiva.

# Investigação acerca da dinâmica competitiva dos segmentos do setor.

- ◆ Dinâmica competitiva dos setores sofrem influência direta de suas condições de oportunidade e apropriabilidade.
  - Dinâmica responsável pela formulação de estratégias de busca das empresas;
  - Apresenta diferenças consideráveis entres os diferentes segmentos do setor.
- ◆ Geração e transmissão: Estruturação financeira de projetos avessa ao risco
  - Sugere a necessidade de encadeamentos de longo prazo com empresas fornecedoras para o desenvolvimento de soluções tecnológicas condizentes com a dinâmica do segmento.
- ◆ Distribuição de energia elétrica:
  - Política tarifária não contempla adequadamente ganhos decorrente da inovação tecnológica;
- ◆ *Ao não ser reconhecida a dinâmica competitiva dos segmentos, a obrigatoriedade de gastos em P&D passa a ser vista como um encargo setorial que não condiz com a dinâmica empresarial do setor.*

# Estudos de múltiplos casos para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro

- ◆ Realizadas 13 entrevistas em 8 empresas do setor.

| Empresa | Segmento de Atuação   | Volume aproximado de investimento em P&D por ano (R\$ Mil)* | Investimentos já aplicados em P&D (R\$ Mil) |
|---------|-----------------------|---|---|
| G1      | Geração               | R\$ 8.000   | R\$ 12.700                                  |
| GD1     | Distribuição, Geração | R\$ 57.000  | R\$ 250.000                                 |
| G2      | Geração               | R\$ 15.000  | R\$ 115.000                                 |
| G3      | Geração               | R\$ 28.950  | n/d   |
| T1      | Transmissão           | R\$ 6.000   | R\$ 30.500                                  |
| G4      | Geração               | R\$ 10.000  | n/d   |
| GD2     | Distribuição, Geração | R\$ 14.300  | n/d   |
| GD3     | Distribuição, Geração | R\$ 22.000  | R\$ 240.000                                 |

Tabela 17: Empresas entrevistadas no estudo de caso (p. 97)

- ◆ *Selecionado indicadores com base na literatura para subsidiar entrevistas semi-estruturadas.*
  - A estrutura dos departamentos de P&D;
  - A origem dos projetos;
  - Critérios de desenvolvimento e seleção de projetos;
  - Critérios de busca e seleção de parceiros ;
  - Resultados encontrados e esperados pelos gerentes de P&D.

## Considera-se que a hipótese testada se confirma

- ♦ Testada a hipótese de que somente a obrigatoriedade de investimento de parte de suas receitas em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção a padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico.

|     |                    |
|-----|--------------------|
| G1  | Adere              |
| GD1 | Adere              |
| G2  | Adere              |
| G3  | Adere              |
| T1  | Adere Parcialmente |
| G4  | Adere              |
| GD2 | Não Adere          |
| GD3 | Adere Parcialmente |

Tabela 17: Resultado dos estudos de caso em relação à aderência a hipótese testada (p. 107)

## Considera-se que a hipótese testada se confirma

- ◆ *Maioria das empresas apresentou baixo comprometimento com o desenvolvimento tecnológico .*
  - Maioria não possui planejamento tecnológico nem critérios de busca e seleção de projetos;
  - Não possuem uma política de busca e seleção de parceiros, e muitas não se preocupam em estabelecer relações com os demais agentes;
  - A maioria busca projetos em universidades próximas e conhecidas visando diminuir o risco regulatório.
  - 77% dos projetos realizados com participação de universidades, são executados por universidades da mesma área de concessão ou da região da empresa.

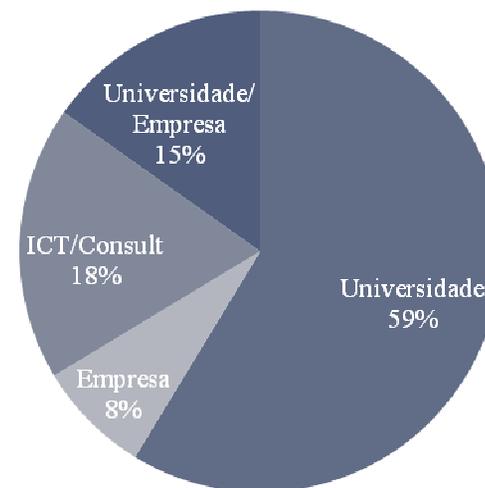


Figura 14– Distribuição dos projetos de P&D em relação a seus executores.

## Considerações finais

- ◆ Somente a obrigatoriedade de investimento em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção à inovação;
- ◆ De acordo com a literatura, para se aumentar as possibilidades de sucesso a política deve ter como um de seus objetivos o de gerar condições dinâmicas que induza os agentes do sistema a um maior comprometimento com o tema
- ◆ A política tecnológica se enfraquece em não reconhecer a dinâmica específica de cada segmento do sistema;
  - Torna-se necessário caracterizar a base de conhecimento, sua trajetória e as competências estabelecidas no setor, as oportunidades tecnológicas que se abrem e as condições de apropriabilidade específicas a cada segmento.
  - Essa é uma lacuna dessa pesquisa, que deve ser explorada em trabalhos futuros.
- ◆ É necessário caminhar para a constituição de um sistema setorial de inovação, conciso e permanente para aumentar as possibilidades de sucesso que internalizarão competências tecnológicas no setor e desencadearão todo o processo de inovação.



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

Obrigado!