

## **RTG – REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TURBINAS A GÁS**

### **João Roberto Barbosa**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
CTA/ITA/IEME-IEME  
12228-900 – São José dos Campos – SP - Brasil  
barbosa@mec.ita.cta.br

### **Manoel Fernandes Martins Nogueira**

Ministério de Minas e Energia  
manoelnogueira@mme.gov.br

### **Laércio de Sequeira**

FINEP

**Resumo:** *A estabilidade no longo prazo do suprimento de energia elétrica no Brasil depende da diversificação da sua matriz energética. Na atualidade, o combustível de maior disponibilidade é o gás natural, e a tecnologia mais eficiente para produção de grandes blocos de energia elétrica é envolvendo turbinas a gás. Presentemente estão em fase de implantação dezenas dessas usinas. Em decorrência do uso intenso de turbinas a gás aparece a necessidade de preparação de recursos humanos em todos os níveis. As instituições de ensino superior não contemplam, em geral, o estudo aprofundado de turbinas a gás, o que é apenas feito em algumas escolas. É importante, também, que a tecnologia de projeto, fabricação, desenvolvimento e de aplicação de turbinas a gás seja detida pelo país. Com o objetivo de reunir a capacidade atual existente no Brasil, tanto na Universidade como na Indústria e em Institutos de Pesquisa, foi criada uma Rede de Turbinas a Gás (RTG). Este trabalho trata da idealização, da implantação e da operacionalização da RTG como um meio eficaz de acelerar a detenção da tecnologia de turbinas a gás.*

**Key Words:** *Turbinas a gás, energia elétrica, ensino de turbinas a gás rede de turbinas, RTG.*

## **1. Introdução**

### *1.1. Concepção de um Laboratório de Turbinas do ITA (1949)*

O desejo de deter a tecnologia de turbinas a gás no Brasil não é recente. É preciso retornar à época do término da segunda guerra mundial, quando foi criada a COCTA – Comissão Organizadora do Centro Técnico de Aeronáutica, (1945). Muito da história da COCTA, como muitas outras coisas, se perderam dado o péssimo costume nacional de descuidar-se da documentação adequada, desprezo ao passado, gosto discutível de se espelhar em fatos externos que muitas vezes nem para os próprios países são adequados e, mais significativamente ainda, não dar continuidade às coisas através da preparação e da manutenção de recursos humanos capacitados e em número adequado. Hoje se deve acrescentar, ainda, a convicção equivocada de que se o empreendimento não der lucro imediato, em dinheiro vivo, não presta.

A COCTA objetivava para viabilizar no Brasil os meios para formação de engenheiros aeronáuticos. Coube a Casemiro Montenegro Filho (marechal-do-ar) o papel importante de reunir os meios e empregá-los de forma eficiente, acima de uma fundação sólida constituída de uma visão clara das necessidades da época e do futuro. Pormenores da concepção, motivação e movimentação de meios, colocação em prática e realizações constam de publicações como ITA 50 Anos (Fischetti, D., 2000). O CTA, Centro Técnico Aeroespacial, é a evolução da COCTA.

Reconhece-se sem contestação que a indústria aeroespacial brasileira surgiu em decorrência da capacidade de formação de recursos humanos especializados em aeronáutica, de alto nível, concebidos pelo plano do COCTA. Na área de turbinas a gás, também o COCTA fez contribuições importantes como a concepção e construção das fundações de um complexo de bancos de ensaios. Não faz parte deste trabalho a descrição desse plano, mas, sim, registrar apenas a parte relacionada com as turbinas a gás. Há plantas arquitetônicas datadas de 1947, do prédio da Subdivisão de Propulsão, conhecido por PMO, antigo laboratório de motores do ITA, das quais já constavam os bancos de ensaios de compressores (1050 hp), câmaras de combustão, turbinas (1500 hp) e de motores completos. As características desses bancos indicam que os bancos em implantação eram os mais modernos para a época, compatível com o desejo de desenvolvimento de turbinas a gás no país. Aliás, essa conclusão pode ser corroborada pelas atividades do CTA, pioneiro no desenvolvimento de helicóptero, estatojato, dentre outros produtos, alguns deles bem conhecidos hoje.

Mais recentemente o CTA desenvolveu estudos para a construção do Laboratório de Turbinas do CTA no prédio do PMO, sendo estes desenvolvidos sem o conhecimento dos planos iniciais do COCTA. Comparado o plano atual com o concebido antes de 1947 apenas diferem as potências dos dinamômetros. Até os locais escolhidos mais recentemente coincidem com os do plano de 1947, um fato muito interessante que causou, até, situações de emoção quando a planta antiga foi descoberta. Em 1947 se previa um motor de 1050 hp para o banco de compressores e hoje 1500 kW; 2000 hp para o dinamômetro do banco de turbinas e hoje 2000 kW.

Essas potências estão de acordo com a tecnologia mais avançada de motores na faixa de 1000 kW de potência, necessários para aeronaves na faixa do avião Brasília, o que indica que os bancos preconizados antes de 1949 poderiam estar contemplando aeronaves como o atual Bandeirante!

A construção desses bancos de ensaios que constam da planta de 1949 nunca foi além da viga e do bloco de inércia do compressor de 1200 hp citados e nem se sabe o seu porquê, embora o contexto em que o CTA esteja inserido, e principalmente por ser um centro tecnológico de idéias avançadas, permitam tirar conclusões.

## 1.2. Programa de Turbinas do CTA

A primeira fase de um possível Programa de Turbinas do CTA não possui documentação da qual se possa obter o plano, embora se possa afirmar que existiu, em decorrência das instalações de ensaios existentes no PMO na década de 1970: banco de ensaios de turbojato (turbina Marboré IV) e de estatojato (a partir de um túnel de vento energizado até Mach 0,7 pela sucção provocada pelo escapamento de uma turbina Derwent), todos operacionais à época.

Nessa época foi iniciado o Projeto Turbinas que tinha por finalidade a implantação de indústria de motores aeronáuticos no Brasil. Entendimentos com fabricantes tradicionais de motores aeronáuticos (turbinas e motores a pistão), como Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Garrett, Lucas Aerospace, Kongsberg, Lycoming, resultaram em diversos projetos para formação de recursos humanos e, ao mesmo tempo, para o desenvolvimento de grupos turbogeradores para diversas aplicações. Uma síntese desses projetos é apresentada neste trabalho, a título de divulgação, já delineado na palestra proferida no Encontro de Inserção de Tecnologias de Turbinas a Gás no Brasil (MME, 2001), organizado pelo MME, MCT, MDIC e Firjan, em 25 e 26 de setembro de 2001, no Rio de Janeiro.

O Projeto Turbinas inseria-se num Programa de curto, médio e longo prazos, visando Formação de Recursos Humanos, Capacitação em ensaios, implantação de Bancos de ensaios para Compressores (1,5 MW), Câmaras de combustão, Turbinas (2 MW), Sistemas (diversos: sobrevelocidade, combustível, etc), Motores completos: Turboeixos, Turboélices - (aeronaves Brasília), Turbojatos, Turbofans (50 kN) - (aeronave classe AMX), bem como fabricação de motores completos: Turboeixos, Turboélices (500 kW), Turbojatos, Turbofans (50 kN)

A montagem de uma equipe de turbinas foi custeada pelo Ministério da Aeronáutica, com apoio decisivo da Secretaria de Tecnologia Industrial do MIC, apoiados pelo British Council através do qual se obteve a assessoria do Cranfield Institute of Technology (hoje Cranfield University) para a configuração de um time adequado à implantação de uma indústria de turbinas no país, a realização de “short courses”, “specialist courses”, programas de treinamento “mão-na-massa”, programas de mestrado e de doutorado, além de projetos conjuntos de desenvolvimento de turbinas a gás.

Diversos projetos de capacitação de recursos humanos do tipo mão-na-massa foram desenvolvidos para aplicações diversas como:

- Gevaudan (15 kW)
  - ⚡ Pod para partida do motor Rolls-Royce Viper, homologado para vôo na aeronave Xavante.
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo – instalado na Santa Casa de São José dos Campos, onde operou por mais de 10 anos.
- Lucas (50 kW)
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo tendo álcool etílico como combustível, instalado na vila de Cações (BA), onde operou por mais de um ano.
- Garrett (500 kW)
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo tendo o diesel como combustível
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo tendo álcool etílico como combustível, instalado em uma usina de produção de álcool etílico a partir de mandioca, onde operou por cerca de um ano- (CE)
- Kongsberg (1000 kW)
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo, projetado para trabalhar em ciclo combinado com turbina a vapor. Parte do projeto foi realizada porque o projeto foi encerrado sem ser concluído.
- Rolls-Royce (10.000 kW)
  - ⚡ Grupo gerador elétrico autônomo, ficou apenas no papel, uma vez que recursos financeiros não foram obtidos.

A capacitação de recursos humanos, através de estágios técnicos e desenvolvimento conjunto de projetos, teve o apoio de diversas indústrias como a Garrett (AiResearch Mngf. Co. of Arizona) (EUA), para o estudo de aplicações de turbinas utilizando álcool etílico (Desempenho, Sistema de combustível (álcool), Grupos geradores de eletricidade); Kongsberg (Noruega) para aplicações de turbinas a gás em ciclos combinados (Desempenho, Grupos geradores de eletricidade, Ciclos combinados); Rolls-Royce (Inglaterra) para o projeto e fabricação de turbinas a gás.

A Rolls-Royce merece menção especial uma vez que foi a firma com que o CTA esteve mais envolvido. Diversos

projetos de turbinas a gás foram objetos de consideração entre os dois, chegando mesmo o CTA a participar do projeto de um turboélice na faixa de 500 kW, juntamente com a Fiat da Itália. O CTA deixou o projeto porque não tinha pessoal capacitado em número e quando exigisse o projeto.

Projetos próprios também foram desenvolvidos. À época, o sistema de telecomunicações brasileiro passava por dificuldade quanto ao suprimento de óleo diesel para os motores que acionavam os geradores para produção de eletricidade para as torres de retransmissão de microondas. Foi concebido, projetado, fabricado e homologado um grupo gerador que operava em ciclo Rankine fechado, com vida de 20000 horas sem manutenção. Havia necessidade de cerca de 1000 dessas máquinas, que deveriam ser fabricadas e colocadas em operação mas o projeto foi encerrado sem a transferência da tecnologia para a indústria.

Em parceria com a CBT, Companhia Brasileira de Tratores, foi projetado, fabricado e ensaiado em banco um turbopropulsor capaz de produzir 320 N de empuxo, para aplicação como grupo propulsor de uma aeronave telecomandada, de interesse da aeronáutica e da marinha e de forças armadas de outros países. A CBT chegou a projetar, fabricar e instalar o motor numa aeronave mas o projeto foi também encerrado sem que o primeiro vôo tivesse acontecido.

Para equipar uma aeronave telecomandada em projeto no CTA, foi concebido, projetado e iniciada a fabricação de um turbopropulsor de 1000 N de tração. Uma versão turboeixo de 170 kW foi concebida, mas o projeto foi suspenso. Esse projeto foi discutido em todos os seus pormenores com a Rolls-Royce com vistas à fabricação em parceria.

### 1.3. Laboratório de Turbinas do CTA

Para dar apoio aos projetos a serem desenvolvidos, foi idealizado, especificado e projetado um conjunto de laboratórios de pesquisa. Um esquema desse Laboratório de Turbinas está feito na Fig. 1. Sua idealização teve por base o apoio às pesquisas de turbinas a gás desenvolvidas não só no CTA como em outras instituições brasileiras. Essa concepção de utilização compartilhada por outras instituições nasceu com o projeto dos bancos, pois desde então se teve consciência de que seriam requeridos investimentos elevados para esses bancos de ensaios, recursos esses que não estariam, de um modo geral, disponíveis para todas as universidades (Barbosa, 1996).

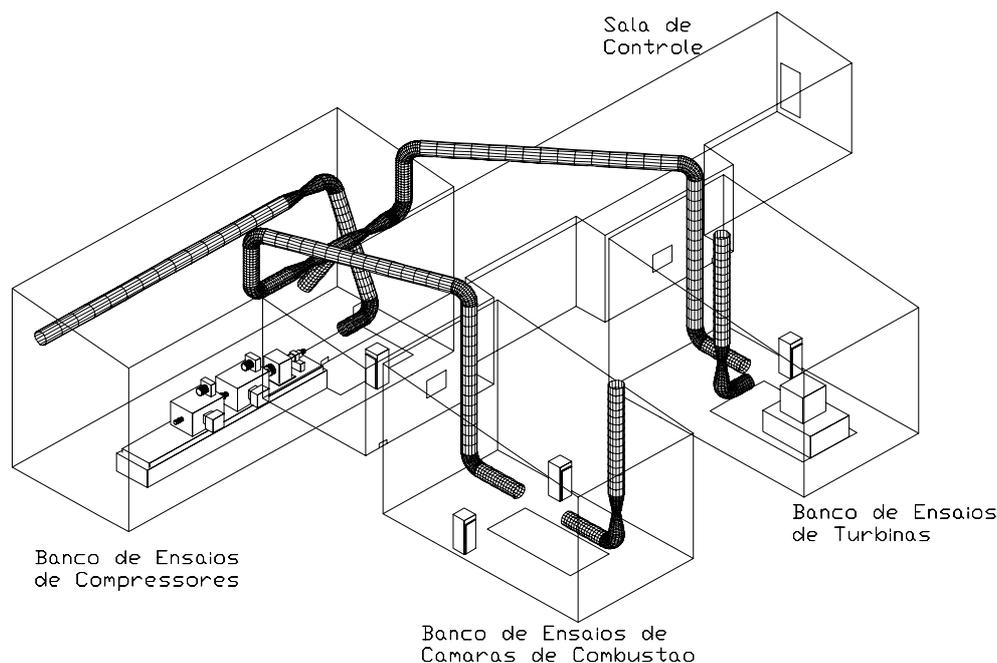


Figura 1 – Esquema das instalações de ensaios em implantação no CTA (Barbosa, 1996)

### 1.4. Relacionamento do CTA com Universidade e Empresas

A característica marcante do relacionamento do CTA com Universidades tem sido a não-institucionalização, isto é, a informalidade, de sorte que é difícil a continuidade de projetos porque estes ficam dependentes apenas do empenho pessoal de cada um e não da Instituição. Alguns desses contatos informais têm durado dezenas de anos, mas muito mais proveito poderia ser tirado se houvesse acordo formal, com metas e prazos estipulados, com compromissos assumidos de ambas as partes. Têm sido também esporádicos, fortemente dependentes de esforços pessoais, procurados para resolver problemas isolados. Por exemplo: com a Escola Federal de Engenharia de Itajubá, um dos mais antigos parceiros, teve-se um entendimento no sentido de que trabalharíamos em conjunto, com o CTA se dedicando mais à parte aeronáutica e a EFEI à industrial. Funciona mais à base da amizade consolidada ao longo das décadas de relacionamento. Com o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), cujos pesquisadores se propuseram até a criar linhas novas de pesquisa para contemplar projetos relacionados diretamente com as turbinas a gás. Ultimamente está resumido a encontros ao acaso, durante congressos. Com a UNESP/FEG (campus de Guaratinguetá), que incentivou, tanto nos

seus cursos de graduação como no de pós-graduação, o aparecimento de cursos e pesquisas relacionadas às turbinas. Com a Unicamp, cujos contatos iniciais foram à época da criação do grupo de turbinas do CTA. Houve bastante interesse da Unicamp, com participação de um de seus membros nos cursos apresentados por Cranfield no CTA. Os contatos foram se tornando mais esparsos. Presentemente praticamente não existe mais. Com a USP de São Carlos aconteceu o mesmo. Com o IPT houve possibilidade de desenvolvimento de um projeto relativamente grande, relacionado com a fundição de peças da turbina (parte quente). Com a Celma, que na época pertencia ao próprio Ministério da Aeronáutica, que deveria ter produzido partes de uma turbina de 1000 N de empuxo, o relacionamento era bastante prezado e profundo, tendo contribuído bastante para a formação do pessoal do grupo de turbinas. Mas também foi desaparecendo com o tempo e nada da turbina foi fabricado. Com a Rolls-Royce, da Inglaterra, e com sua subsidiária Motores Rolls-Royce em São Bernardo do Campo, houve um relacionamento contínuo por muitos anos. Diversos engenheiros participaram de treinamentos em fábricas na Inglaterra. O CTA foi distinguido por muitos anos com a presença de especialistas da Rolls-Royce, para palestras técnicas. A Rolls-Royce financiou parte das despesas com a vinda de um pesquisador visitante de Cranfield ao CTA, permanecendo em São José dos Campos por um ano, trabalhando junto ao grupo de turbinas. Muitas citações como estas podem ser feitas, todas elas tendo desfechos muito parecidos: o desaparecimento aos poucos. Os pesquisadores não tiveram força suficiente para continuarem o projeto sem a sua institucionalização.

### *Cranfield Institute of Technology*

Menção especial é feita a Cranfield porque, desde a idealização da equipe de turbinas do CTA, na década de 70, aquela instituição tem estado ligada às atividades desenvolvidas aqui no Brasil. Foi construído, ao longo dos anos, um relacionamento bastante amigável entre as duas Instituições, embora extremamente informal. Sempre que possível há algum tipo de troca de professores e pesquisadores, por períodos que compreendem alguns dias a um ano. O financiamento desses projetos tem contado com a colaboração do British Council, da Rolls-Royce, do CNPq, da FAPESP, de Cranfield e do CTA. A continuidade do relacionamento tem dependido do esforço pessoal de cada um.

Essa experiência de intercâmbio tem-se mostrado boa, mas precisa ser formalizado através de algum tipo de programa, com objetivos, metas, alocação de recursos, comprometimento do pessoal envolvido. Programas semelhantes precisam ser estabelecidos com instituições semelhantes.

### *Tentativas de reunir universidades*

Algumas tentativas foram feitas para reunir as Universidades em torno de projetos de turbinas a gás. Foram realizadas algumas reuniões no CTA, para as quais foram convidados professores e pesquisadores que poderiam ter algum interesse nesses projetos, dentre aqueles com os quais os pesquisadores do grupo de turbina do CTA já haviam mantido alguma forma de contato. A primeira foi realizada no ITA, mas as informações a respeito de sua agenda e das conclusões se perderam. A segunda foi realizada nas instalações do grupo de turbinas do CTA, com a finalidade de exposição dos trabalhos em desenvolvimento e convite para que se estruturasse um programa de trabalho entre as Universidades. Tendo havido interesse dos presentes no estabelecimento de um programa de trabalho, foi marcado novo encontro, que deveria ser realizado em março de 1990, no CTA. Entretanto, devido à intervenção do governo federal no meio financeiro, bloqueando as movimentações bancárias da maioria dos brasileiros, muitos não puderam comparecer porque ficaram sem dinheiro para custear as despesas com viagem e estadia em São José dos Campos.

Após um golpe mortal como esse, e a desestruturação geral que se seguiu, teve-se que abandonar a estratégia escolhida. O grupo de turbinas passou a fazer o que podia, sem recursos e com a direção avariada.

## **2. Rede de Turbinas**

Em meados de 2001, o Ministério de Minas e Energia, tendo em vista a falta de mão-de-obra especializada em todos os níveis, que poderia comprometer o programa de utilização de turbinas a gás para gerar energia elétrica em larga escala, organizou e promoveu o Encontro Para Inserção de Tecnologias de Turbinas a Gás (MME). Esse interesse do MME na utilização de turbinas a gás veio reacender a chama de esperança do pessoal que, diretamente ou indiretamente, tem trabalhado com esses motores. Deste evento, um diagnóstico dos problemas existentes e propostas de encaminhamento de soluções foram apresentadas. As conclusões deste evento podem ser encontradas no endereço eletrônico <http://www.mme.gov.br/encontro/default.htm>. Certamente as principais conclusões foram:

1. Formação de recursos humanos para operação, manutenção e projeto, não só de especialistas como também na graduação e pós-graduação.
2. O Brasil não detém o conhecimento de toda a cadeia produtiva para a fabricação de centrais termoeletricas com turbinas a gás, mas detém tecnologia de grande parte dos equipamentos de uma central e a possibilidade de fabricar peças de reposição para turbinas a gás.
3. Necessidade de laboratórios didáticos e de pesquisa para formação de pessoal e desenvolvimento de componentes.
4. Intercâmbio de informações a nível nacional e internacional.

Neste contexto, foi analisada a oportunidade de implantação de uma Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Turbinas a Gás (*RTG*).

A idéia de se criar a *RTG* foi exaustivamente discutida no ITA, no CTA, no MME e na FINEP. Experiências de implantação de projetos e de gerenciamento foram analisadas, procurando-se aproveitar os sucessos alcançados e evitar os problemas que ocorreram. Foram feitas diversas consultas no meio acadêmico e industrial que poderiam envolver-se

nesse projeto. Como resultado, optou-se pelo modelo ora apresentado, que poderá ser adaptado continuamente em função dos resultados obtidos.

### 2.1. *Estratégia de criação e colocação em operação*

Foi organizado e redigido um documento básico, com o seguinte conteúdo:

Os Objetivos da Rede

A Capacidade da Rede, isto é, para a consecução dos objetivos, o que a rede deve produzir em termos de conhecimento, produtos e processos.

A Estratégia para a consecução dos objetivos

O Regimento da Rede

O Organograma da Rede

Esse documento, na forma atual, engloba sugestões coletadas através de trocas de e-mails com a comunidade que se mostrou interessada em trabalhar em Rede. Segue-se o seu teor completo.

### 2.2. *Objetivos*

Deter a tecnologia de concepção, projeto, fabricação, montagem, ensaios, desenvolvimento e aplicações de turbinas a gás.

### 2.3. *Capacidade da Rede*

Para a consecução dos objetivos, a rede terá as seguintes capacidades:

**Desempenho** - simulação de desempenho de turbinas a gás em geral

**Compressor** - concepção em geral, projeto aerodinâmico, simulação de desempenho, ensaios.

**Câmara de Combustão** - combustíveis para turbinas a gás, combustão, concepção em geral, projeto aerodinâmico, simulação de desempenho, ensaios.

**Turbina** - concepção em geral, projeto aerodinâmico, simulação de desempenho, ensaios.

**Dinâmica de Conjuntos Rotativos** - vibrações (transversais, torcionais, etc), ensaios.

**Controle** - concepção de sistemas de controle de turbinas a gás em geral, projeto, simulação de desempenho, ensaios

**Projeto Mecânico** - concepção de formas construtivas de turbinas a gás em geral, esquemas, cortes, projeto mecânico, análise de tensões, desenhos de fabricação.

**Sistemas Auxiliares** - todos os demais sistemas de uma turbina a gás (lubrificação, combustível, partida, detecção e combate a incêndio, etc), ensaios de componentes.

**Materiais e Fabricação** - materiais para turbinas a gás, processos de fabricação de peças de turbinas a gás, metrologia, "procurement" / fabricação.

**Aplicações** - identificação de aplicações, especificação ciclos de turbinas a gás, usinas com turbinas a gás.

**Ensaaios** - ensaios de turbinas a gás completas.

### 2.4. *Estratégia*

**Coordenação** - coordenar harmonicamente os pontos da rede para que haja contínua e aprofundada capacitação, desenvolvimento de projetos e documentação do conhecimento gerado.

**Ensino** - atuação no sentido de sugestão de currículos de matérias e de cursos, ação em níveis adequados para que os currículos de graduação e de pós-graduação das Unidades participantes da rede contemplem o que for sugerido.

**Treinamento** - preparação de pessoal (da rede e de outras instituições), de infra-estrutura e de meios para treinamento, em todos os níveis, de pessoal para o trabalho com turbinas a gás.

**Infra-estrutura** - adequação da infra-estrutura das unidades participantes da rede, em termos de laboratórios didáticos e de pesquisa, para permitir a capacitação adequada.

### 2.5. *Regimento da Rede*

#### **Introdução**

A *RTG* baseia-se na congregação de esforços de toda a comunidade nacional para a detenção da tecnologia de turbinas a gás. Para tanto, deverá atingir objetivos intermediários imediatos (objetivos de curto prazo), outros que requeiram maior tempo de maturação da rede (objetivos de médio e longo prazos):

**Objetivos de Curto Prazo** - são aqueles a serem atingidos dentro de 1 ano do início de operação da *RTG*

- ✓ Nivelamento da **infra-estrutura de apoio didático** das Instituições de Ensino filiadas à *RTG*, através da aquisição de referências bibliográficas, kits de experiências e outros materiais didáticos.
- ✓ Implantação de um **centro de informática** em cada Instituição, formando uma rede de computadores dedicados à *RTG*, contendo os equipamentos de informática exigidos para uma completa e rápida transmissão de informações pela rede, inclusive reuniões e conferências destinadas a agilizar todos os processos realizados pela rede.
- ✓ Preparação de um **plano estratégico** a fim de que os objetivos sejam atingidos; preparação e submissão de Projetos previstos nesse plano estratégico.
- ✓ Consolidação da *RTG*.

**Objetivos de Médio Prazo** - são aqueles a serem atingidos dentro de 5 anos do início de operação da **RTG**

- ✓ **Formação de recursos humanos** na quantidade e na qualidade requeridos para o pleno funcionamento da **RTG**.
- ✓ **Implantação dos Laboratórios de Pesquisa**.
- ✓ **Projeto, fabricação, ensaios, desenvolvimento** de componentes de turbinas a gás.
- ✓ **Projeto, fabricação, ensaios, desenvolvimento** de turbinas a gás.

**Objetivos de Longo Prazo** - são aqueles a serem atingidos depois de 5 anos do início de operação da **RTG**

- ✓ **Consolidação** da tecnologia de projeto, fabricação, ensaios e desenvolvimento de turbinas a gás

### Constituição

A Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Turbinas a Gás (**RTG**), é a composição dos esforços das pessoas e da infra-estrutura por elas angariada, com a finalidade de deter a tecnologia de concepção, projeto, fabricação, montagem, ensaios, desenvolvimento e aplicações de turbinas a gás.

Os recursos financeiros exigidos para a sua implantação e operação são das Unidades da **RTG** e os repassados pela FINEP, oriundos principalmente do Fundo Setorial de Energia Elétrica-CT-ENERG.

É gerida por uma Coordenadoria constituída por um Coordenador Geral e por Coordenadores de Áreas (Aplicações, Recursos Humanos, Pesquisa e Desenvolvimento, Fabricação e Ensaios), de acordo com o Organograma anexo.

O Coordenador Geral é indicado pela FINEP; os Coordenadores de Áreas são indicados pelos representantes das Unidades da **RTG** em uma reunião plenária.

### Implantação

A FINEP é a encarregada pelo Conselho Gestor do Fundo Setorial de Energia Elétrica-CT-ENERG a implantar e acompanhar a operação da **RTG**. A implantação é baseada em diversas discussões prévias, na avaliação do interesse e da vontade de pessoas em trabalho cooperativo para a detenção da tecnologia de turbinas a gás.

Será realizada nas seguintes fases:

1. Concepção da **RTG** e preparação de documento de delineação.
2. Identificação de interessados em afiliação à **RTG**.
3. Discussão do documento de constituição (distribuído a todos os interessados em participação da **RTG** e votado em reunião plenária dos representantes das Unidades da **RTG**).
4. Indicação do Coordenador Geral pela FINEP
5. Indicação dos Coordenadores de Área, pelos representantes das Unidades da **RTG**, em reunião plenária.
6. Início da operação da **RTG** com a solicitação de Projetos aos membros da **RTG**
7. Operação da **RTG**.

### Projetos

A **RTG** operará através de Projetos submetidos pelos seus integrantes através dos Coordenadores de Áreas. Cabe aos Coordenadores de Áreas a orientação para que os Projetos maximizem os recursos disponíveis na **RTG**. Terão preferência os Projetos que envolvam diversas Unidades da rede.

Os Projetos serão classificados como de Capacitação ou Tecnológicos. Os Projetos de Capacitação devem contemplar a implantação e o desenvolvimento dos recursos humanos e de infra-estrutura científica de apoio. Os Tecnológicos devem objetivar o desenvolvimento de um produto específico. Os Projetos Tecnológicos poderão ser Próprios (originados na **RTG**) ou encomendados por terceiros.

Os Projetos serão preparados em dois níveis: Preliminar e Detalhado. O **Projeto Preliminar** contempla a concepção do que se pretende desenvolver, distribuição de tarefas e identificação de interfaces. Deve ter a forma e o conteúdo suficientes para que fique registrado o que se pretende realizar e para que sua importância, viabilidade e oportunidade sejam avaliadas. Destina-se também a estudos de priorização de alocação de recursos, alocação de tempos dos integrantes da **RTG** e comprometimento das Unidades. O **Projeto Detalhado** contempla, em nível adequado, o trabalho a ser realizado. É a partir dele que os recursos financeiros serão alocados. Deve conter os pormenores de realização do Projeto Preliminar e ser montado após a sua aprovação. Somente após sua aprovação é que os recursos serão alocados. O acompanhamento do Projeto será feito a partir do Projeto Detalhado.

A **RTG** operará por encomendas do Comitê Gestor do Fundo Setorial de Energia Elétrica-CT-ENERG: o Coordenador Geral da **RTG**, através dos Coordenadores de Áreas, compatibilizará os Projetos Preliminares e os submeterá à apreciação do Conselho Gestor do Fundo Setorial de Energia Elétrica-CT-ENERG. Aprovados os Projetos Preliminares, o Coordenador Geral, através dos Coordenadores de Áreas, compatibilizará os Projetos Detalhados e os encaminhará à FINEP, para o processamento e alocação de recursos.

### Acompanhamento e Divulgação de Resultados

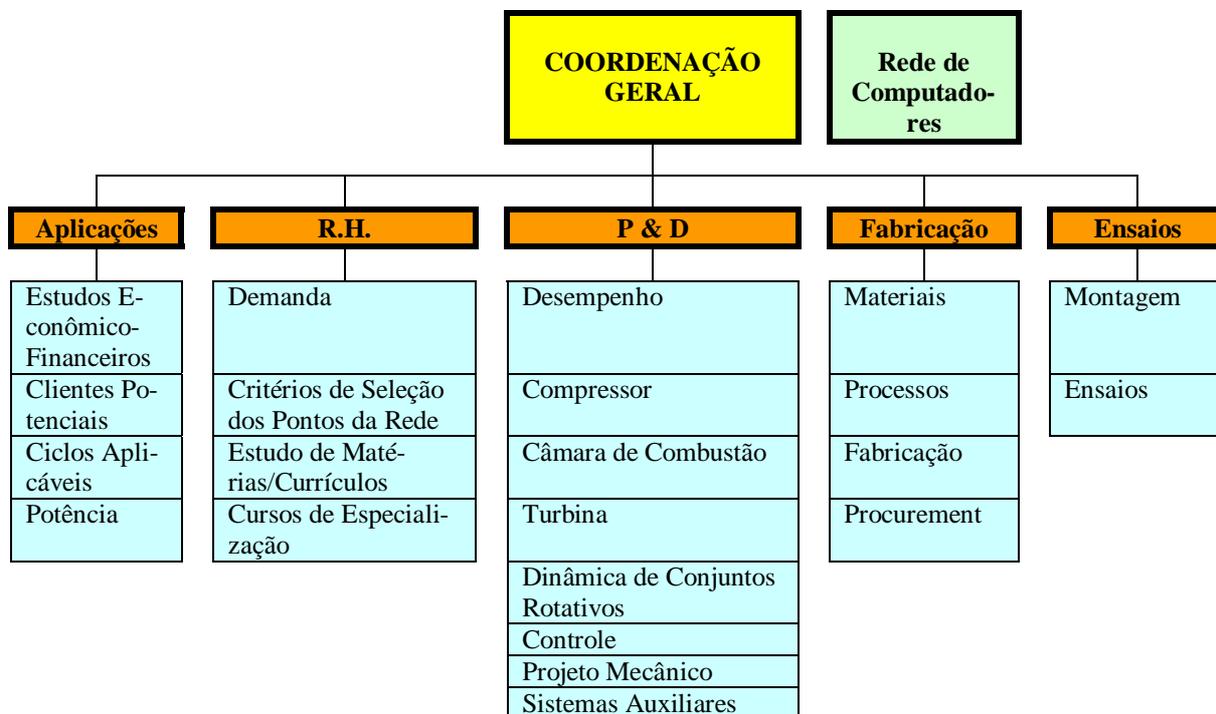
Para a operação harmoniosa da **RTG** haverá acompanhamento dos Projetos, tanto física como financeiramente, bem como a divulgação dos resultados obtidos. O acompanhamento **Físico/Financeiro** são as atividades da Coordenação da **RTG** e da FINEP para constatar a conformidade do realizado com o planejado, sugerindo providências a serem tomadas em caso de discrepâncias. A **Divulgação** são as atividades da **RTG** e das Coordenações para que se tornem aces-

síveis à comunidade os resultados obtidos com o desenvolvimento dos Projetos e com a operação da **RTG**, através de reuniões, palestras, conferências, congressos, revistas, ou outras atividades julgadas oportunas.

Os resultados advindos dos Projetos são de propriedade da **RTG**.

### 2.6. Organograma da **RTG**

Foi proposta a seguinte organização para a **RTG**:



A FINEP realizou uma reunião de representantes das instituições que manifestaram interesse em participar da **RTG**, no dia 25 de fevereiro de 2002, em seus escritórios em São Paulo. A pauta dessa reunião constou do pronunciamento do representante da FINEP, Laércio de Sequeira, informando sobre o andamento da implantação da **RTG**, aprovada pelo Conselho Gestor do CTEneg, do comprometimento de recursos do CTEneg e do comprometimento de sua instituição com a **RTG**. A FINEP indicou o Prof. Jeremias Alencar para Coordenador Geral da **RTG** dada a sua larga experiência com todas as fases que envolvem a colocação em bancos de ensaios de uma turbina a gás e a sua disponibilidade de dedicar-se em tempo integral à persecução dos objetivos da **RTG**.

Foram eleitos e empossados os coordenadores das áreas:

Fabricação: Pesq. Eduardo Albertin (IPT)

Pesquisa e Desenvolvimento: Prof. João Roberto Barbosa (ITA)

Recursos Humanos: Prof. Marco Antonio Rosa do Nascimento (EFEI)

Aplicações e Ensaaios: não houve indicação de nomes, tendo sido resolvido que o Coordenador Geral entraria em contato com possíveis interessados e apresentaria os nomes posteriormente.

A reunião foi finalizada com o apelo a todos para que se reunissem em suas instituições, entrassem em contato com seus colegas de outras instituições, a fim de que Grupos de mesmo interesse fossem formados e avaliados projetos que poderiam ser implementados, todos com vistas à produção de uma turbina a gás como meio de alavancar a disseminação do estudo das turbinas a gás no país.

A fim de dar continuidade à implantação da **RTG**, o coordenador geral convocaria uma reunião dos coordenadores de área, com a máxima urgência possível, para a colocação em prática da estratégia escolhida.

### 3. Instituições envolvidas

Manifestaram interesse de participação na **RTG** as seguintes instituições: ANEEL, ANP, CELMA (GE), CTA-IAE, CT-UFES, EESC-USP, EFEI, IME, INPE, IPT, ITA, LNCC, MME, PETROBRÁS, EPUSP, PUC-MG, PUC-Rio, UC-Petrópolis, UFBA, UFMG, UFPA, UFRJ, UFSC, UnB, UNESP/Feg, UNICAMP, USP.

Outras poderão juntar-se à **RTG**, integrando-se aos projetos a serem realizados.

### 4. Pesquisa e Desenvolvimento

Está em discussão entre todos os membros da **RTG** uma minuta de documento que guiará o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da rede. Nele está proposta uma estratégia de ação para que a motivação de todos permaneça elevada e para que, em tempo relativamente curto, partes de uma turbina a gás possam ser produzidas e ensaiadas.

Um resumo do conteúdo desse documento segue abaixo.

### *5.1. Grupos de Pesquisa e Desenvolvimento*

Sob este título pretende-se reunir o pessoal com atividades, projetos ou interesses, com um Coordenador de Grupo (a ser escolhido pelos membros), em:

#### **Aerotermodinâmica**

- Desempenho do motor
- Compressores
- Câmaras de Combustão
- Turbinas
- Dutos
- Bocais

#### **Projeto mecânico**

- Concepção
- Tensões
- Vibrações
- Dinâmica de conjuntos rotativos
- Mancais
- Transferência de calor
- Especificação de materiais
- Desenhos de fabricação

#### **Sistemas**

- Controle
- Combustível
- Lubrificação
- Partida
- Ignição
- Auxiliares

Embora os títulos indiquem razoavelmente os objetivos de cada Grupo, é conveniente que sejam definidos claramente, logo no início das atividades.

Observar que os membros dos Grupos estarão possivelmente em diversas instituições.

### *5.2. Definição do modo de atuação*

A experiência tem mostrado que somos levados a um estado de desinteresse caso “as coisas” não produzam algum resultado “logo” e continuem a produzir resultados para “reanimar” e “manter o interesse”. Há, certamente, diversos caminhos que poderiam ser seguidos. Partir do zero é a opção que fará com que todos os passos de um projeto complexo sejam dados, mas não é a adequada caso o prazo para se obter um motor rodando tenha que ser curto. Partir de algo já existente poderia satisfazer essa necessidade de “logo” se produzir alguma coisa e estimular o interesse. Neste caso, seria necessário comprar uma turbina, instalá-la e rodá-la o quanto antes. Os Grupos se encarregariam de “destrinchar” cada parte dela e trabalhar em projetos que visariam a substituir cada uma das partes dessa turbina existente. A vantagem desse procedimento é a própria turbina tornar-se um banco de ensaios. Os tipos de trabalho dos grupos seriam, por exemplo: o Grupo de compressores projetaria, produziria e substituiria, estágio por estágio, o compressor (de uma turbina que está rodando). O Grupo de câmara de combustão, em paralelo, agiria analogamente, chegando a uma nova câmara de combustão. E assim por diante.

Existe também uma desvantagem adicional que é a existência de restrições impostas pelo “banco de ensaios” que seria a própria turbina adquirida.

### *5.3. Definição dos subconjuntos cuja tecnologia é conveniente de ser dominada*

Para se produzir uma turbina a gás como o pretendido através da **RTG**, pode-se lançar mão de parceiros da indústria, que já estão produzindo partes que podem ser utilizadas. Alguns componentes, entretanto, são vitais e suas tecnologias precisam ser adquiridas e perpetuadas em nossas Instituições.

### *5.4. Modo de ataque dos diversos problemas*

Deve-se ter em mente que nos objetivos está a formação de recursos humanos, a ser atingido através de ações a serem desenvolvidas e dirigidas por outra Coordenadoria. Entretanto, está-se trabalhando com material muito rico para o desenvolvimento de trabalhos em diversos níveis: iniciação científica, trabalhos de graduação, teses de mestrado e de doutorado, pós-doutorado, etc. Para isto, propõe-se montar um **Caderno de P&D** a partir de contribuição de todos. Esse caderno conterá diversos temas, seus objetivos, descrição sucinta, condições de desenvolvimento, nome de orientadores e local de realização do trabalho. Será o documento mais importante para guiar as atividades dos Grupos, sendo atualizado continuamente.

Para a obtenção de resultados “logo” podem ser adquiridos programas computacionais (software) existentes, já validados. Em paralelo, serão desenvolvidos os programas próprios, cujas validações parciais podem ser feitas com os programas “comerciais”. Não se estará inovando nesse aspecto, uma vez que muitos fabricantes de turbinas usam programas como os sugeridos.

### 5.5. *Treinamento da RTG.*

Os conhecimentos estão espalhados pelas diversas instituições, como era de se esperar. Essas instituições podem organizar-se para produzir uma série de cursos sobre turbinas a gás, com contribuições individuais de todos. Carências podem ser remediadas com a contratação de serviços de Universidades estrangeiras ou de empresas especializadas em turbinas a gás. Esses cursos devem ser oferecidos a um núcleo de reprodutores (professores e pesquisadores) e estes, a partir do material coletado nesses cursos, serão oferecidos a um público mais amplo. Deverá haver cursos em todos os níveis, desde os técnicos, de operação e manutenção, até os de estudos avançados para subsidiar pesquisas.

A especialização dos Grupos será conseguida através da colocação em andamento dos projetos especificados no Caderno de P&D.

Periodicamente serão realizados Simpósios da **RTG** e participação destacada em Congressos, com a solicitação de agrupamento dos artigos apresentados pelos membros da **RTG**.

### 5.6. *Formação da Infra-estrutura de Apoio*

A **RTG** tomará as providências para produzir efeitos “logo” através da produção “imediate” de uma infraestrutura básica de apoio com a oferta de “kits “ biblioteca, laboratório didático e rede de computadores.

#### **Kit biblioteca**

Será feito levantamento de obras que cobrem as áreas básicas para se chegar a uma lista das obras mais significativas a serem adquiridas para as bibliotecas das instituições participantes. Cada um dos integrantes da rede foi convidado a participar dessa preparação, apresentando aos Coordenadores dos respectivos Grupos suas sugestões.

#### **Kit Laboratório Didático**

Pretende-se implantar um “laboratório didático de turbinas a gás” em todas as instituições que, em seus currículos, contemplem uma série de disciplinas que caracterizem o ensino sistemático de turbinas a gás.

A finalidade desse laboratório é expor alunos, professores, pesquisadores, pessoal de apoio, em um ambiente de trabalho com turbinas a gás, para permitir melhor entendimento da máquina, dos fenômenos nela envolvidos, modo de operação, atividades essas que devem apoiar o ensino e a pesquisa.

Esse laboratório deverá ter um banco de ensaios de turbina a gás (didático), turbinas em corte para servir de apoio a aulas em geral, partes e peças de turbinas, quadros, fotos, etc. Parte deverá ser adquirida de imediato, parte deverá ser obtida através de entendimentos com as indústrias de turbinas, a serem mantidos pelas próprias instituições.

Foram solicitadas sugestões a todos os membros da rede, com a finalidade de se especificar o conteúdo desse kit.

#### **Kit Rede**

Por último, mas não menos importante, a **RTG** deverá montar uma rede de microcomputadores, na configuração mínima sugerida, para garantir que todos possam comunicar-se e terem acesso às informações sobre a **RTG** (cursos, palestras, referências bibliográficas, produções diversas, trabalhos de IC, trabalhos de graduação, teses, alunos, etc.)

Cada instituição designará local para receber esse Kit, de tal forma que todos possam utilizar suas facilidades para apoiar seus trabalhos. Foram solicitadas sugestões de todos, a partir da seguinte especificação básica:

1) **microcomputador** (configuração mínima): Pentium IV, placa mãe adequada, processador 1,8 GHz, 512 MB RAM, HD 80 GB, DVD (leitor, por enquanto), CD-RW, monitor 17” de boa resolução, placa de vídeo e TV, câmera de vídeo, placa de rede, placa de fax, microfone, etc.

2) **impressora** jato de tinta (cores) para trabalho pesado.

3) **sistema operacional e aplicativos essenciais**

Foi solicitada de todos a análise do proposto acima, a fim de se preparar a agenda de atividades de P&D, bem como a proposição de um cronograma de desenvolvimento das atividades da rede.

## **5. Situação Atual**

Está em fase de preparação o Projeto referente à Fase I da implantação da RTG, compreendendo o projeto aerodinâmico de uma turbina a gás de 1 MW e potência, os bancos de ensaios de compressor, câmara de combustão e turbina, além de bancos de ensaios didáticos e para apoio ao desenvolvimento de componentes do motor. Esse Projeto deverá ser submetido à FINEP ainda no primeiro semestre de 2002.

## 6. Referências bibliográficas

Barbosa, J. R., 1996, Um programa para desenvolvimento da capacidade nacional em turbinas a gás. II Encita, ITA, São José dos Campos, 16 a 18 de outubro de 1996, p 142-145.

MME, MCT, MDIC, FIRJAN, 2001, Encontro para Inserção das Tecnologias de Turbinas a Gás no Brasil, 25 e 26 de setembro de 2001, Federação das Indústrias do Rio de Janeiro.

Fischetti, D. (editor), 2000. ITA 50 Anos, Gráfica Melhoramentos.

***Abstract:** Gas turbines in Brazil are becoming a necessity as prime movers do keep pace with the rapid demand of electrical power, due to the lack of the usual sources are not enough. It is required that, at short term, the electric power generation be increased, what can be done with thermal power plants using gas turbines. Several power plants are being erected. Therefore, the intense use of gas turbines demands the necessity of qualified human resources at all levels. Colleges in this country, as a rule, do not contemplate courses on gas turbines. Just a few schools have gas turbine taught in their undergraduate courses. In addition to those courses, it is a must that the technology related to design, manufacturing, development and application of gas turbines be available in the country. Aiming at gathering the actual expertise of individuals in the University, industry and research organizations, it has been set up a gas turbine network (RTG). This work deals with the idealization, organization and sets up initial operational constraints of the network.*