

ASPECTOS ECONÔMICOS DE UM EMPREENDIMENTO NUCLEAR

Nelson Leon Meldonian (*) (**)
Edmilson Moutinho dos Santos (**)

- (*) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
(**) Doutorando - Área Interdisciplinar de Planejamento Energético - UNICAMP

RESUMO

A inserção de um reator nuclear de pequeno ou médio porte, no sistema elétrico brasileiro, é função de alguns aspectos político - econômicos.

A competitividade econômica de uma usina nuclear, para produção de energia elétrica, e função do tipo de projeto, sua localização, cronograma de execução física, aspectos institucionais, do desenvolvimento tecnológico, custo do investimento etc.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma abordagem preliminar dos aspectos econômicos determinantes do custo final por MWh de energia de origem nuclear, de modo a fornecer subsídios para futuros estudos.

INTRODUÇÃO

Em um ambiente socio - político - econômico de grande instabilidade, torna-se difícil a tarefa de planejar.

Dentro desse quadro desfavorável, para o planejamento sob o ponto de vista técnico, é fundamental a avaliação da competitividade das fontes primárias para a geração de energia elétrica. Desta forma, questões pertinentes ao volume de investimentos no setor, grau de dependência do capital externo, qualidade do suprimento de energia, proteção ao meio ambiente, capacitação da indústria nacional, surgem como objeto de discussão.

Neste trabalho, como ponto de partida, fornecemos informações qualitativas a cerca da forma de comparação econômica de projetos. A seguir tecemos comentários sobre as pequenas centrais nucleares (PCNs) e sua inserção no sistema elétrico brasileiro.

COMPARAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS DE GERAÇÃO

A comparação econômica de projetos é usualmente baseada no denominado " índice de mérito " (custo / benefício) do empreendimento, traduzido por custo unitário de geração e que matematicamente é definido como:

$$IM = (PI \cdot CUI \cdot FRC + PI \cdot CUOM + PI \cdot CUCB \cdot FCM \cdot 8,76) / EFA$$

onde:

- PI = potência instalada da central (kW)
CUI = custo unitário de investimento, com juros durante a construção (US \$ / MWh)
FRC = fator de recuperação de capital
CUOM = custo unitário de operação e manutenção, excluídos gastos com combustível (US \$ / kW / ano)
CUCB = custo unitário de combustível (US \$ / MWh)

FCM = fator de capacidade médio na vida útil da usina
EFA = energia firme anual da usina (MWh)

Considerando-se que FC é o fator de capacidade máxima efetiva da usina e que EFA pode ser expressa por:

$$EFA = (PI / 1000) \cdot (8760) \cdot (FC)$$

então temos:

$$IM = \frac{CUI \cdot FRC}{8,76 \cdot FC} + \frac{CUOM}{8,76 \cdot FC} + \frac{FCM \cdot CUCB}{FC}$$

O primeiro termo da equação acima reflete o custo anual de investimento, por MWh de energia firme da usina e não depende do nível médio de utilização da usina, mas apenas do fator de capacidade no período crítico. O segundo termo reflete o custo anual para operar e efetuar a manutenção na usina, por MWh de energia garantida. O terceiro termo reflete o dispendio anual esperado com o consumo de combustível na usina e é obtido através do produto do custo unitário do combustível para geração termelétrica, pela relação dos fatores de capacidade médio e de período crítico.

Com base no Índice de Mérito das usinas, é efetuada a ordenação das alternativas apresentadas, tendo em vista a incorporação ao sistema gerador existente.

PEQUENAS CENTRAIS NUCLEARES (PCNs)

A opção nuclear brasileira, no passado, foi baseada na importação de tecnologia e implantação de grandes reatores nucleares (600 - 1.200 MWe), além das tentativas de obtenção do domínio completo do ciclo do combustível.

O Programa Nuclear estabelecido junto com a Alemanha formulava a necessidade de um número excessivamente alto de reatores nucleares, justificando o raciocínio a partir de dados inadequados tanto para a previsão do crescimento econômico do país e a correspondente demanda de energia elétrica, como na avaliação de recursos hídricos disponíveis para a geração de eletricidade.

Hoje, e a curto prazo, parece evidente que a energia nuclear não se fará necessária na matriz energética brasileira. Entretanto, o que se precisa definir, são os potenciais energéticos para o desenvolvimento de médio prazo.

A energia nuclear tem enfrentado momentos críticos em sua história (Three Mile Island, Chernobyl etc) com conseqüente perda de credibilidade. O que se observa é uma tendência mundial da opinião pública em não aceitar argumentos técnicos demonstrando a segurança dos reatores nucleares e a baixa probabilidade de ocorrer um novo acidente de grandes proporções.

Desta maneira torna-se necessário definir alguns requisitos mínimos, capazes de caracterizar um reator como inerentemente seguro:

a) os sistemas de segurança naturais devem ser capazes de desligar o reator sob qualquer ocorrência anormal, nas condições de operação. É preciso garantir que mesmo em condições de acidente extremo, as manobras de operação do reator sejam simples, ou seja, o reator deve operar "relaxado", sem necessitar interferência de operadores;

b) mesmo em condições de acidentes, os sistemas de segurança, acionados por equipamentos passivos, tem de ser suficientes. Estes equipamentos devem garantir a retirada do calor residual e devem no futuro, eliminar a necessidade de sistemas redundantes de segurança;

c) sistemas que garantam mínima liberação de gases radioativos na atmosfera, mesmo em condições de acidente.

A materialização dos vários elementos que caracterizam o conceito de reator inerentemente seguro tem feito com que a indústria nuclear, a nível mundial, reformule algumas de suas diretrizes. Assim, tecnologicamente, verifica-se a retomada do interesse por reatores de pequeno e médio porte (PCNs), com capacidade instalada de até 600 Mwe.

Os projetos de PCNs que se encontram em desenvolvimento em vários países (AP 600 - Westinghouse, SBWR - General Electric etc) mostram-se bastante viáveis para serem comissionados até o ano 2000. O próprio aproveitamento de tecnologia tradicionalmente comprovadas, faz com que esses projetos não venham necessitar de plantas de demonstração, antes de estarem disponíveis comercialmente.

Para que se possa estudar a competitividade das PCNs, os modelos de análise devem refletir, explicitamente, o efeito de algumas variáveis fundamentais, como a taxa de desconto, a taxa de crescimento da demanda de energia elétrica a ser atendida, a composição do parque gerador e o fator de escala.

Atualmente, a economia de escala em reatores nucleares de grande porte, é bastante representativa. Neste caso, o custo por kW deve ser 50 % inferior ao custo de capital unitário de reatores de pequeno porte, que utilizam a mesma tecnologia e os mesmos conceitos de segurança.

As técnicas econômicas tradicionalmente utilizadas para o estudo e a medida de possíveis economias de escala em um processo produtivo, apenas permitem verificar como variam os custos dentro de uma faixa de 10 a 15 % a partir de uma planta de referência. Fora dessa faixa, podem ocorrer saltos tecnológicos que impõem descontinuidades nas curvas de custo, que não podem ser contabilizadas através de simples relações de escala.

Quando se projeta uma PCN, vários componentes podem apresentar saltos tecnológicos. Por exemplo, a menor potência e a menor densidade energética do núcleo, exigirão equipamentos e sistemas com especificações de classe de segurança, muito menos sofisticadas. Além do mais, muitos sistemas que em plantas tradicionais eram classificados como de segurança, exigindo, portanto, maior confiabilidade e redundância, nas PCNs não são mais necessários ou deixam de ser classificados como de segurança, reduzindo-se assim, de forma geral, o número de componentes.

Mesmo que as novas PCNs venham a ser menos econômicas, em termos de custos unitários de geração, existem outros elementos que podem justificar a sua atratividade para as empresas de energia elétrica, como por exemplo, a menor exposição financeira. Este fato pode inverter a ordem de mérito das fontes de geração.

A economicidade das PCNs deve ser estudada principalmente tomando-se em conta as várias possibilidades de escalada dos custos financeiros para a construção de grandes obras de geração elétrica. Muitas vezes essa escalada gera deseconomias que superam quaisquer vantagens de escala técnica conquistadas.

O menor período de construção e a maior certeza de que os cronogramas de obras previstos podem ser realmente executados, representam, a princípio, uma grande vantagem para a alternativa de PCNs.

Outro elemento que pode influenciar a economicidade relativa entre grandes e pequenos projetos de geração é a magnitude do crescimento previsto para a demanda de eletricidade. A diminuição da taxa de crescimento da demanda a ser atendida, gera vantagens para projetos de geração de menor porte.

Finalmente, a estrutura do parque gerador é fundamental para a viabilidade das PCNs nos programas de expansão. A entrada de uma dada planta, em um sistema de geração elétrica, tem efeitos sobre todo o conjunto, que não podem ser detectados pela simples comparação dos custos de referência de cada alternativa.

No caso brasileiro, com grande base hídrica, a análise não é simples, sendo necessário considerar as possibilidades técnicas e econômicas de se operar PCNs segundo a lógica de complementação térmica.

Outra possibilidade é planejar a introdução de PCNs como estratégia de postergação de grandes obras de geração, através da eliminação de pequenos gargalos nos quadros de demanda esperados. Neste caso a competitividade das PCNs, em relação à alternativa hidrelétrica, teria de se considerar a maior flexibilidade na localização das plantas nucleares, evitando-se pesados investimentos em linhas de transmissão.

A tabela abaixo nos fornece faixas de custo para diversas alternativas de geração,

onde pode ser observada a viabilidade econômica das PCNs, frente as demais.

Tabela 1 - Faixas de incertezas dos custos unitários de geração US \$ / MWh, de diversas tecnologias analisadas para anuais de descno de 10 e 15 %, a preços de 1990.

ALTERNATIVAS DE GERACAO	FAIXAS DE INCERTEZA			
	TX 10 %		TX 15 %	
Grandes usinas hidrelétricas	17	- 69	25,81	- 102,71
PCN's	32	- 85,2	45	- 121
Carvão	45	- 60,1	61	- 88,5
Grandes usinas nucleares	59	- 82,4	84	- 109,5
PCNs	43	- 48	55	- 55
Gás natural	27	- 77,4	31	- 88,4
Óleo combustível	48,9	- 73	57,2	- 85,5
RASF	43,8	- 50	62,8	- 67,2
Diesel	81,9	- 90,1	85,1	- 99,4
Lenha	76	- 90	90	- 107,7
Cogeração industrial	15,6	- 35	52,8	- 68,6

CONCLUSÃO

Este trabalho procurou mostrar que, tanto sob o ponto de vista tecnológico, incluindo aqui a questão de segurança, como do ponto de vista econômico, existem meios de viabilizar o desenvolvimento das chamadas PCNs.

Para tanto se faz necessário catalizar os esforços de toda a comunidade científica brasileira, em torno de um programa integrado, que compreenda a viabilização independente, do ciclo completo do combustível nuclear, com tecnologia nacional.

Vários fatores tem sido identificados como capazes de gerar condições para que as PCNs venham a ser competitivas, ainda que o custo unitário de geração dessas plantas possa ser ligeiramente superior à de outras alternativas energéticas.

Em particular, o trabalho mostrou que a utilização de PCNs pode oferecer menores riscos financeiros durante a construção de unidades, fazendo com que as mesmas ganhem competitividade econômica.

Assim sendo, é fundamental que o setor nuclear brasileiro incorpore a metodologia utilizada no planejamento energético (índice de mérito, composição do parque gerador), antes dos projetos de novas unidades geradoras, de modo a minimizar custos de geração e otimizar vantagens, para efeito de comparação com as demais formas de geração de eletricidade.

Outros aspectos relevantes para a competitividade das PCNs podem ser destacadas, quais sejam:

- * as PCNs podem ocupar novos mercados, hoje inacessíveis aos grandes reatores nucleares, com a geração de calor para distritos urbanos, cogeração de calor para atividades industriais e geração de eletricidade para pequenas redes elétricas, operando não somente na base, mas também em cargas intermediárias e de ponta;

- * o emprego de um alto grau de padronização permite a produção industrial em série, levando a uma diminuição de custos, já que um fluxo constante de encomendas aos fabricantes de equipamentos permite um melhor planejamento dos volumes a serem produzidos, podendo refletir em redução nos preços dos equipamentos, como no custo de manutenção dos mesmos;

- * existe a possibilidade de adotar-se uma solução mais adequada para a questão do armazenamento do combustível queimado. Neste sentido, alguns projetos de reatores de pequeno porte prevêem o armazenamento de todo o combustível irradiado, gerado ao longo de toda a vida útil da planta, no próprio espaço físico da central;

- * operar por longos períodos de tempo (mínimo de dois anos), sem paradas para recarga e manutenção do reator;

- * menor período de construção e conseqüente redução na escalada dos custos financeiros;

- * o uso de componentes passivos inerentemente seguros permite a redução dos custos de capital, bem como de O & M;

- * vantagens sócio - ambientais, comparativamente às termoeletricas a combustíveis fósseis e às hidrelétricas.

REFERÊNCIAS

- 1/ Fortunato, L.A.M. [et al]. " Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica ". Universidade Federal Fluminense, EDUFF, 1990. 232p
- 2/ Ventura Filho, A. [et al]. " Competitividade de fontes primárias para a produção de energia elétrica " Eletrobras, 1990.
- 3/ Santos, E.M. " Retrospecto da Política Nuclear no Brasil e as Perspectivas de utilização de PCNs no sistema elétrico brasileiro " Dissertação de mestrado, Área Interdisciplinar de Planejamento Energético, UNICAMP, 1992.
- 4/ Bajay, S.V. [et al]. " Estudo Preliminar sobre a atual situação do setor elétrico brasileiro " Convênio COPESP / UNICAMP / FUNCAMP nº 752/0004/ P1. dezembro de 1991.

SUMMARY

This work describes different aspects and parameters that should be regarded as guidelines for economic evaluation of small and medium power plant projects.

The main objective of an economic evaluation is to establish the plant's unitary cost and its economic figure of merit. To achieve that, a number of studies must be undertaken to compare the global competitiveness of a nuclear power plant with other energetic alternatives. These studies involve macroeconomy, energy generation, electricity transmission and global feasibility of the enterprise.

It is concluded that the economic evaluation of a nuclear power plant should be considered as the culmination of a long process of planning at a national level. The main reasons are the investments involved, the technological developments required and political implications of the utilization of nuclear power energy.