



**XV SNTPEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

**GPL/01**

**17 à 22 de outubro de 1999  
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

**GRUPO VIII  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS**

**PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO EM AMBIENTE COMPETITIVO**

E.L.Silva \*

R.N. Fontoura

H. A. Gil.

**Eletrobrás – UERJ**

**RESUMO**

A introdução da competição nos segmentos de geração e comercialização de energia tem por base que os agentes desses segmentos possam definir porte e localização de suas unidades de consumo e geração livremente. Nesse contexto, o planejamento da transmissão torna-se uma atividade mais complexa face a um maior número de fontes de incertezas. Neste artigo, inicia-se a discussão desse problema através da proposição de procedimentos que visam permitir aos planejadores um meio de comunicação com o mercado, orientando expansão do sistema de forma eficiente.

**PALAVRAS-CHAVE**

Planejamento da Transmissão- Competição na geração - Incertezas

**1.0 INTRODUÇÃO**

O planejamento da expansão do sistema elétrico brasileiro vem sendo executado ao longo dos anos no âmbito do Grupo Coordenador para Planejamento dos Sistemas. Elétricos. Esta forma de trabalho coordenada ocorreu até recentemente em um contexto de uma indústria de energia elétrica verticalizada onde os responsáveis pelo planejamento visam a obtenção do mínimo custo global da expansão e operação do sistema.

Na nova organização do setor de energia elétrica, tem-se como novo paradigma a desverticalização da indústria a fim de se introduzir a competição nos segmentos de geração e comercialização. Esta somente poderá ser atingida caso os agentes de geração propiciem oferta suficiente de energia para atendimento do mercado, se houver adequada expansão da transmissão

de modo a não haver congestão da transmissão, e se os agentes de geração não fizerem prática de coalizão ou “gamming”.

Embora fisicamente o papel fundamental da transmissão continue a ser o de conectar produtores de energia a seus consumidores, os arranjos comerciais e financeiros para viabilização desse papel deverão ser alterados substancialmente.

Por essas razões percebe-se claramente a importância da atividade de planejamento da expansão da transmissão, cujo produto deverá resultar em um sistema de transmissão livre e adequado para que os agentes possam escoar sua geração, havendo desta forma competição entre estes e propiciando menores custos para os consumidores.

Além dos atributos mencionados é indispensável que o planejamento da expansão da transmissão se respalde em procedimentos que estimulem a expansão do sistema em todos os seus segmentos, buscando-se a eficiência econômica da indústria como um todo.

Embora tais atributos sejam de fácil identificação, não é trivial determinar os procedimentos e modelos necessários para alcançá-los.

A dificuldade desta determinação decorre da prática vigente até então de planejar a expansão da transmissão de forma, pelo menos conceitualmente, determinativa, considerando que o planejador dispunha de informações “verdadeiras”, no sentido de serem determinativas, sobre a expansão da geração e as projeções do mercado. Assim, o resultado desse planejamento era considerado como referência, e deflagrava um processo onde os responsáveis pela expansão já

estavam previamente definidos, sendo detentores de concessões de transmissão, e tendo então que procurar recursos para viabilizar os projetos.

No novo modelo institucional para o setor elétrico, tanto as ampliações de carga quanto a instalação de novos geradores dependem de ações definidas exclusivamente pela vontade desses agentes, impondo ao planejamento da expansão da transmissão a difícil missão de estabelecer um plano de expansão sem o conhecimento prévio das decisões dos agentes de geração.

Pode-se argumentar que esta situação não se constitui em obstáculo para a definição da expansão, pois o planejamento da transmissão poderia definir como determinativo apenas aquelas obras que tivessem o aval dos atuais agentes de geração e daqueles propensos a se instalarem no curto prazo.

Entretanto, tal procedimento poderia representar um impedimento para o livre acesso dos agentes à rede elétrica, devido à inexistência de transmissão para escoar sua energia, na medida em que os prazos de comissionamento de plantas termelétricas é bastante reduzido. Além disso, o planejamento da expansão ficaria limitado a uma visão de curto prazo, sendo realizado de forma incremental e eliminando a possibilidade de se apropriar de economias de escala.

Face aos pontos apresentados, pretende-se neste artigo oferecer contribuições que permitam iniciar a discussão deste tema, e se definir a melhor alternativa para o caso brasileiro.

## 2.0 PLANEJAMENTO CENTRALIZADO X COORDENADO

Conceitualmente, o planejamento da expansão da transmissão pode ser conduzido de forma centralizada ou coordenada. Na primeira alternativa, uma entidade responsável pelo planejamento da expansão, aqui denominada de agente planejador, define um plano de expansão da transmissão a ser seguido pelos agentes de transmissão. Tal modelo de planejamento foi o proposto no âmbito do projeto RE-SEB.

Alternativamente ao planejamento centralizado tem-se o planejamento coordenado. Neste, cada agente de geração e distribuição constrói os seus próprios cenários de modo a identificar os reforços de transmissão mais adequados às suas necessidades, e posteriormente os indicam para o agente de planejamento que inicia um processo de discussão visando a definição das expansões necessárias ao sistema.

A principal vantagem do planejamento centralizado é a possibilidade de o agente de planejamento poder

incorporar uma visão de longo prazo ao seu problema e, deste modo, definir um plano de expansão que permita economias de escala, o que não ocorre no planejamento coordenado, onde os agentes de geração e distribuição definem um plano de expansão de forma incremental, isto é, busca-se uma solução que resolva questões imediatas, sem incorporar uma visão de longo prazo ao problema.

Adicionalmente, no planejamento centralizado, o planejador poderá melhor avaliar às condições da segurança do sistema, podendo antecipar reforços de transmissão que evitem cortes de carga em contingências ou que melhorem a segurança do sistema sob o enfoque dinâmico.

Outra vantagem do planejamento centralizado é a redução de incertezas para os agentes do mercado, facilitando as suas decisões e garantindo um processo seguro da expansão da oferta de energia. No planejamento coordenado, os novos agentes de geração ou distribuidores de energia ficarão inseguros quanto ao seu acesso ao sistema de transmissão.

Não obstante a essas vantagens do planejamento centralizado, é inegável que os agentes do mercado poderão se mostrar reticentes a passar informações estratégicas de seus negócios para o agente planejador, o que inevitavelmente estimulará esses agentes à prática de “gamming” no tocante às informações prestadas.

Assim, pode parecer, a princípio, para os agentes do mercado, que o melhor caminho seja eles próprios identificarem as necessidades de expansão e definirem contratos com uma terceira parte para ampliação da capacidade de transmissão. Por outro lado, se assim o fizerem, por ser difícil considerar a possibilidade de novos geradores no sistema, correm o risco de alguns circuitos tornarem-se ociosos ou sobrecarregados prematuramente.

Assim, diante do exposto, a principal questão que emerge é : qual o melhor modelo de planejamento para o sistema brasileiro e como viabilizá-lo ?

Para responder a essa questão é importante se constatar que tal situação não encontra paralelo em outros países, dada as peculiaridades do sistema elétrico brasileiro e suas taxas de crescimento.

Em países com reduzida pressão de expansão da transmissão e com sistemas de produção predominantemente térmicos, pode-se dizer que o problema de planejamento da expansão transforma-se em um problema de planejamento da operação, pois identifica-se com mais facilidade os agentes beneficiadas pelo expansão do sistema face a uma maior previsibilidade dos fluxos de potência.

Assim, os agentes interessados podem estabelecer acordos no sentido de encontrar a melhor solução ou, um provedor de transmissão identificando a oportunidade de negócio poderá se habilitar, voluntariamente, a incrementar a capacidade de transmissão do sistema. Nesses casos, a aplicação do planejamento coordenado é perfeitamente possível.

No caso brasileiro, onde muitos projetos hidráulicos competitivos deverão ser construídos é inevitável que o planejamento da expansão da transmissão seja incorporado a uma visão de longo prazo, sob pena de se perder economia de escala na expansão da transmissão. Além do mais, caso o planejamento da expansão seja feito de forma descentralizada não será possível garantir a recuperação do capital com uma adequada taxa de remuneração por parte dos investidores de transmissão uma vez que, sob competição, circuitos poderão tornar-se ociosos em função de realocações no parque gerador, quando da instalação de geradores mais competitivos no sistema.

Assim, assumindo-se que o planejamento do sistema de transmissão brasileiro deverá ser feito de forma centralizada, resta saber como viabilizar tal proposta, o que abordado no tópico a seguir.

### **3.0 PROCEDIMENTOS PARA PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO SOB COMPETIÇÃO NA GERAÇÃO**

Um dos princípios básicos da reformulação da indústria de energia elétrica é a obtenção de eficiência econômica da indústria como um todo, permitindo modicidade tarifária para os consumidores finais e atendendo a requisitos de confiabilidade.

Embora de fácil compreensão no plano conceitual, os requisitos para a obtenção de eficiência econômica são de difícil implementação sob o ponto de vista prático.

Uma maneira simples para a obtenção de eficiência econômica seria permitir ao Estado, o controle de todos os processos necessários para que a energia chegue ao consumidor final. No contexto de onde recém estamos saindo, o Estado controla o planejamento, a implementação dos projetos e a operação, além de exercer o papel de regulador dele próprio. Tais características, diminuem as incertezas e por certo estimulam a obtenção de eficiência econômica, não fosse a presença de uma série de outros condicionantes muitas vezes intangíveis.

No contexto pós-reforma, mesmo no plano conceitual, a obtenção de eficiência econômica é um difícil requisito a ser atingido em função da diversidade de agen-

tes envolvidos, onde cada um deles deseja maximizar os seus próprios objetivos, aumentando as fontes de incertezas.

No novo modelo setorial, o planejamento da expansão da transmissão deverá estimular o incremento da competição na geração e, deste modo o planejamento da expansão da transmissão deverá ser executado de modo a minimizar os custos globais de expansão e operação. Assim, não é suficiente, apenas, minimizar o custo de expansão da transmissão isoladamente sob pena de tornar extremamente oneroso para os geradores e consumidores acessarem o sistema, desestimulando à competição. Por outro lado, os geradores não podem querer que a transmissão seja expandida a qualquer custo, de modo que eles possam tomar suas decisões apoiadas basicamente nos seus custos de instalação e de combustível, sem se importarem com os custos de uso do sistema de transmissão.

Para resolver esta questão, visualiza-se a necessidade de o agente de planejamento encontrar mecanismos que permitam sua comunicação efetiva com o mercado.

Nesse sentido, visualizam-se duas alternativas : (i) fornecimento de planos de expansão para diversos cenários e (ii) fornecimento de um plano de expansão orientativo.

O primeiro procedimento pode ser implementado facilmente e constitui, em essência, uma extensão daquilo que é feito atualmente. Para tanto, basta ao agente de planejamento adotar alguns cenários relevantes como referência, e realizar a expansão da transmissão e divulgar os resultados.

No segundo procedimento, o agente de planejamento deverá encontrar um único plano de expansão que seja suficientemente flexível de modo a abrigar as incertezas relacionadas aos acréscimos de carga e, principalmente, aqueles inerentes a instalação de novas plantas de geração.

O primeiro procedimento é de fácil implementação, porém não traz resultados práticos, dado que na realidade não se observa a ocorrência desse ou daquele cenário; mas de uma situação configurada a partir de uma dinâmica própria. Desse modo, esta prática pode ocasionar no surgimento de circuitos de transmissão ociosos, assim como em circuitos sobrecarregados prematuramente.

O segundo procedimento, embora simples também não é de fácil implementação, pois o plano de expansão deve ser adaptativo às mudanças de curso causadas pelos agentes de mercado.

Para ambos os procedimentos, o agente planejador poderá fornecer sinais de preços de acesso à transmissão, ainda que orientativos, com base em uma metodologia que possa refletir os custos que cada agente impõe à expansão do sistema de transmissão.

Esses sinais de preço não podem se limitar àqueles que serão fornecidos pelo Operador Nacional do Sistema(ONS) para o ano seguinte ao ano em curso, em razão de que estes retratam apenas as atuais condições de uso do sistema, mesmo que em seu núcleo metodológico tenha sido considerado conceitos de custo marginais de longo prazo para a transmissão [2].

A não observância deste ponto poderá estimular os agentes a se dirigirem para regiões que atualmente tenham baixos custos de acesso, mas que em seguida possam se tornar estressadas, ocasionando custos de acesso elevados e, desse modo conduzindo a um indesejável quadro de volatilidade do custo de acesso à transmissão.

O fornecimento de sinais de preço orientativos, associados a certos cenários, pode ser obtido, a partir da premissa de que o sistema de geração e transmissão seja de propriedade de um único agente.

Desta forma o agente executaria um planejamento centralizado de expansão da geração e transmissão, considerando custos típicos de instalação e operação de plantas de geração.

Uma vez executado este planejamento, as estimativas de custos de acesso à transmissão poderiam ser obtidos e disponibilizados para todos os agentes.

Dado que todos os agentes possuem a mesma informação e supondo a racionalidade dos mesmos, as decisões de construção das novas plantas de geração serão orientadas para as regiões onde o custo global de expansão e operação do sistema seja o mínimo possível. Assim, um específico investidor de geração irá se instalar em um ponto do sistema onde seu custos de instalação e de combustível, somados ao preço de acesso à transmissão seja o mínimo possível, ao longo do horizonte de planejamento.

Para solução desse problema, o agente de planejamento terá que fazer estimativas de projeções de mercado e de potenciais projetos de geração térmica, o que não é uma tarefa fácil uma vez que projetos de geração de origem termelétrica podem ser comissionados em prazos inferiores a dois anos e informações sobre projeções de mercado passam a ser estratégicas.

É importante observar que um plano de expansão com tais características de flexibilidade apresentará uma inevitável robustez, o que significa um sobre-custo em relação ao plano de expansão da transmissão que, hi-

poteticamente, seria obtido caso houvesse um único cenário. Entretanto não é este o caso, sendo este então o preço (“hedging”) a ser pago pelos agentes de mercado de forma a terem assegurado o livre acesso à transmissão, e com isto a ocorrência de competição nos segmentos de geração e comercialização, o que, em tese, significaria custos totais menores para os consumidores. Com esse procedimento, ao invés de termos um plano de expansão da transmissão passa-se a ter, de fato, uma estratégia de expansão da transmissão.

Entretanto, a fim de que haja transmissão que permita livre acesso, é necessário que parte deste planejamento seja materializado em um Plano Determinativo de Transmissão, composto de obras inadiáveis, a terem sua concessão licitada ou autorizada.

Eventualmente algumas destas obras poderiam ser até postergadas, dado que foram estabelecidas para um certo programa de geração e uma projeção de mercado, porém adiá-las poderia significar não se ter transmissão, caso as previsões se confirmassem.

Como já foi dito, este é o preço a ser pago para que se permita efetivamente acesso dos agentes à rede elétrica. Deve-se ressaltar, que neste procedimento é fundamental que a decisão deste conjunto esteja lastreada em uma visão de médio e longo prazo, aproveitando-se assim de economias de escala.

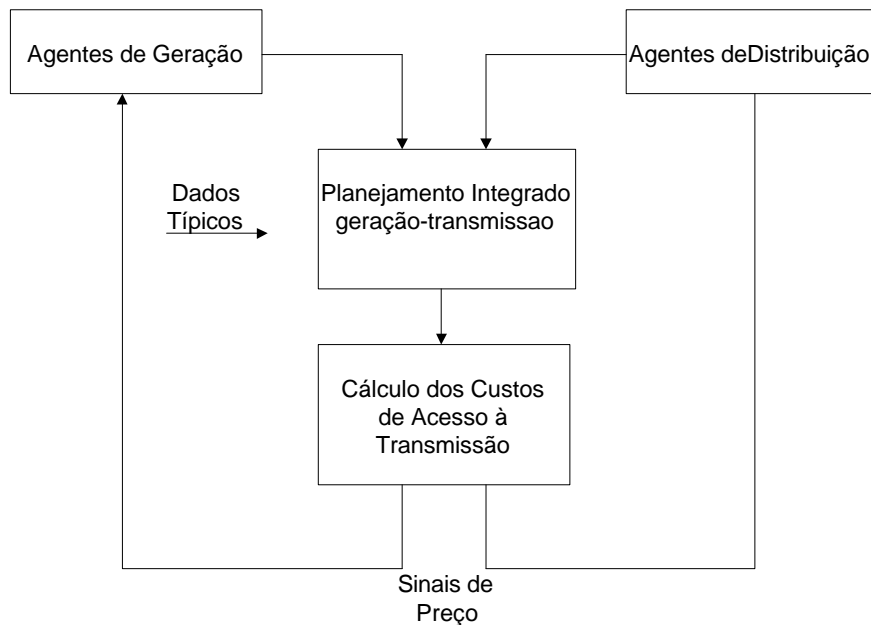
#### 4.0 MODELO COMPUTACIONAL

Em termos de modelos matemáticos apropriados para a solução desse problema pode-se utilizar a técnica de Algoritmos Genéticos AG[3] Um modelo computacional de expansão da transmissão baseado em AG é adequado encontrar uma estratégia de expansão da transmissão com elevado grau de adaptação para os diferentes cenários, tal como percebemos da teoria evolucionária onde os indivíduos mais aptos sobrevivem. Algoritmos Genéticos são técnicas de otimização baseadas na seleção natural dos indivíduos.

Com este procedimento o planejador formula um problema de expansão geração-transmissão multi-estágio considerando um conjunto de cenários relevantes, de modo que o algoritmo encontre decisões para o primeiro estágio que minimizem o custo imediato desse estágio mais o valor esperado do custo futuro.

Definido o plano expansão da transmissão ao longo dos estágios, o agente de planejamento calcula estimativas de preços de acesso à transmissão, com base no custo marginal de longo prazo da transmissão e as informa aos agentes do mercado que, sob a hipótese de racionalidade, tomarão suas decisões de modo a mi-

nimizarem os seus custos de acesso à transmissão mais os custos de instalação e operação. A Figura 4.1, a seguir, ilustra o procedimento proposto.



**FIGURA 4.1. – PROCEDIMENTO PARA PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO EM AMBIENTE COMPETITIVO**

## 5.0 CONCLUSÕES

A nova organização do setor elétrico impõe que se discuta o processo de planejamento da expansão da transmissão na medida em que os agentes de mercado, geração e consumidores, possuem ampla liberdade para a tomada de decisão quanto ao porte e localização de suas instalações.

Esta liberdade, se de um lado estimula a competição na geração e comercialização, por outro lado torna a tarefa dos planejadores da transmissão mais complexa face a um maior número de fontes de incertezas.

Nesse contexto, propõe-se neste artigo um conjunto de procedimentos onde o agente planejador possa se comunicar eficientemente com os demais agentes de mercado.

Assim, sob a hipótese de um planejamento centralizado, o agente planejador deverá realizar um plano de expansão da transmissão a partir de dados típicos e de informações mandatórias a serem prestadas pelos agentes de mercado, para em seguida calcular preços orientativos de acesso à transmissão.

Sob a hipótese de racionalidade econômica os agentes de mercado deverão seguir tais preços orientativos, buscando se instalarem em locais onde o seu custo de instalação e operação mais o custo de acesso à transmissão seja o mínimo possível.

## 6.0 AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio do CNPq, FAPERJ e do projeto 0626/96 SAGE da FINEP.

## 7.0 DECLARAÇÃO

As propostas e opiniões apresentadas neste artigo são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando necessariamente a posição da Eletrobrás e das universidades.

## 8.0 REFERÊNCIAS

- [1] Silva, E. L.; Gil, H.A.; Areiza, J.M.; "Transmission Network Expansion Planning Under an Improved Genetic Algorithm", Proceedings of PICA 99 - San Jose.
- [2] Project RE-SEB, Coopers & Lybrand – Stage VII, Appendix F.1: Formal statement of Transmission Use-of-System Methodology, 1988.
- [3] Goldberg, D., E., "Genetic Algorithms in Search Optimization & Machine Learning", Addison Wesley, 1989.

