

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Energia e
Automação Elétricas

ISSN 1413-2214
BT/PEA/0503

O Sistema Interligado Nacional e a
Formação do Preço de Curto Prazo

Fabiano Lúcio Fuga
Carlos César Barione de Oliveira

São Paulo – 2005

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Fabiano Lúcio Fuga, sob orientação do Prof. Dr. Carlos César Barione de Oliveira: "O Sistema Interligado Nacional e a Formação do Preço de Curto Prazo", defendida em 02/07/2004, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Fuga, Fabiano Lúcio

O Sistema interligado nacional e a formação do preço de curto prazo / Fabiano Lúcio Fuga, Carlos César Barione de Oliveira. -- São Paulo : EPUSP, 2005.

13 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas ; BT/PEA/0503)

1. Sistemas elétricos de potência 2. Energia elétrica 3. Planejamento energético I. Oliveira, Carlos César Barione de II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas III. Título IV. Série ISSN 1413-2214

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PEA – Departamento de Energia e Automação

O SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL E A FORMAÇÃO DO PREÇO DE CURTO PRAZO

Fabiano Lúcio Fuga

Carlos César Barioni de Oliveira

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise do processo de formação do preço de curto prazo no mercado brasileiro de energia elétrica, tema da dissertação de mestrado.

Devido às características da estrutura regulatória do sistema brasileiro, o processo de formação de preço está associado ao planejamento da operação eletro-energética, sendo necessário conhecer as características básicas do sistema interligado nacional.

O planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de geração de energia elétrica abrange um largo espectro de atividades, desde o planejamento plurianual até a programação diária da geração dos reservatórios. A abordagem adotada no Brasil divide o planejamento em diversas etapas, de modo a contemplar decisões estratégicas, táticas e operacionais. Em cada etapa, são utilizados modelos com diferentes graus de detalhe para representação do sistema, abrangendo períodos de estudos com horizontes distintos.

Estes mesmos modelos são utilizados na formação do preço do mercado de curto prazo.

PALAVRAS-CHAVE: preço, mercado, planejamento, despacho, modelos, curto prazo.

1.0 - INTRODUÇÃO

O perfil do parque gerador brasileiro é bastante diferente de países onde centrais termelétricas são dominantes, já que o sistema brasileiro é predominantemente hidráulico, caracterizado por grandes reservatórios com capacidade de regulação plurianual, estruturado em diversas cascatas sobre várias bacias hidrográficas. De maneira que não se pode separar o problema de despacho térmico do hidrelétrico. Aqui uma termelétrica será despachada se o preço spot da eletricidade for maior do que o seu custo operativo, sendo o preço spot calculado através da solução de um problema de otimização. A energia produzida numa usina hidrelétrica não possui custos diretamente associados, pois seu valor é dado pela economia nos custos de geração térmica e de déficits, que são evitados pela sua utilização.

A questão básica é encontrar uma solução que contemple tanto a economia imediata associada à produção hidráulica quanto à expectativa de benefícios futuros advindos do armazenamento da água nos reservatórios.

No Brasil este problema é resolvido através da divisão das decisões em três níveis: estratégico, tático e operacional. Assim, a partir de uma análise econômica de longo prazo, definem-se estratégias mensais de operação do parque gerador. Em médio prazo, levando em conta essas estratégias e conhecido o estado do sistema e uma previsão de seus recursos energéticos, é possível definir políticas semanais de operação para o próximo mês. No curto prazo, as políticas semanais são detalhadas em base horária, considerando, além dos objetivos energéticos estabelecidos, as restrições elétricas e hidráulicas do sistema.

A proposta desse trabalho é de apresentar a situação do setor elétrico brasileiro após a reestruturação do Projeto RESEB, descrevendo os parâmetros e modelos utilizados no planejamento da operação do sistema elétrico brasileiro, e analisar os impactos causados por estes parâmetros na formação de preços de curto prazo para liquidação de diferenças.

Para tanto será necessário conhecer o histórico recente mostrando principalmente o papel dos agentes dentro do modelo adotado após a reestruturação do setor elétrico. Também o perfil hidrotérmico do sistema brasileiro e suas peculiaridades, como as grandes interconexões e a questão dos submercados. O despacho centralizado e sua relação direta com os modelos formadores de preço do mercado, desde o longo até o curto prazo.

Neste ponto, conhecida as características básicas do sistema e dos modelos, é realizada uma análise da cadeia de modelos para formação do preço de mercado de curto prazo, onde são feitas considerações desde sua metodologia, passando por problemas observados e análises de sensibilidade, são apresentados também modelos alternativos desenvolvido por empresas e estudos realizados por grupo de pesquisas sobre formas alternativas de se tratar o problema do planejamento energético.

2.0 - HISTÓRICO

O Setor de energia elétrica no Brasil sofreu profundas transformações de natureza institucional entre os anos 1930 e 1980. Nas primeiras décadas do século passado, encontrava-se amplamente dominado por empresas privadas estrangeiras. Com a decretação do Código de Águas, em 1934, motivado pela falta de investimentos privados na expansão do sistema, teve início um processo de estatização das atividades de produção de energia elétrica, sob a liderança da empresa pública.

Até o final dos anos 80 este foi, sucintamente, o modelo do setor: monopólios regionais, geridos por grandes grupos verticalizados, interligados por grandes troncos de transmissão, com gerenciamento cooperativo e sob o regime de concessões com remuneração garantida, administrado pelo então poder concedente DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e pela Eletrobrás, que coordenava os Comitês de Operação e de Planejamento, onde em consórcio com as principais empresas do setor que compunham o GCOI – Grupo Coordenador da Operação Interligada, responsável pelo planejamento da operação, e o GCPS – Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos, responsável pelo planejamento da expansão.

Na década de 80 os efeitos dos acontecimentos da década anterior – crise do petróleo e elevação das taxas de juros americanos, basicamente - atingem em cheio o Setor Elétrico Brasileiro. Neste contexto, o Brasil se viu obrigado a submeter-se à nova política de financiamento dos organismos multilaterais de crédito, que se alterou radicalmente no início dos anos 90, que, como no caso do Banco Mundial, estavam totalmente alinhados com a Reforma do Setor na Inglaterra, cujos objetivos eram, principalmente, os seguintes:

- Garantir a expansão com prevalência de capitais privados em substituição ao estatal;
- Desverticalização das Empresas, para introdução da concorrência;
- Regime tarifário orientado para a busca da eficiência econômica;
- Órgão regulador forte e independente, para arbitrar os interesses da sociedade, frente aos agentes de mercado.

Seguindo a tendência de abertura de mercado adotada por muitos países e, com base nos estudos realizados por consultoria internacional, o governo brasileiro deu início a sua Reforma Institucional do Setor Elétrico, que tinha por objetivo fundamental garantir a expansão do sistema, através da transferência da exploração do serviço de energia elétrica para a iniciativa privada, cabendo ao Estado o papel de regular as relações entre os agentes, incluindo as autorizações e outorga de concessões.

O projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro - RE-SEB - iniciou-se em 1996, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia. Neste processo foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, substituindo o DNAEE. Um consórcio consultor comandado pela Coopers & Lybrand emitiu

um longo relatório, amplamente discutido e modificado em seguidas iterações com técnicos das empresas do setor. Este relatório deu origem ao arcabouço legal que definiu as regras e criou o Mercado Atacadista de Energia Elétrica - MAE, o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS e o CCPE – Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos. Os objetivos básicos do projeto eram os seguintes:

- A introdução de competição nos segmentos produção e distribuição / comercialização;
- A criação de um ambiente comercial transparente que fornecesse regras claras com bases econômicas para o funcionamento das empresas existentes;
- A entrada de capital privado para expansão e concretização de novos investimentos.

As relações comerciais entre os agentes participantes do MAE são regidas principalmente por contratos bilaterais, sendo que a liquidação financeira destes contratos é realizada diretamente entre as partes contratantes. A comercialização de energia resultante da diferença entre a energia contratada (via contratos bilaterais) e a efetivamente realizada (podendo esta ser a energia produzida ou consumida) tem sua comercialização e liquidação feitas através do MAE. Dentro deste contexto, as regras do MAE tratam quase que exclusivamente do chamado "mercado de diferenças" ou "mercado residual".

Para que seja possível o cálculo das diferenças está disponível um registro de contratos contendo informações sobre os volumes dos contratos aplicáveis entre as partes contratadas a cada período de liquidação. Este registro considera todos os tipos de contratos em exercício no setor elétrico, conforme estabelecido nas regras de mercado, tais como os Contratos Iniciais, contratos de Itaipu e quaisquer outros contratos que os membros do MAE queiram registrar dentro dos padrões acordados.

3.0 - CENÁRIO

O Sistema Elétrico Brasileiro possui tamanho e características que permitem considerá-lo único no mundo. O Brasil possui um sistema hidrotérmico de grande porte, com ampla maioria de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontram-se fora do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Usinas	Pot. MW	% Total
Hidroelétricas	57.534	78,98%
Térmicas	7.002	9,61%
Nuclear	2.007	2,76%
Itaipu (50%)	6.300	8,65%
Total	72.843	100,00%

Fonte: ONS (2003)

Tabela 1 – Matriz energética brasileira

As usinas hidrelétricas são construídas onde melhor se podem aproveitar as aflúências e os desníveis dos rios, geralmente em locais distantes dos centros consumidores, sendo necessário desenvolver no país um extenso sistema de transmissão. Formando caminhos alternativos, a rede de transmissão permite transportar com segurança a energia produzida até os centros de consumo. Mais ainda, as grandes interligações possibilitam a troca de energia entre regiões, permitindo obter benefícios a partir da diversidade de comportamento das vazões entre rios de diferentes bacias hidrográficas.

A maior parte da capacidade instalada é composta por usinas hidroelétricas, que se distribuem em 10 diferentes bacias hidrográficas nas diferentes regiões, como mostra a Figura 1 abaixo:

Integração Eletroenergética

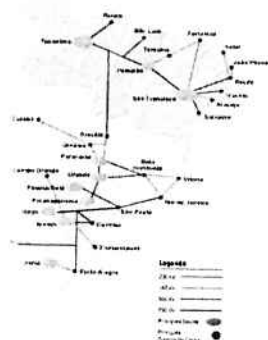


Figura 1 – Integração Eletroenergética

Desde meados da década de 70, o sistema eletroenergético brasileiro é operado de forma coordenada, visando obter ganhos sinérgicos a partir das interligações regionais. A operação coordenada visa minimizar os custos globais de produção de energia elétrica, contemplando restrições intra e extra-setoriais e aumentando a confiabilidade do atendimento. A operação centralizada do Sistema Interligado Nacional está embasada na interdependência operativa entre as usinas, na interconexão dos sistemas elétricos e na integração dos recursos de geração e transmissão no atendimento ao mercado.

A interdependência operativa é causada pelo aproveitamento conjunto dos recursos hidrelétricos, através da construção e da operação de usinas e reservatórios localizados em seqüência em várias bacias hidrográficas. Desta forma, a operação de uma determinada usina depende das vazões liberadas a montante por outras usinas que podem ser de outras empresas.

A utilização dos recursos de geração e transmissão dos sistemas interligados permite reduzir os custos operativos, minimizando a produção térmica e o consumo de combustíveis sempre que houver superávits hidrelétricos em outros pontos do sistema.

Em períodos de condições hidrológicas desfavoráveis, as usinas térmicas contribuem para o atendimento ao mercado como um todo, e não apenas aos consumidores de sua empresa proprietária. Assim, a

participação complementar das usinas térmicas no atendimento do mercado consumidor exige interconexão e integração entre os agentes, dentro da visão sistêmica da operação centralizada.

Ao contrário dos sistemas puramente termoeletrônicos, sistemas com uma porcentagem substancial de geração hidroelétrica podem utilizar a energia armazenada "grátis" nos reservatórios do sistema para atender a demanda, substituindo assim a geração dispendiosa das unidades termoeletrônicas.

Entretanto, o volume de água afluente aos reservatórios é desconhecido, pois depende basicamente das chuvas que irão ocorrer no futuro. Além disso, a disponibilidade de energia hidroelétrica é limitada pela capacidade de armazenamento nos reservatórios. Isto introduz uma relação entre uma decisão de operação em uma determinada etapa e as consequências futuras desta decisão. Por exemplo, se decidirmos utilizar as provisões de energia hidroelétrica para atender o mercado hoje e no futuro ocorrer uma seca, pode vir a ser necessário utilizar geração termoeletrônica de custo elevado ou, mesmo, interromper o fornecimento de energia. Por outro lado, se optarmos por fazer uso mais intensivo de geração termoeletrônica, conservando elevados os níveis dos reservatórios e ocorrerem vazões altas no futuro, poderá haver vertimento no sistema, o que representa um desperdício de energia e, em consequência, um aumento desnecessário no custo de operação. Conforme mostra a Figura 2 a seguir:

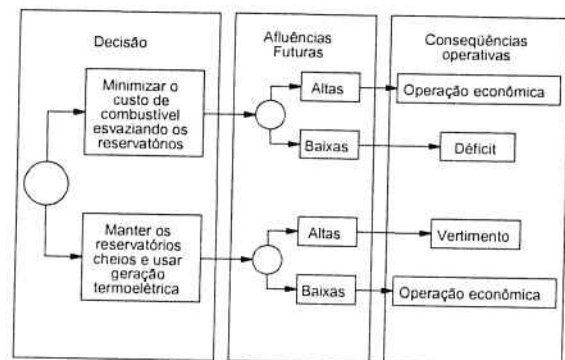


Figura 2 - Processo de decisão para sistemas hidrotérmicos

O problema de planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos possui características que podem ser assim resumidas:

- Acoplamento temporal, ou seja, é necessário avaliar as consequências futuras de uma decisão no presente.
- a irregularidade das vazões afluentes aos reservatórios, que variam sazonalmente e regionalmente.
- Acoplamento espacial, devido à interdependência na operação de usinas hidroelétricas.
- o valor da energia gerada por uma hidroelétrica somente pode ser medido em termos da economia resultante nos custos de geração térmica ou déficits evitados e não diretamente como uma função apenas do estado da usina.

e) os objetivos de economia de operação e confiabilidade de atendimento são claramente antagônicos: a máxima utilização da energia hidroelétrica disponível a cada etapa é a política mais econômica, pois minimiza os custos de combustível. Entretanto, esta política é a menos confiável, pois resulta em maiores riscos de déficits futuros.

4.0 - INTERCONEXÕES E SUBMERCADOS

A quantidade de submercados está diretamente ligada às características das redes de interligação entre duas regiões distintas e às restrições de transmissão que podem ocorrer nas mesmas.

O congestionamento de sistemas de transmissão acontece quando uma transação de energia elétrica proposta não pode ser executada devido às limitações impostas pela rede.

Um efeito do congestionamento é "regionalizar" os mercados, tornando impossível que geradores de uma determinada região possam competir livremente em igualdade de condição com geradores em outras regiões, dadas as limitações de transferência de potência.

No enfoque zonal, uma zona é definida como uma porção da rede de transmissão onde congestionamentos internos acontecem não freqüentemente ou apresentam custos relativamente baixos, enquanto que as restrições que se apresentam entre as zonas levam a custos mais elevados e são de natureza mais freqüente. Sob este enfoque as restrições são divididas em "inter-zonais" (entre duas zonas diferentes) e "intra-zonais" (dentro da mesma zona), as quais apresentam diferentes características e impactos econômicos, e, portanto recebem tratamentos diferenciados. Isto é coerente com a idéia que o congestionamento regionaliza os mercados.

Para ajudar no entendimento destes conceitos a Figura 3 apresenta um sistema de duas zonas, onde o limite de intercâmbio entre elas é de 1000MW. Embora exista um excedente de geração de 2000MW na zona A, a um preço de 10\$/MWh, a restrição de transmissão permite o intercâmbio de apenas 1000MW. Esta situação caracteriza um congestionamento inter-zonal, o qual obriga o despacho de geração mais custosa ou então a redução da demanda na zona B, verificando-se ainda uma perda de oportunidade dos geradores da zona A.

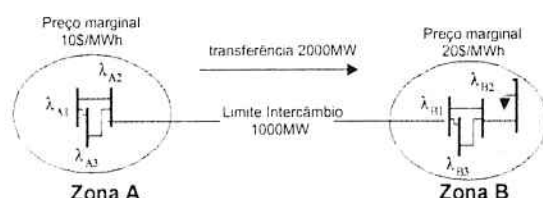


Figura 3– Congestionamento Inter-zonal

Uma vez resolvido o congestionamento inter-zonal é preciso analisar cada zona em separado, aliviando-se os congestionamentos internos das zonas (congestionamento intra-zonal), mantendo-se os

valores de intercâmbio entre zonas. Para isto é preciso dispor de uma metodologia de otimização que permita definir o despacho final do sistema ao mínimo custo, modelando a rede de transmissão da zona em estudo.

No enfoque nodal, a rede de transmissão é totalmente incorporada ao modelo de despacho de modo que os custos associados aos congestionamentos são calculados diretamente para cada barra do sistema.

Os custos das restrições de transmissão intra-zonais (dentro de um submercado), também conhecidos por custos de congestionamento, causam um uso da água de maneira não otimizada, e devem ser identificados adequadamente e pagos aos geradores e, conseqüentemente recuperando esses custos junto aos consumidores através de um encargo adequado.

Devido à diversidade hidrológica e a presença de restrições de transmissão de natureza estrutural do SIN, o mercado brasileiro é subdividido em submercados. Um submercado é uma parcela do MAE cujos limites são definidos pelas restrições de transmissão, que acabam por definir custos marginais de operação diferenciados.

Desta forma, um submercado deveria ser uma região geoeletrica sem restrições estruturais de transmissão, isto significa dizer que é possível que ocorram restrições conjunturais de transmissão devido, por exemplo, a falhas de equipamentos ou ao atraso de algum reforço já programado, mas isto não constitui um submercado.

Devido às dificuldades apontadas anteriormente, decidiu-se adotar um esquema de precificação por submercados. A idéia básica é simplificar a representação da rede, o que facilita as análises dos investidores e diminui o poder de mercado, mas preservando os sinais locais mais importantes.

Isto é feito relaxando os limites de transmissão "conjunturais", por exemplo, restrições internas a uma região, que serão eliminadas num futuro próximo através de reforços programados. Por sua vez, são mantidas as restrições "estruturais", isto é, limites de transmissão de caráter mais permanente que refletem, por exemplo, à capacidade de transferência de energia entre regiões.

O cálculo dos preços num esquema de submercados é feito de maneira análoga ao cálculo por barra, supondo, como mencionado, que os limites de transmissão internos a cada submercado são infinitos e mantendo os limites de transmissão nos circuitos de interligação entre os submercados. Como conseqüência, todos os preços nas barras pertencentes a cada submercado são iguais.

5.0 - O DESPACHO CENTRALIZADO

De acordo com as definições obtidas no RE-SEB, projeto de reestruturação elétrica do setor elétrico brasileiro, foi estabelecido que o despacho das centrais geradoras do Sistema Interligado Brasileiro seria centralizado fazendo o uso de ferramentas de otimização, num regime denominado *tight pool*. A justificativa utilizada na época, entre outras razões, foi que devido à pequena presença termelétrica no sistema interligado e pelos complexos vínculos

hidráulicos existentes entre usinas de diferentes proprietários. De fato, o sistema brasileiro é um raro caso em que usinas da mesma cascata pertencem, muitas vezes, a diferentes proprietários.

Sendo assim, o modelo escolhido para que fosse realizada a comercialização no curto prazo, *tight pool*, é caracterizado pelos seguintes aspectos:

- Os geradores hidrelétricos submetem os dados técnicos de suas usinas, incluindo níveis de armazenamento, vazões afluentes e disponibilidade das turbinas;
- Os geradores termelétricos também submetem dados técnicos de suas usinas, além dos preços de combustível e seu consumo por unidade de energia produzida;
- Os participantes do mercado pelo lado da demanda (comercializadores e grandes consumidores) submetem seus dados de carga;
- Os preços de energia no mercado *spot* são então obtidos com base nos custos marginais de curto prazo, calculados por um modelo de otimização;
- A metodologia dos preços *spot* é definida no âmbito de um acordo celebrado entre os participantes do Mercado Atacadista de Energia (MAE);
- O despacho da geração é controlado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

Há uma grande diferença entre o operador independente no Brasil, ONS, e outros operadores independentes. A geração em outros países é definida por ordem crescente de preços livremente estabelecidos pelo mercado para cada aproveitamento, cabendo àqueles operadores independentes viabilizar eletricamente o funcionamento do sistema para os montantes de geração definidos, ou no máximo propor intercâmbios suplementares que tornem factíveis os fluxos nas linhas.

O ONS, ao contrário, devido à interdependência da operação do parque hidroelétrico, dá ênfase aos estudos energéticos, definindo a geração por modelos de otimização, sendo por isso o agente responsável por todos os passos que culminam na decisão de geração por usina, ou seja, carga, hidrologia e estudos elétricos.

A partir destes mesmos modelos de otimização é calculado o custo marginal de curto prazo, do qual é obtido, como se verá ao longo deste trabalho, o preço do mercado de curto prazo, mais conhecido como "Preço do MAE".

O MAE estabelece o preço *spot* de energia elétrica. Em condições normais, este preço será baseado no Custo Marginal de Curto Prazo (CMCP), calculado por uma cadeia de programas de otimização do sistema. Existe a previsão, de acordo com as fases de implantação do MAE, que os preços serão calculados para cada um dos submercados do sistema interligado, até um dia antes do despacho. Este sistema de preços difere

daquele praticado nos Estados Unidos e Inglaterra, onde a oferta competitiva entre os geradores estabelece o preço no mercado à vista.

5.1 Operação de Sistemas Hidrotérmicos

A característica mais evidente de um sistema com geração hidroelétrica é poder utilizar a energia "grátis" que está armazenada nos reservatórios para atender à demanda, evitando desta maneira gastos de combustível com as unidades térmicas. Entretanto, a disponibilidade de energia hidroelétrica está limitada pela capacidade de armazenamento nos reservatórios. Isto introduz uma dependência entre a decisão operativa de hoje e os custos operativos no futuro.

Em outras palavras, se deplecionamos hoje as reservas de energia hidroelétrica, com o objetivo de minimizar os custos térmicos, e ocorrer uma seca severa no futuro, pode haver um racionamento de custo elevado. Se, por outro lado, preservamos as reservas de energia hidroelétrica através de um uso mais intenso de geração térmica, e as afluições futuras forem elevadas, pode ocorrer um vertimento nos reservatórios do sistema, o que representa um desperdício de energia e, conseqüentemente, um aumento no custo operativo. Como já mostrado na Figura 2.

Portanto, em contraste com os sistemas puramente térmicos, cuja operação é desacoplada no tempo, a operação de um sistema hidroelétrico é um problema acoplado no tempo, isto é, uma decisão operativa hoje afeta o custo operativo futuro.

5.2 Custo Imediato e Custo Futuro

Como visto na Figura 2, o operador de um sistema hidrotérmico deve comparar o benefício imediato do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento [23],[24]. Este problema está ilustrado de maneira mais precisa na Figura 4.

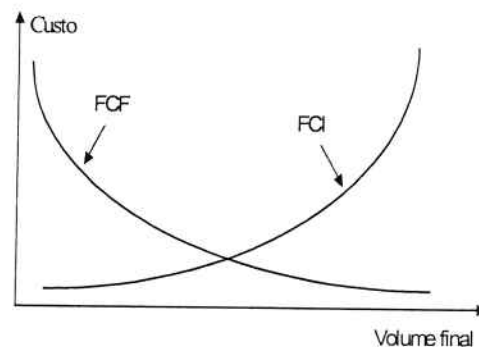


Figura 4 - Custos Imediato e Futuro x Armazenamento

A função de custo imediato - FCI - mede os custos de geração térmica no estágio temporal t . Observa-se que o custo imediato aumenta, com o aumento da geração térmica, à medida que diminui a energia hidroelétrica gerada no estágio, isto é, à medida que aumenta o volume armazenado final.

Por sua vez, a função de custo futuro - FCF - está associada ao custo esperado de geração térmica e racionamento desde o final do estágio t (início de $t+1$) até o final do período de estudo. Esta função diminui à medida que aumenta o volume armazenado final, pois

haverá mais energia hidroelétrica disponível no futuro, e, portanto, menos geração térmica.

Em termos conceituais, a curva de FCF seria calculada através de simulações operativas do sistema para cada nível de armazenamento no final da etapa t . Como ilustrado na Figura 5, as simulações são realizadas de maneira probabilística, isto é, usando um grande número de cenários hidrológicos. Isto é devido à variabilidade das vazões afluentes aos reservatórios, que flutuam a nível sazonal, anual e regional.

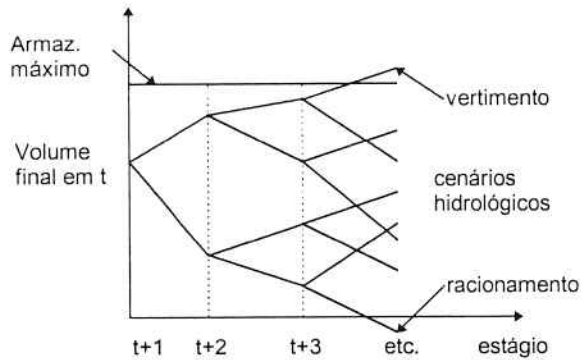


Figura 5 - Cálculo da FCF

Na prática, as funções de custo futuro são calculadas por um procedimento recursivo, denominado programação dinâmica estocástica.

5.3 Custo Total

O uso ótimo da água armazenada corresponde ao ponto que minimiza a soma dos custos imediato e futuro. Como é mostrado na Figura 6, o ponto de mínimo custo global também corresponde ao ponto onde as derivadas da FCI e da FCF com relação ao armazenamento se igualam. Estas derivadas são conhecidas como valores da água.

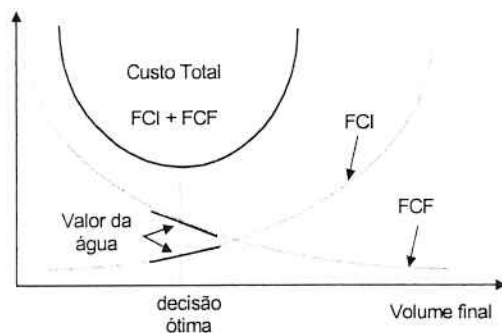


Figura 6 - Uso Ótimo da Água

Em contraste com o caso térmico, onde as usinas têm um custo operativo direto, as usinas hidroelétricas têm um valor indireto, associado à oportunidade de economizar combustível deslocando uma térmica hoje ou no futuro. O uso ótimo da água é obtido quando se equilibram o valor imediato e futuro da água.

5.4 Despacho e Cálculo do Preço "Spot" num Sistema Hidrotérmico

Será apresentado agora em mais detalhe como o ONS realiza o despacho econômico e como é calculado o preço "spot" de um sistema hidrotérmico. Como

discutido anteriormente, o objetivo é minimizar a soma de duas classes de custos:

- *custo operativo imediato* - dado pelos custos térmicos $\{c_j \times g_{ij}\}$ no estágio t . O racionamento é representado por uma térmica fictícia de capacidade infinita e custo operativo igual ao custo de interrupção.
- *valor esperado do custo operativo futuro* - dado pela função de custo futuro $FCF(v_{t+1})$. Também como discutido anteriormente, esta função depende dos volumes de água armazenados ao final do estágio, representados pelo vetor v_{t+1} .

5.4.1 Função objetivo

Na formulação a seguir, supõe-se que a função de custo futuro (FCF) para cada estágio foi calculada previamente através do procedimento de programação dinâmica estocástica. O problema de despacho hidrotérmico para o estágio t é formulado como:

$$zt = \text{Min} \sum_{j=1}^J c_j \times g_{ij} + FCF(v_{t+1}) \quad (5.1)$$

onde:

c_j custo de geração da térmica j (\$/MWh)
 g_{ij} geração da térmica j (MWh)

sujeito às seguintes restrições operativas:

- balanço hídrico
- limites de armazenamento e turbinamento
- limites na geração térmica
- atendimento à demanda

Cada componente do problema (5.1) será discutido a seguir.

Balanço hídrico

Como ilustrado na Figura 7, a equação de balanço hídrico relaciona o armazenamento e os volumes de entrada e saída do reservatório: o volume final no estágio t (início do estágio $t+1$) é igual ao volume inicial menos os volumes de saída (turbinaamento e vertimento) mais os volumes de entrada (vazões laterais mais os volumes de saída das usinas a montante).

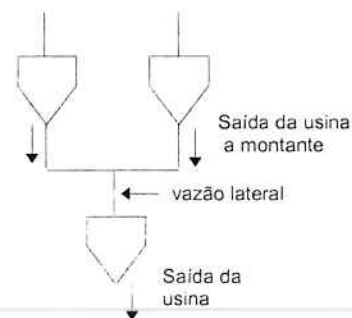


Figura 7 - Balanço hídrico

Em termos do problema de despacho (5.1), o balanço hídrico é formulado como:

$$v_{t+1}(i) = v_t(i) - u_t(i) - s_t(i) + a_t(i) + \sum_{m \in U(i)} [u_t(m) + s_t(m)] \quad (5.2)$$

para $i = 1, \dots, I$

onde:

- i indexa as usinas hidroelétricas
- $v_t(i)$ armazenamento final da usina i no estágio t
- $v_{t-1}(i)$ armazenamento inicial da usina i no estágio t
- $a_t(i)$ afluência lateral à usina i no estágio t
- $u_t(i)$ volume turbinado no estágio t
- $s_t(i)$ volume vertido no estágio t
- $m \in U(i)$ conjunto de usinas a montante de i

Limites de Armazenamento e Turbinamento

$$v_t(i) \leq v_t^-(i) \quad (5.3)$$

para $i = 1, \dots, I$

$$u_t(i) \leq u_t^-(i) \quad (5.4)$$

onde $v_t^-(i)$ e $u_t^-(i)$ são respectivamente os limites de armazenamento e turbinamento.

Limites na Geração Térmica

$$g_{tj} \leq g_{tj}^- \quad (5.5)$$

para $j = 1, \dots, J$

Atendimento à Demanda

$$\sum_{i=1}^I \rho(i) u_t(i) + \sum_{j=1}^J g_{tj} + \text{déficit} = d_t \quad (5.6)$$

onde $\rho(i)$ é o coeficiente de produção da usina i (MWh/hm³) (valor conhecido).

5.4.2 Cálculo do Despacho Ótimo e dos Preços "Spot"

O problema (5.1)-(5.6) é resolvido através de um algoritmo de programação linear (PL). Além da decisão operativa ótima, o esquema PL calcula os multiplicadores simplex, ou preços sombra, associados a cada restrição. Em particular, o preço "spot" horário do sistema é o multiplicador simplex associado à restrição de atendimento à demanda (5.6). Por sua vez, o valor da água é o multiplicador associado à equação de balanço hídrico (5.2).

6.0 - MODELOS DE FORMAÇÃO DE PREÇOS

O planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de geração de energia elétrica abrange um largo espectro de atividades, desde o planejamento plurianual até a programação diária da geração dos reservatórios. Devido ao porte e complexidade deste problema, é necessária a sua divisão em diversas etapas. Em cada etapa, são utilizados modelos com diferentes graus de detalhe para representação do sistema, abrangendo períodos de estudos com horizontes distintos (médio prazo, curto prazo e programação diária).

Na etapa de médio prazo são realizados estudos para horizontes de até 5 anos à frente com o objetivo de definir quais serão as parcelas de geração hidráulica e

térmica que minimizam o valor esperado do custo de operação, representando o sistema através de um modelo equivalente. Na etapa de curto prazo, a partir das informações obtidas na etapa de médio prazo, determinam-se as metas individuais de geração das usinas hidráulicas e térmicas do sistema, bem como os intercâmbios de energia entre subsistemas. Finalmente na programação diária, define-se uma programação horária de geração que atenda as metas estabelecidas na etapa anterior, sujeita às condições operacionais da rede elétrica.

No Brasil, o MAE é o responsável pelo cálculo do preço spot de eletricidade. Para isto, ferramentas computacionais de despacho que são usadas durante o processo de otimização do sistema pelo ONS, são utilizadas pelo MAE para cálculo do preço spot, como também é conhecido preço de curto prazo. O preço spot é calculado para quatro submercados (Sul, Sudeste, Norte e Nordeste) definidos por restrições de transmissão.

O preço de curto prazo reflete o custo marginal de curto prazo do sistema, obtido a partir de modelos de otimização. Os modelos fornecidos pelo CEPEL, a serem utilizados no cálculo do preço são: NEWAVE, NEWDESP, DECOMP e DESSEM.

Estes modelos são encadeados de acordo com a Figura 8 a seguir:



Figura 8 – Modelos de Otimização do Despacho Hidrotérmico

Na primeira fase de implementação do MAE, a metodologia para determinação do preço era operacionalizada através dos programas NEWAVE e NEWDESP, na segunda fase tem-se a entrada do modelo DECOMP, e finalmente na terceira fase o modelo DESSEM entra nesta cadeia.

Na primeira etapa, o modelo NEWAVE é utilizado no planejamento da operação a médio prazo (até 5 anos), de sistemas hidrotérmicos interligados com discretização mensal e representação a sistemas equivalentes. Seu objetivo é determinar a estratégia de geração hidráulica e térmica em cada estágio que minimiza o valor esperado do custo de operação para todo o período de planejamento.

Um dos principais resultados desse modelo são as funções de custo futuro, que traduzem para os modelos de etapas de mais curto prazo o impacto da utilização da água armazenada nos reservatórios. Nesse modelo, a carga e a função de custo de déficit podem ser representados em patamares e permite-se a consideração de limites de interligação entre os subsistemas.

O modelo NEWDESP permite que se obtenha o despacho do sistema e o custo marginal de operação, a partir do resultado do NEWAVE. No modo despacho, com base nos valores de energia armazenada no início de um mês e valores realizados e previstos de

energias afluentes, o modelo obtém o despacho ótimo para o período em estudo, definindo a geração hidráulica equivalente e o despacho das usinas térmicas para cada subsistema. Como resultado desse processo são obtidos os custos marginais de operação para o período estudado, em cada patamar de carga considerado para cada subsistema. O modo despacho fornece os preços do MAE, respeitando os preços mínimos, em três patamares de carga para cada submercado, sendo o patamar pesado para os horários de ponta do sistema, o patamar médio para os horários fora de ponta do sistema com exceção do madrugada que é contemplada pelo patamar leve.

Na segunda etapa, o modelo DECOMP é responsável pela coordenação da operação de sistemas hidrotérmicos interligados para o horizonte de curto prazo (até 12 meses), representa o primeiro mês em base semanal, o parque gerador individualizado (usinas hidráulicas e térmicas por subsistemas) e previsões de vazões. A aleatoriedade das vazões do restante do período é representada através de uma árvore de possibilidades (cenários de vazões).

O objetivo é determinar o despacho de geração das usinas hidráulicas e térmicas que minimiza o valor esperado do custo de operação no primeiro estágio (primeira semana), dado o conjunto de informações disponível carga, vazões, disponibilidades, limites de transmissão entre subsistemas e função de custo futuro do NEWAVE.

Os principais resultados desse modelo são os despachos de geração por usina hidráulica e térmica de cada submercado, e os custos marginais de operação para cada estágio por patamar de carga.

E por fim na terceira etapa, tem-se o modelo DESSEM para coordenação diária da operação de sistemas hidrotérmicos. O modelo DESSEM é um modelo de otimização para o planejamento da operação em um horizonte de curto prazo (de 7 a 14 dias), que tem como objetivo determinar o despacho ótimo horário de geração para sistemas hidrotérmicos interligados que minimiza o custo total de operação no período de planejamento.

Atualmente, a versão do modelo DESSEM disponibilizada tem horizonte de 7 a 14 dias discretizado em intervalos de ½ hora até os primeiros 5 dias da semana e horária para os demais dias e estando acoplado ao final do período à função de custo futuro produzida pelo modelo DECOMP. Este modelo ainda se encontra em fase de aperfeiçoamento pelo CEPEL, e por isso apesar da previsão de ser o modelo formador de preço diário pelo MAE não receberá, neste trabalho, um detalhamento aprofundado.

7.0 - DISCUSSÕES SOBRE O MODELO UTILIZADO PARA CÁLCULO DE PREÇOS

7.1 Despacho por Custo

Como visto, o preço spot é atualmente determinado pelo chamado despacho por custo. Onde, um agente central procura atender o consumo previsto de energia ao menor custo possível, acionando os geradores em ordem crescente de custo variável de produção (R\$/MWh) até que a produção total seja igual ao consumo total. O despacho por custo também produz o

chamado custo marginal de operação (CMO), que representa o custo de atender um MWh adicional de demanda.

Dois pontos centrais do modelo institucional e comercial do sistema elétrico brasileiro são a existência de um despacho centralizado com base em custos e o Mecanismo de Realocação de Energia (MRE).

O despacho com base em custos é uma decorrência de características específicas do sistema elétrico brasileiro. Estas características – a forte predominância hidroelétrica, a existência de grandes reservatórios e presença de várias empresas compartilhando as mesmas cascatas – limitaram severamente as alternativas para um modelo capaz de assegurar a operação ótima do sistema e, ao mesmo tempo, evitar a formação de grandes cartéis. A opção escolhida envolve o cálculo centralizado dos custos de oportunidade associados à água armazenada nos reservatórios, através de modelos matemáticos como foi visto nos capítulos anteriores. Desta forma, os produtores hidroelétricos – que respondem por aproximadamente 90% da produção de energia do sistema – não podem fazer ofertas de preços por sua energia para compor o despacho.

O Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) tem a finalidade de mitigar dos riscos financeiros incorridos pelos proprietários de usinas hidroelétricas devido à variabilidade das vazões, através do compartilhamento destes riscos pelo conjunto de geradores.

7.1.1 Problemas Observados

Um dos princípios básicos da operação do sistema brasileiro é assegurar a otimização operativa das usinas hidroelétricas em cascata e a integração interbacias. Há quase três décadas, este objetivo vem sendo alcançado com um despacho por custo baseado em técnicas de otimização, e respectivo cálculo do CMO. Por esta razão, considerou-se na formulação do novo marco regulatório que seria razoável continuar com o mesmo procedimento na transição para um modelo de mercado.

Entretanto, a experiência com a aplicação deste procedimento nas novas condições de mercado revelou uma série de problemas e fragilidades em algumas áreas o que ocasionou em aperfeiçoamentos no modelo vigente, principalmente nos parâmetros de entrada do modelo de despacho, tentando assim reduzir a defasagem entre o preço calculado da energia e as percepções de geradores e consumidores com relação ao valor da mesma.

No Relatório de Progresso 2 do Comitê de Revitalização do Setor Elétrico [4] foram abordados os principais problemas observados no modelo de preços. Foram encontradas dificuldades com os seguintes parâmetros:

a) Função de Custo de Déficit

Com relação à Função de Custo de Déficit, pode-se notar na Figura 5, que alguns dos ramos da árvore de cenários futuros chegam a situações de déficit de suprimento. O custo de oportunidade nestes cenários é dado por um parâmetro do modelo computacional, o custo de déficit. Este parâmetro tem como propósito

refletir a perda econômica para a sociedade resultante de uma possível incapacidade de se atender a demanda. Como o custo de déficit era muito elevado, e o mesmo sendo representado em um único patamar, os cenários nos quais o mesmo ocorria tinha um peso muito grande na formação do valor esperado do custo de oportunidade das usinas hidrelétricas, o qual, por sua vez, define o CMO a cada período.

Este problema foi corrigido, quando o custo de déficit passou a ser determinado por uma função de custo de déficit que contém quatro patamares de redução de carga.

b) Previsões de Oferta e Demanda

Assim como o custo de déficit, as previsões de oferta e demanda afetam diretamente o cálculo do custo de oportunidade das usinas hidrelétricas. Pode ser concluído da Figura 5 que a evolução do armazenamento ao longo dos diversos ramos da árvore de cenários depende de parâmetros adicionais do modelo computacional, que são as previsões de oferta (tipo e capacidade dos geradores) e demanda (consumo por região e horário) em cada período. Por exemplo, um excesso de oferta no futuro sinaliza para as hidrelétricas que é melhor despachar hoje, pois os preços de energia no futuro serão reduzidos devido à abundância de energia. Por outro lado, uma escassez de oferta no futuro induz as hidrelétricas a armazenar, resultando hoje num menor despacho hidrelétrico e maior despacho térmico. Se as previsões de oferta e demanda futura não se concretizarem, as ações de despacho hoje e os respectivos preços de energia (CMO) terão sido equivocados. Em particular, a previsão equivocada de uma abundância futura pode levar a uma utilização excessiva dos reservatórios e a um desincentivo para o acionamento de equipamentos térmicos, precipitando uma crise de suprimento no caso de ocorrer uma seca severa no futuro.

Esta tarefa é obviamente complexa, requer atualizações e monitoramentos constantes, pois há uma grande incerteza com relação a estes parâmetros de entrada. Com relação à demanda, o ONS utiliza previsões preparadas por comitês técnicos a partir de hipóteses de crescimento da economia e informações das empresas. A previsão de oferta é preparada a partir de informações da ANEEL, que por sua vez se baseia nos seus atos de outorga emitidos e nos acompanhamentos feitos por meio da fiscalização dos serviços de geração e transmissão.

c) Critério de Otimização e Modelo Estocástico de Vazões

O terceiro grupo de parâmetros de entrada analisado inclui o critério de otimização, que tem como objetivo a minimização do valor esperado do custo operativo atualizado, e a informação hidrológica, que através do modelo estocástico de vazões permite criar uma árvore de cenários futuros de afluências, a partir das vazões observadas nos últimos meses. Esta análise foi motivada por comportamentos pouco intuitivos dos preços da energia nos anos 1999 e 2000, conforme relatado nos relatórios de progresso para Revitalização do Setor Elétrico divulgados em 2002.

A Figura 9, retirada destes relatórios, mostra a evolução do nível de armazenamento da região Sudeste (em %) e respectivos preços da energia (em R\$/MWh) para o

período de Maio/99 à Março/01. Pode-se verificar que o nível de armazenamento no início de janeiro de 2000 era muito reduzido, o que poderia implicar num alto risco de racionamento para os próximos meses, o qual deveria ser sinalizado através de um aumento do preço da energia. Estes preços elevados, por sua vez, deveriam levar a ações preventivas tais como o acionamento da geração térmica e um alerta sobre as possíveis dificuldades de suprimento.

Em janeiro de 2000, o preço subiu, o que permitiu o despacho de todos os recursos térmicos da região. Entretanto, observa-se uma brusca redução dos preços já nos meses de fevereiro e março, estes preços já não permitiram o despacho preventivo das usinas térmicas, sinalizando desta forma uma reversão de expectativa de ocorrência de escassez severa para outra de relativa tranquilidade. Outros eventos como este ocorreram durante o ano de 2001 onde tivemos o início do racionamento de energia.

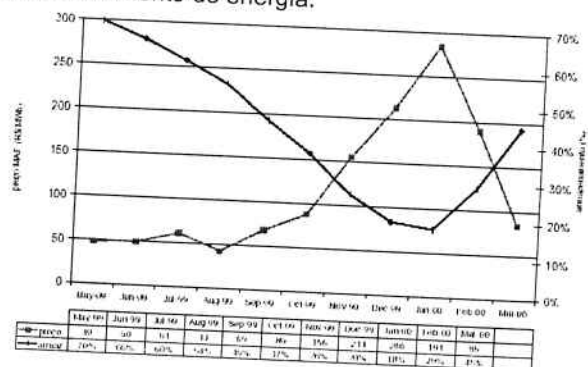


Figura 9- Região Sudeste – Nível de Armazenamento e CMO – Abr/99-Mar/00

Esta reversão de expectativas foi bastante discutida pelos agentes e técnicos do setor na ocasião, pois havia a percepção de que o sistema poderia enfrentar dificuldades de suprimento. O que se verificou foi que uma afluência elevada em dezembro fez com que a distribuição de vazões possíveis em janeiro apresentasse um viés para a ocorrência de cenários de afluências mais elevadas, que evitam o risco de racionamento. Como consequência, a proporção de ramos que levasse a racionamento nos próximos meses poderia variar bruscamente de um mês para o outro, bastando que ocorresse uma afluência favorável. Esta redução brusca do número de ramos que levaria a racionamento traz por sua vez a uma redução substancial no valor esperado do custo de oportunidade, pois ainda que estes ramos estejam associados a uma penalidade severa, que é o custo de racionamento, eles têm uma pequena contribuição para o cálculo dos valores médios.

Assim sendo, observa-se que a oscilação dos preços e a reversão de expectativas são consequências das características físicas do sistema gerador/hidrologia e do critério de otimização da operação, baseado na média dos custos para os vários cenários hidrológicos.

Para resolver este problema foi introduzida uma "curva de segurança" bianual com base no nível de energia armazenada em cada região, que procura sinalizar com antecedência dificuldades de suprimento no caso da ocorrência de um biênio de afluências reduzidas. Se o nível de armazenamento resultante do despacho for inferior ao da curva, será despachada a geração térmica necessária para atingir o limite. Neste caso, o

preço será ajustado para o máximo entre o preço calculado pelo modelo e o preço da curva de segurança.

A Figura 10 ilustra de maneira qualitativa o efeito desta curva de alerta nos preços do submercado sudeste entre maio de 2000 e março de 2001.

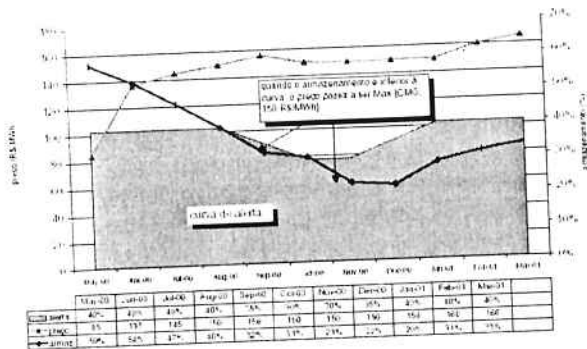


Figura 10 - Sudeste - Armazenamento e CMO com Curva de Aversão ao Risco

É importante ressaltar que neste caso da curva de aversão ao risco, criada para sinalizar com antecedência dificuldades de suprimento, tem-se um exemplo claro de uma falha na conjunção do modelo equivalente com o modelo estocástico, que deveriam sinalizar tais dificuldades sem a necessidade de uma curva exterior ao modelo.

7.1.2 Análises de Sensibilidade

Nesta seção serão avaliados alguns resultados dos modelos utilizando o resultados do caso oficial do setor que possui atualizações periódicas de acordo com a Programação Mensal de Operação (PMO) realizada pelo ONS com a participação dos demais agentes do setor.

Na Figura 11 a seguir, pode-se constatar a volatilidade dos preços para o caso do PMO de novembro de 2003 onde foi analisada para o submercado Sudeste a média mensal de 2000 séries sintéticas.

A volatilidade dos preços aumenta com o tempo, sendo que no curto prazo, quando se avalia o primeiro ano, apresenta uma variação de 16,12 R\$/MWh que corresponde a $\pm 24\%$ em relação à média de 2004. Já no médio prazo, avaliando o quarto ano do horizonte de 50 meses, obtém-se uma variação de 57,44 R\$/MWh correspondendo a $\pm 44\%$ em relação à média do ano.



Figura 11 - Volatilidade e Sazonalidade dos Preços

Nesta mesma Figura 11 pode-se notar outra característica marcante do SIN, que devido a sua base de geração fortemente hidroelétrica localizada em um país de clima tropical está sujeita a uma marcante sazonalidade, que poder ser verificada através de períodos úmidos, de dezembro à abril, e secos, de maio à novembro, bem determinados. Períodos estes que podem ser relacionados diretamente com a variação dos preços, tendendo estes a serem maiores nos períodos secos e diminuir nos períodos úmidos.

Outra característica interessante refletida no preço é a variação de consumo e por consequência da geração de energia de acordo com a hora e o dia da semana. Na etapa atual o preço é determinado em base semanal, considerando três patamares de carga para cada submercado do sistema elétrico brasileiro. Pode-se observar na Figura 12 a diferença entre os preços dos três patamares a partir do histórico recente do preço semanal, onde nota-se um maior desvio entre os patamares de acordo com o aumento dos preços, que é consequência direta de um maior estressamento do sistema.

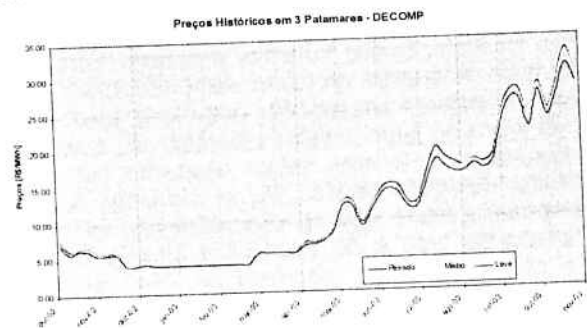


Figura 12 - Histórico de Preços em 3 Patamares

A relação entre a energia armazenada e os preços de curto prazo pode ser verificada nas figuras a seguir onde foi analisada para duas séries históricas distintas, uma representando um ano de grande e outra de baixa afluência.

Na Figura 13 está representada a relação entre as duas curvas, de armazenamento e de preço, para a série correspondente ao ano de 1979. Esta série representa um período com afluência acima da média, que pode ser representada por uma curva com altos níveis de armazenamento e por consequência baixos preços de curto prazo para o período, refletindo assim um sistema com folga de geração.



Figura 13 - Preços X Armazenamento - 1979

A seguir está representando o ano de 1952, conhecido como ano de início do período crítico, com afluências

abaixo da média. Pode ser verificado na curva de armazenamento da Figura 14 que ocorrem aumentos consideráveis de preços à medida que o armazenamento diminui, demonstrando um crescente desequilíbrio entre a produção e o consumo de energia podendo-se chegar a um caso extremo de déficit de energia.

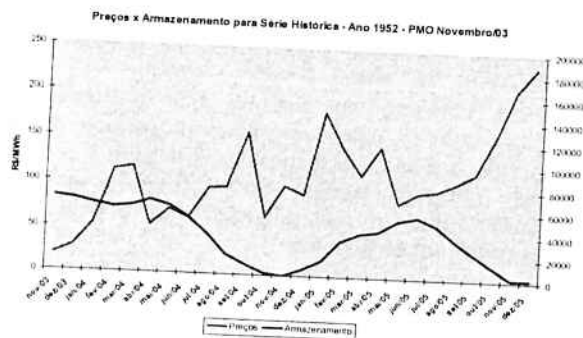


Figura 14 - Preços X Armazenamento - 1952

7.1.3 Vantagens e Desvantagens do Modelo Atual

O binômio despacho por custos / MRE apresenta um conjunto de aspectos desejáveis, dentre os quais:

Assegura a operação eficiente das cascatas;

- Evita poder de mercado;
- Reduz substancialmente a volatilidade da renda das usinas hidroelétricas;
- Torna a renda das usinas hidroelétricas indiferente às decisões de despacho, o que evita contestações e desobediência a estas decisões; e
- O MRE, através das energias asseguradas, traduz a contribuição de qualquer ativo hidroelétrico numa mesma base, o que facilita a avaliação econômica e licitação para construção de novas usinas.

No entanto, ao lado destas vantagens, o mesmo binômio possui alguns problemas. Em particular, o cálculo centralizado dos custos de oportunidade apresenta as seguintes questões:

- Ele impõe a definição única de dados incertos e/ou difíceis de estimar, tais como a evolução da oferta e da demanda nos próximos anos, a taxa de desconto, o custo do déficit e a elasticidade da demanda. Tanto o despacho como os preços da energia são muito afetados pelo cenário de evolução da oferta e demanda e, em especial, pelo valor do custo de racionamento;
- Ele impõe a definição única de critérios de otimização, como por exemplo, o da minimização do valor esperado dos custos;
- Ele impõe a definição única de todos os modelos computacionais utilizados no processo, incluindo as técnicas de otimização, os modelos de previsão de afluências e outros;

Estas definições realizadas de forma centralizada impedem os agentes de gerenciarem seus próprios riscos, o que dificulta a criação pelo mercado de mecanismo de gerenciamento de risco de forma individual a partir de suas próprias percepções e convicções.

7.2 Outros Modelos de Despacho e Formação de Preços

Além da cadeia de modelos de despacho e formação de preços em uso no Setor Elétrico Brasileiro, desenvolvida pelo Cepel, existem outros modelos desenvolvidos por grupos de pesquisa e empresas brasileiras.

7.2.1 SDDP - Despacho Hidrotérmico com Restrições de Rede

O modelo SDDP desenvolvido pela PSR utiliza a metodologia de programação dinâmica estocástica dual (PDED), a mesma utilizada nos modelos computacionais de despacho do ONS e no cálculo dos preços do Mercado Atacadista de Energia (MAE).

O SDDP é um modelo de despacho hidrotérmico com representação da rede de transmissão utilizado para estudos operativos de curto, médio e longo prazo. O modelo SDDP é capaz de representar em detalhe as características físicas, operativas e comerciais do sistema brasileiro, tais como reservatórios em cascata, rede completa de transmissão, limites de combustível e outros.

O modelo calcula a política operativa estocástica de mínimo custo de um sistema hidrotérmico, levando em consideração os seguintes aspectos:

- detalhes operativos das usinas térmicas e hidroelétricas;
- incerteza hidrológica: é possível utilizar modelos estocásticos de vazões que representam as características hidrológicas do sistema (sazonalidade, dependência temporal e espacial, secas severas etc.) e o efeito de fenômenos climáticos específicos como por exemplo o El Niño.
- detalhes do sistema de transmissão: leis de Kirchhoff, limites de fluxo de potência em cada circuito, perdas, restrições de segurança, limites de exportação e importação por área elétrica etc.
- variação da demanda por patamar e por barra do sistema, com estágios mensais ou semanais (estudos de médio ou longo prazo) ou a nível horário (estudos de curto prazo).

Além da política operativa de mínimo custo, o modelo calcula índices econômicos tais como o custo marginal de operação podendo este ser por submercado ou por barra, custos de congestionamento da rede, valores da água por usina.

Este modelo além de ser utilizado em estudos de avaliação de empresas, interconexões internacionais e análise de novos projetos hidroelétricos e térmicos no sistema interligado brasileiro para clientes da PSR, tem sido utilizado em estudos operativos de mais de 20 países. O modelo também é utilizado nos centros de despacho dos seguintes países: Bolívia, Colômbia, Chile, Guatemala, El Salvador, Panamá e Venezuela.

7.2.2 Soluções de Malha Aberta no Planejamento Energético

O grupo de pesquisas da Unicamp tem estudado uma alternativa à política de malha fechada utilizada nos modelos vigentes. Esta alternativa combina a otimização determinística do problema de planejamento energético com modelos de previsão de vazões. Nesse tipo de abordagem, em cada estágio do período de planejamento uma decisão ótima é determinada baseada no corrente valor previsto dos valores futuros. As soluções são atualizadas em cada estágio à medida que novas previsões tornam-se disponíveis, em uma estrutura de controle em malha aberta.

A política de malha aberta permite representar o sistema hidroelétrico em detalhe, considerando cada usina individualmente, com suas próprias restrições operacionais e características não lineares de produção. O modelo estocástico considerado na representação das afluições, por ser externo ao modelo e ter como objetivo a obtenção da previsão de afluições, pode ser geral, baseado em qualquer metodologia, e específico para cada usina do sistema.

Em políticas de malha aberta, a aleatoriedade das afluições no problema de planejamento energético é considerada de forma implícita, substituindo valores estocásticos das variáveis por seus valores esperados, os quais podem ser fornecidos por modelos de previsão de vazões. O objetivo dessa política é determinar a trajetória ótima de operação dos reservatórios que constituem o sistema com base na previsão disponível dos dados incertos do problema.

Em cada estágio do período de planejamento um esquema de controle em realimentação determina uma decisão ótima baseada no corrente valor previsto das incertezas futuras. A fim de se evitar propagação de erros através do horizonte de planejamento, novas previsões são realizadas a medida que informações tornam-se disponíveis ao sistema em cada estágio de planejamento.

Uma importante questão a ser resolvida neste tipo de problema é a condição de contorno associada ao modelo determinístico de otimização, a qual estabelece o balanço entre custos do uso da água no período de planejamento a médio prazo com os custos futuros a longo prazo.

Uma maneira encontrada para superar o problema de se obter uma apropriada condição de contorno para o modelo é estender o horizonte de planejamento de maneira a tornar desprezível a influência da mesma na decisão ótima do primeiro estágio. No entanto, este tipo de consideração pode não ser conveniente, uma vez que com a extensão do horizonte de planejamento o erro na previsão de afluições tende a aumentar, comprometendo o desempenho da política de malha aberta. Por outro lado, estabelecer horizontes de planejamento mais curtos, onde os modelos de previsão possam ter melhor desempenho, requer uma precisa estimativa da função de custo esperado futuro de operação, desde que, neste caso, a influência da mesma sobre a decisão do primeiro estágio passa a ser crucial.

Para superar o conflito entre condição terminal e horizonte de otimização, assume-se que os reservatórios devem estar tão cheios quanto possível sempre no início do período seco do sistema, que nos

sistemas Sudeste e Nordeste corresponde ao mês de Maio. Este critério heurístico tem como base a análise de comportamento da solução ótima determinística sob dados históricos de vazão afluyente, onde a cada mês é refeita a previsão atualizando a base de dados para o próximo período, de acordo com o método conhecido como planejamento adaptativo.

Alguns resultados publicados em artigos [25], para sistemas de pequeno porte, apontam para um uso mais eficiente do sistema principalmente quando analisados os períodos críticos da estação seca, onde os resultados divulgados apontam para a manutenção do armazenamento do sistema, elevando a produtividade e conseqüentemente reduzindo o custo operacional do sistema.

Cabe ressaltar a crítica que se faz a respeito da otimização determinística, já que esta possui bons resultados para casos em que a previsão se confirma sem sobressaltos, mas em casos em que se tem mudanças de rumo repentinas que fogem às previsões baseadas no histórico, teoricamente a otimização estocástica por avaliar diversos cenários tem maior possibilidade de adequação a estes casos.

8.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou de forma descritiva os parâmetros e modelos utilizados no planejamento da operação do sistema elétrico brasileiro para que fosse possível analisar os impactos causados por estes parâmetros na formação de preços de curto prazo para liquidação de diferenças.

Para tanto foi necessário conhecer a evolução histórica do setor e suas implicações na reorganização do modelo institucional que deu origem aos modelos de planejamento da operação desde o longo até o curto prazo que são atualmente utilizados na formação do preço do mercado de curto prazo.

Também foi detalhado o perfil hidrotérmico do sistema elétrico brasileiro, caracterizado por grandes reservatórios com capacidade de regulação plurianual, estruturado em cascatas diversas sobre várias bacias hidrográficas, com uma malha de transmissão continental interligando o país de norte a sul. Devido ao tamanho e à dispersão geográfica dos grandes mercados consumidores, foi analisada a relação entre as interconexões e os submercados, mostrando que a quantidade de submercados está diretamente ligada a limitações das conexões entre as regiões que podem unir ou separar os mercados.

Dentro desta nova estrutura do setor tem-se o despacho centralizado, de maneira que os agentes seguem as ordens de despacho de um agente operador para as suas unidades geradoras. Estas ordens de operação são originadas a partir de modelos de planejamento, que tratam o problema da operação deste sistema hidrotérmico complexo, desde a etapa de longo prazo até a de curto prazo. Estes modelos são também responsáveis pela formação de preços para a liquidação de diferenças do mercado de curto prazo.

Foi estudada toda a cadeia de modelos para a formação de preço desenvolvida pelo CEPEL e em uso pelo ONS e MAE, onde foram feitas considerações

sobre a metodologia adotada, passando por problemas observados, medidas corretivas tomadas e análises de sensibilidade. Foram apresentados também alguns modelos alternativos desenvolvidos por empresas e estudos realizados por grupo de pesquisas sobre outras formas de se tratar o problema do planejamento energético.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cepel. Modelo DECOMP – Manual de Referência (2001). Brasil.
- [2] Cepel. Modelo NEWAVE – Manual de Referência (2001). Brasil.
- [3] Cepel. Modelo DESSEM – Especificação Funcional (2001). Brasil.
- [4] Comitê de Revitalização do Setor Elétrico. Relatório de progresso 2 - anexo F (2002). Brasil.
- [5] Comitê de Revitalização do Setor Elétrico. Relatório de progresso 3 (2002). Brasil.
- [6] Consultoria PSR. Viabilidade Técnica e Econômica do Mercado Único No Sistema Brasileiro - ONS, MAE e CCPE - Nota Técnica ONS-MAE-CCPE (2001). Brasil.
- [7] Vieira Filho, X.; Mesquita, E.N.; Mello, J.C.O. Market Based Transmission System Expansion in Brazilian Power System – CIGRE (2001). França.
- [8] Comitê Técnico para Expansão da Transmissão – CTET. Critérios e Procedimentos para Dimensionamento de Interligações entre Submercados (2001). Brasil.
- [9] Grupo de Trabalho ONS/ASMAE - Fronteiras de Submercados Evolução das fronteiras até 2005 (2001). Brasil.
- [10] Silva, E. L.; Finardi, E. C. - Curso de Planejamento da Operação de Sistemas Hidrotérmicos - LabPlan (1999). Brasil.
- [11] Fortunato, L. M.; Araripe Neto, T. A.; Albuquerque, J. C. R.; Pereira M. V. F.; Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica. EDUFF (1990). Brasil.
- [12] Kligerman, A. S.; Avaliação da Instabilidade do Preço do Mercado de Energia Elétrica obtido a partir do Custo Marginal de Curto Prazo. MBA Eletrobrás – UFRJ (1999). Brasil.
- [13] Born, P. H.; Almeida, A. A.; Mudanças estruturais no setor Elétrico: Formação e Regulação de Preços.
- [14] Caroe, C. C.; Nowak M. P.; Romisch, W.; Schultz, R.; Power Scheduling in a Hydro-Thermal System under Uncertainty. 13th PSCC in Trondheim (1999). Noruega.
- [15] Gjølvik A.; Belsnes M. M.; Haugstad A.; An Algorithm for Stochastic Medium-Term Hydrothermal Scheduling under Spot Price Uncertainty. 13th PSCC in Trondheim (1999). Noruega.
- [16] ANEEL – Nota Técnica; Metodologia para Cálculo do Parâmetro "Custo do Déficit de Energia Elétrica" utilizado nos Programas Computacionais de Otimização Eletroenergética (2001). Brasil.
- [17] Cepel. Modelo DESSEM – Manual do Usuário (2001). Brasil.
- [18] Cepel. Modelo DECOMP – Manual do Usuário (2001). Brasil.
- [19] Silva, E. L.; "Formação de Preços em Mercados de Energia Elétrica", Editora Sagra Luzzatto, Porto Alegre/RS (2001). Brasil.
- [20] Lino, P. R.; Esquemas Competitivos em Sistemas Hidrotérmicos: Operação Descentralizada de Sistemas Hidrotérmicos em Ambiente de Mercado. UFRJ (2001). Brasil.
- [21] Gilbert R. J.; Khan E. P.; International comparisons of Electricity Regulation. Cambridge University Press (1997).
- [22] Sá Jr, C. L. C.; Considerações em torno da Programação Semanal da Operação Energética. Tese de Mestrado, (1994). Brasil.
- [23] Pereira, M. V. and Pinto, L. M. V. G., 1985. "Stochastic Optimization of a Multireservoir Hydroelectric System: A Decomposition Approach", Water Resources Research, 23(6): 779-792.
- [24] Pereira, M. V. and Pinto, L. M. V. G., 1989. "Optimal Stochastic Operation Scheduling of large hydroelectric Systems. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 11:161-169.
- [25] Martinez, L.; Soares, S.; Comparação entre Soluções Malha Aberta e Malha Fechada no Planejamento Energético de Sistemas de Energia Elétrica. XVI SNPTEE, (2001). Brasil

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEA/9301 - Alguns Aspectos do Problema de Planejamento de Sistemas de Transmissão sob Incertezas - CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN, ERNESTO JOÃO ROBBIA
- BT/PEA/9302 - Vibrações em Motores Elétricos Provocadas por Forças Magnéticas - ORLANDO SILVIO LOBOSCO, HENRIQUE PRADO ALVAREZ
- BT/PEA/9303 - Corrente Contínua em Alta Tensão: Aplicação de Equipamentos Elétricos e Modelos para Análises de Confiabilidade - LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9504 - Automação e Informatização Aplicadas a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem - EVALDO ARAGÃO FARQUI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/9505 - Modernização e Reabilitação de Usinas Hidrelétricas - DJALMA CASELATO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9506 - Estudo do Campo Elétrico Provocado por Linhas de Transmissão em Corrente Alternada - CELSO PEREIRA BRAZ, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9507 - Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferroviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação - SERGIO LUIZ PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9508 - Usinas Hidrelétricas em Rotação Ajustável: Novas Premissas para o Planejamento Energético - MARCO ANTONIO SAIDEL, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9509 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação de Subestações pela integração de Módulos de Software e Hardware Existentes no Mercado Brasileiro - L. C. MAGRINI, J. A. JARDINI, S. COPELIOVITCH, N. KABA FILHO
- BT/PEA/9510 - Proposta de um Modelo para Estudos de Aplicação de Compensadores Estáticos em Sistemas de Potência - JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, LUIS CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9511 - Metodologia e Testes para Redução das Distâncias Elétricas entre Fases de Barramentos de Subestações de 138kV Abridadas, ANDRÉ NUNES SOUZA, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9512 - Avaliação da Severidade da Poluição para o Dimensionamento da Isolação das Redes Elétricas - ARNALDO G. KANASHIRO, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9513 - Processos Auto-Adaptativos para Cálculo de Campos Eletromagnéticos pelo Método dos Elementos Finitos - LUIZ LEBENSZTAJN, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9514 - Investigação Experimental sobre os Arcos Sustentados em Sistemas Elétricos de Baixa Tensão - FRANCISCO H. KAMEYAMA, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9515 - Fast Voltage Compensation: A Mean to Improve the Quality of Energy Supply - H. ARANGO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9516 - Modelo Avançado para Planejamento de Sistemas Energéticos Integrados Usando Recursos Renováveis - LUIZ ANTONIO ROSSI, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9601 - Metodologias para Planejamento de Sistemas de Distribuição: Estado-da-Arte e Aplicações - PAULO ROBERTO NJAIM, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9602 - Integração de Relés Digitais em Sistemas de Automação de Subestação - JERÔNIMO CAMILO SOARES JR., JOSÉ A. JARDINI, LUIZ C. MAGRINI
- BT/PEA/9603 - Paradigma de Planejamento sob Incertezas - Aplicação ao Planejamento dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - ALBERTO BIANCHI JUNIOR, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9604 - Um Sistema de Controle de Velocidade para Motor de Indução Trifásico - CELSO KAZUMI NAKAHARADA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9605 - Controle Vetorial de Motores de Indução, Independente das Alterações de Parâmetros da Máquina - NERY DE OLIVEIRA JÚNIOR, WALDIR PÓ
- BT/PEA/9606 - Compactação de Subestações de 145 kV Através da Redução das Distâncias entre Fases - GERVASIO LUIZ DE CASTRO NETO, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9607 - Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas - RONALDO PEDRO CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9608 - Utilização de Curvas de Carga de Consumidores Residenciais Medidas para Determinação de Diversidade de Carga, e Carregamento de Transformadores de Distribuição - EDUARDO LUIZ FERRARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9609 - Comportamento Elétrico de Cabos Cobertos e Pré-Reunidos pelo Método dos Elementos Finitos - JOÃO JOSÉ DOS SANTOS OLIVEIRA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9701 - Repotenciação de Hidrogeradores: Uma Proposta de Metodologia de Análise e Implantação - FÁBIO SALOMÃO FERNANDES SÁ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.

- BT/PEA/9702 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação para um Sistema de Automação para um Centro de Operação da Distribuição - PAULO SÉRGIO MIGUEL SURUR, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9703 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição Utilizando Programação Matemática Probabilística - MARIÂNGELA DE CARVALHO BOVOLATO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9704 - Técnicas de Inteligência Artificial Aplicadas ao Problema de Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica - SALETE MARIA FRÖES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9705 - Aproveitamento Funcional de Sistemas de Controle e Proteção Digitais em Subestações de Distribuição - JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9706 - Avaliação de Algoritmo para Proteção Diferencial de Transformadores - LUIS SÉRGIO PIOVESAN, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9707 - Sistema de Proteção para Falhas de Alta Impedância - CAIUS VINICIUS SAMPAIO MALAGODI, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9708 - Um Ambiente para Planejamento da Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - KLEBER HASHIMOTO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9709 - Análise do Custo - Benefício da Instalação de Equipamentos de Proteção em Redes Aéreas de Distribuição - ANTONIO CLAUDINEI SIMÕES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9710 - Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o Setor Elétrico - MIGUEL EDGAR MORALES UDAETA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9711 - Análise de Defeitos no Motor de Indução Trifásico para Predição de Falhas Incipientes - JOSÉ ANTONIO URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9712 - Gerenciamento de Transformadores de Distribuição com Análise na Perda de Vida - CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN, VLADIMIR DUARTE BELCHIOR
- BT/PEA/9713 - Uma Nova Metodologia para a Avaliação de Sistemas de Aterramento Metro-Ferrovíarios - JOSÉ AUGUSTO PEREIRA DA SILVA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9714 - Um Exemplo de Decomposição de Fluxos em Transformadores - NICOLAU IVANOV, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9715 - Custos de Transporte de Energia Elétrica - Análise de Metodologias - DÁRIO TAKAHATA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9716 - Bancada de Ensaio para a Avaliar o Comportamento de Acionamentos Controlados por Inversores PWM - JOSÉ ANTONIO CORTEZ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9717 - Integração de Técnicas de Diagnóstico de Falhas em Motores de Indução Trifásicos ao Sistema de Gerenciamento da Manutenção Industrial - JOSÉ A. URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9801 - Análise de Confiabilidade para Gerenciamento Operacional de Sistemas Automatizados de Pesagem Rodoviária - RUBENS LOPES ROLIM, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9802 - Projeto de um Ondulador Híbrido e Estudo de Onduladores Derivados de Solenóide, para Utilização em Laser a Elétrons Livres - FRANCISCO SIRCILLI NETO
- BT/PEA/9803 - Configuração de Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Múltiplos Objetivos e Incertezas através de Procedimentos Heurísticos - CARLOS C. BARIONI DE OLIVEIRA, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9804 - Conceituação e Aplicação de Metodologia de Gerenciamento pelo Lado da Demanda em uma Empresa Distribuidora de Energia Elétrica - FERNANDO MONTEIRO DE FIGUEIREDO, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9805 - Acoplamento Circuito Elétrico - Método dos Elementos Finitos em Regime Transitório Utilizando a Metodologia de Dommel - NANCY MIEKO ABE, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9806 - Modelo de Arco Elétrico Aplicado ao Estudo da Interrupção da Corrente em Disjuntores de Média Tensão - LUCILIUS CARLOS PINTO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9807 - Proteção para Falta de Alta Impedância Utilizando o Sistema de Rádio Troncalizado - MARCO ANTONIO BRITO, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/9808 - Contribuição ao Estudo e Projeto dos Motores Sincronos de Relutância - IVAN EDUARDO CHABU, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9809 - Cabos Cobertos: Metodologia para a Determinação da Espessura da Cobertura - ANTONIO PAULO DA CUNHA, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9810 - Eletrificação Rural - Avaliações em São Paulo - MARCELO APARECIDO PELEGRINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9811 - Política de Eletrificação Rural em São Paulo - LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9812 - Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares - ANDRÉ LUIZ MONTEIRO ALVAREZ, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/9813 - Diretrizes para a Regulação da Distribuição de Energia Elétrica - JAMES S. S. CORREIA, LINEU BELICO DOS REIS

- BT/PEA/9814 - Distribuição da Tensão de Impulso em Enrolamentos de Transformadores de Distribuição - PEDRO LUIS SANTUCCI DE MENDONÇA, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/9815 - Estudo Comparativo entre os Diversos Métodos de Determinação do Rendimento de Motores de Indução - FRANCISCO ANTONIO MARINO SALOTTI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9816 - A Nodal Analysis Approach Applied to Electric Circuits Coupling in Magnetodynamic 2D FEM - MAURÍCIO CALDORA COSTA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9817 - Informatização e Automação dos Órgãos Gestores de Mão de Obra - EDUARDO MARIO DIAS, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9818 - Frequência de Ocorrência de Sobretensões Originárias de Descargas Atmosféricas em Linhas de Distribuição - NELSON MASSAKAZU MATSUO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9819 - Um Método de Imposição de Pólos no Estudo da Estabilidade de Redes Elétricas a Pequenas Perturbações - PERCIVAL BUENO DE ARAUJO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9820 - Inter-Relação do Planejamento Agregado de Investimentos com o Planejamento Localizado de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - JUCEMAR SALVADOR SIMÕES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9821 - A Produção de Energia Através das Células de Combustível - JOSÉ LUIZ PIMENTA PINHEIRO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9822 - Automação de Processos - Revisão e Tendências - SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9823 - Metodologia para Seleção e Gerenciamento de Transformadores e Distribuição, Aplicando Técnicas de Redes Neutrais Artificiais - SE UN AHN, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9901 - Contribuição ao Modelamento e Simulação de Motores em Ímãs Permanentes e Comutação Eletrônica de Alta Rotação - WANDERLEI MARINHO DA SILVA, CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/9902 - Estudos de Sistemas de Potência e Automação: Plantas Industriais de Grande Porte - MAURÍCIO G. M. JARDINI, JOSÉ A. JARDINI
- BT/PEA/9903 - Synchronous Machines Parameters Identification Using Load Rejection Test Data - E. C. BORTONI, J. A. JARDINI
- BT/PEA/9904 - Identificação de Locais e Opções Tecnológicas para Implantação de Termoelétricas no Sistema Elétrico Brasileiro: Contribuição ao Estado da Arte e Aplicação ao Caso do Gás Natural - ELIANA APARECIDA FÁRIA AMARAL FADIGAS, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9905 - Sistema de Manutenção Preventiva de Subestações: Uma Abordagem Semântica para o Monitoramento Integrado - ELIAS ROMA NETO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9906 - Previsão das Perdas Magnéticas na Presença de Harmônicos - MARCELO S. LANCAROTTE, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9907 - Comportamento do Aterramento de Sistemas e Equipamentos de Distribuição sob Impulso - CLEVERSON LUIZ DA SILVA PINTO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9908 - Modelo de Sistema de Supervisão e Controle Operacional de Terminais de Contêineres - LEVI SALVI, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/9909 - Medição de Altas Correntes em Frequência Industrial: Instrumentação, Dispositivos de Medição e Calibrações - HÉLIO EIJI SUETA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/9910 - Conversores Auto-Comutados Aplicados em Derivações de Sistemas de Transmissão de Corrente Contínua e Alta Tensão - WILSON KOMATSU, WALTER KAISER
- BT/PEA/9911 - Análise de Desempenho de Sistemas de Aterramento em Alta Frequência pelo Método dos Elementos Finitos - ANGELO PASSARO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/9912 - Simulação de Motores "Shaded Pole": Uma Nova Abordagem Analítico-Numérica - PASCHOAL SPINA NETO, SILVIO IKUO NABETA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9913 - Estimadores de Estado para Sistemas de Potência: Análise do Estado da Arte - CLEBER ROBERTO GUIRELLI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9914 - Análise sobre o Comportamento de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas Utilizando o Método dos Elementos Finitos - SEBASTIÃO C. GUIMARÃES JR., LUCIANO MARTINS NETO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9915 - Automatização do Atendimento a Reclamações de Interrupção de Energia Elétrica - H. K. Kiyohara, L. C. Magrini, E. P. PARENTE, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9916 - Controle Digital de Tensão e Reativos - PAULA S. D. KAYANO, LUIZ CARLOS MAGRINI, LINEU BELICO DOS REIS, ANTONIO JOSÉ GOMES CARMO, ELIAS DE SOUZA NETO
- BT/PEA/9917 - Localizadores Digitais de Falhas em Linhas de Transmissão - CARLOS EDUARDO DE MORAIS PEREIRA, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9918 - Religamento Monopolar em Linhas de Transmissão - Propostas de Uma Ferramenta para Investigações Paramétricas - IVANIL POMPEU, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9919 - Viabilidade Técnica de Abertura Monopolar Permanente em Linhas de Transmissão Extra Alta Tensão - FABIANA AP. DE TOLEDO SILVA, JOSÉ ANTONIO JARDINI

- BT/PEA/9920 – Avaliação do U-Net em Custers com Rede My com Rede Myrinet – PAULO A. GEROMEL, SERGIO T. KOFUJI
- BT/PEA/9921 – SAG – Sistema de Apoio Gerencial via Internet – ADRIANO GALINDO LEAL, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9922 – Desequilíbrio de Tensão em Redes Secundárias de Distribuição – PAULO VINÍCIUS SANTOS VALOIS, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9923 – Sistema Não Lineares Controlados pela Lógica Difusa: Uma Aplicação em Acionamentos Constituídos por Motores Assíncronos – WERNER W. PACHECO LUJAN, CÍCERO COUTO MORAES
- BT/PEA/9924 – Arborescência em Cabos Elétricos de Média e Alta Tensão – JOÃO JOSÉ ALVES DE PAULA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/9925 – Estudo para Otimização de Desempenho de Plantas Industriais Automatizadas – ANTONIO ORLANDO UGULINO, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9926 – Simulação e Análise de Desempenho de Processos Visando a Otimização de Sistemas Integrados de Produção – CÍCERO COUTO DE MORAES, SERGIO LUIZ PEREIRA, JOSÉ ROBERTO R. DE GODOY
- BT/PEA/9927 – Automação Moderna de Processos: Análise de Necessidade, Viabilidade e Tendências Tecnológicas – SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9928 – Modelo de Compensação Série Controlada Aplicado ao Estudo do Amortecimento de Oscilações em Sistemas de Potência – JOSÉ ROBERTO PASCON, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9929 – Cálculo de Trajetórias de Elétrons em Estruturas Magnéticas – YASMARA CONCEIÇÃO DE POLLI, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/0001 – Monitoramento de Transformadores de Potência Direcionado à Manutenção com Base nas Condições – SERGIO COSTA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0002 – Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Estudos de Subestações de Alta Tensão Abrigadas Frente a Ensaios de Impulsos Atmosféricos – ANDRÉ NUNES DE SOUZA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0003 – Relé Diferencial para Transformador de Potência Implementado com uma Rede MLP – RICARDO CANELOI DOS SANTOS, EDUARDO CESAR SENGER
- BT/PEA/0004 – Minimização de Resíduos Sólidos Urbanos e Conservação de Energia – PAULO HÉLIO KANAYAMA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0005 – Modelamento de Conversores CC/CC por meio da Chave PWM – LUIZ FERNANDO P. DE MELLO, WALTER KAISER
- BT/PEA/0006 – Estudo de Surtos em Redes Secundárias de Distribuição Causados por Descargas Atmosféricas Diretas na Rede Primária – WELSON BASSI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEA/0007 – Modelagem da Magnetohidrodinâmica em 3D pelo Método de Elementos Finitos – SERGIO LUÍS LOPES VERARDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0008 – Metodologia para Avaliação do Comportamento e Vida Útil de Motores Alimentados por Fontes Assimétricas de Tensão – JOSÉ LUIZ ANTUNES DE ALMEIDA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0009 – Esquema de Aterramento Híbrido (EAH) – FRANCISCO CARLOS PARQUET BIZZARRIA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0010 – Ferro-Ressnância em Redes Subterrâneas de Distribuição – REGINA LÚCIA LAMY, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0011 – A Análise do Ciclo de Vida e os Custos Completos no Planejamento Energético – CLÁUDIO ELIAS CARVALHO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0012 – A Agregação de Valor à Energia Elétrica através da Gestão Integrada de Recursos – ANDRÉ LUIZ VEIGA GIMENES, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0013 – Tochas a Plasma: Características Básicas para Projeto e Construção – MIGUEL BUSSOLINI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/0014 – Um Estudo de Correntes Induzidas em Meios Maciços Ferromagnéticos – Aplicação no Projeto de Freios de Correntes Parasitas – ALVARO BATISTA DIETRICH, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0015 – Incorporação de Sistemas de Co-Geração aos Sistemas Elétricos de Potência: Um Roteiro para Avaliação de Viabilidade Técnico-Econômica – LUIZ DONIZETI CLEMENTINO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0016 – Metodologia para Análise da Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia Elétrica em Baixa Tensão – ALEXANDRE ANGRISANO, RONALDO P. CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0017 – Análise de Índices de Qualidade no Planejamento Agregado de Investimentos em Ambiente de Incertezas – CARLOS ALEXANDRE DE SOUSA PENIN, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0018 – Controle de Descarregadores de Navios Utilizando Lógica Fuzzy – ANTONIO DAGOBERTO DO AMARAL JÚNIOR, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0019 – The Energy Absorption Capacity of Metal Oxide Surge Arresters An Approach for Switching Surges – MANUEL LUÍS BARREIRA MARTINEZ, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR

- BT/PEA/0020 – Utilização Racional de Energia Elétrica em Instalações Elétricas Comerciais Empregando Sistemas de Automação – JOEL ROCHA PINTO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/0021 – Sistema Automatizado para Aquisição de Dados de Consumo de Energia Elétrica, Água e Gás – JOSÉ WALTER PARQUET BIZARRIA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0022 – Estudo de Ignitores de Pulsos Superpostos para Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão – ALEXANDER FERNÁNDEZ CORREA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0023 – Desenvolvimento de Medidor Eletrônico de Energia Elétrica de Custo Competitivo Associado a Estudos sobre Medições de Energia Elétrica – DOUGLAS ALEXANDRE DE A. GARCIA, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/0024 – Uma Visão Educacional do Método dos Elementos Finitos Aplicado ao Eletromagnetismo – LUIZ NATAL ROSSI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0025 – An Application of the Finite-Element Method to Design a Switched Reluctance Motor – PEDRO P. DE PAULA, SÍLVIO I. NABETA, JOSÉ R. CARDOSO
- BT/PEA/0026 – Algoritmos de Alta Velocidade para a Proteção de distância de Linhas de Transmissão – ERVALDO GARCIA JÚNIOR, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/0027 – Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados para a Monitoração da Tensão em Regime Permanente – SÍLVIO XAVIER DUARTE, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0028 – Análise da Confiabilidade e Manutenibilidade de Topologias do Sistema de Telefonia Fixa – RICARDO ELIAS CAETANO, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0029 – Aspectos Tecnológicos Referentes à Repotenciação de Usinas Termoelétricas – MÁRCIO NESTOR ZANCHETA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR
- BT/PEA/0030 – Controle de Iluminação Utilizando Dimerização por Lógica Fuzzy, Compensando a Iluminação Natural – ANDRÉ VITOR BONORA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0031 – Identificação do Nível de Redundância das Medidas de um Sistema, para Efeito da Estimação de seus Estados – JOÃO BOSCO AUGUSTO LONDON JUNIOR, NEWTON GERALDO BRETAS
- BT/PEA/0101 – Aplicação do Controlador de Subestação a um Sistema Digital Integrado de Supervisão e Controle – RENATO CAMPANINI TEIXEIRA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0102 – Uma proposta de um Filtro Ativo de Tensão para Aplicações em Redes Elétricas – JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0103 – Causas de Falhas e Critérios de Reaproveitamento de Transformadores de Distribuição de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – MIGUEL ANGEL HERNANDEZ TORRES, MARCOS ROBERTO GOUVÊA
- BT/PEA/0104 – Um Sistema para Avaliação de Indicadores de Qualidade da Distribuição de Energia Elétrica – GERSON YUKIO SAIKI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0105 – Métodos de Análise de Sistemas de Aterramento de Linhas Metroviárias – ARMANDO DE OLIVEIRA ALVES DE SOUZA, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0106 – Caracterização de Acionamentos na Indústria de Beneficiamento de Minério de Ferro – FERNANDO MARCELO CALADO DE ANDRADE, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0107 – Impacto da Privatização das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica na Qualidade da Energia Suprida – MITSUO NITTA, ADERBAL DE AARUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/0108 – Estudo Comparativo de Ensaios de Chapa Única para Medidas de Perdas em Aços Elétricos – RONALDO ALVES SOARES, CARLOS SHINITI MURANAKA
- BT/PEA/0109 – Modelagem de Transformadores de Distribuição para Altas Frequências – ARNALDO G. KANASHIRO, ALEXANDRE PIANTINI, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/0110 – Análise e Localização de Descargas Parciais em Transformadores de Potências por Métodos Elétricos – HÉDIO TATIZAWA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/0111 – A Eletrificação Rural em São Paulo – Custos e Padrões – LUIZ FERNANDO KURAHASSI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0112 – A Escola Rural sem Luz em São Paulo - OSWALDO TADAMI ARIMURA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0113 – Eletrificação Rural no Novo Cenário: O Caso de São Paulo – LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0114 – Simulação do Aterramento em Sistemas MRT – OCTÁVIO FERREIRA AFFONSO, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0115 – Otimização do Dimensionamento de Equipamentos para Automação de Terminal de Contêineres – FÁBIO LOPES CARNELOS, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0116 – Sistema de Localização de Falhas para Redes Primárias de Distribuição – GIOVANNI MANASSERO JUNIOR, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0117 – Proteção de Distância para Linhas de Transmissão com Compensação Série – JOSÉ GERALDO BARRETO MONTEIRO DE ANDRADE, EDUARDO CESAR SENER

- BT/PEA/0118 – Proposta de Acionamento Microprocessado para Empilhadeira Elétrica – MARCO AURÉLIO VILELA DE OLIVEIRA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0119 – Técnicas "Anti-Windup" – LUIZ AUGUSTO PEREIRA FERNANDES, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0120 – Regulador de Tensão de Gerador – HERALDO SILVEIRA BARBUY, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0121 – Eficiência Operativa e Confiabilidade de Equipamentos Associados à Automação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – REINALDO BURIAN, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0122 – Cálculo de Forças sobre Ímãs Permanentes: Uma Análise do Problema 23 do Team Workshop – HÉLIO JOSÉ DAMANTE, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0123 – Análise de Guias de Ondas Ópticos pelo Método dos Elementos Finitos – MARCOS A. R. FRANCO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0124 – Transient Induced Voltage Computation in a High Building Struck by Lightning – CARLOS A. F. SARTORI, A. ORLANDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0125 – Metodologia para Cálculo de Perdas Técnicas por Segmento do Sistema de Distribuição – ANDRÉ MÉFFE, CARLOS CÉSAR BARIONI DE OLIVEIRA
- BT/PEA/0126 – Cálculo da Distribuição da Corrente de Falta em Sistemas de Aterramento de Redes Primárias – GILBERTO DE MAGALHÃES FALCOSKI, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/0127 – Acionamento de Velocidade Variável Utilizando Motores de Corrente Alternada Assíncronos – JOSÉ ALBERTO MARQUES, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0201 – Unified Power Quality Conditioner with Energy Storing Module for Medium Voltage Adjustable Speed Drive – VALBERTO FERREIRA DA SILVA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0202 – Simulação de Marcha de Composição Ferroviária Acionada por Motores de Indução e PWM – CASSIANO LOBO PIRES, SILVIO IKUYO NABETA
- BT/PEA/0203 – Conservação de Energia Elétrica em Edificações Comerciais: Sistemas de Ar Condicionado com Central de Água Gelada – TEODORO MONGE DE AMORIM FILHO, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0204 – Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas – FERDINANDO CRISPINO, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0205 – Previsão de Carga em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Redes Neurais Artificiais – JORGE YASUOKA, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0206 – Correção de Distorções Harmônicas, em Sistemas Industriais, Através de Filtros Passivos - ANTONIO PESTANA NETO, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0207 – Proposta de Metodologia para Controle da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica a Partir da Segmentação do Mercado Consumidor em Famílias de Redes Elétricas – RODOLFO COLI DA CUNHA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0208 – Modelagens das Funções de uma Subestação Automatizada Empregando Modelos Orientados a Objetos – MILTHON SERNA SILVA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0209 – Automação de Instalações Elétricas Prediais Através da Internet – ROBSON REBOUÇAS CARDOSO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JUNIOR
- BT/PEA/0210 – Identificação Automática de Vagões na Área Portuária: Uma Solução com Análise de Imagens – EDUARDO MANTOVANI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0211 – Concepção de Sistema de Supervisão e Controle no Processo de Descarga Rodoviária em Terminais Portuários Utilizando Identificadores Automáticos de Veículos – ROGÉRIO COSTA DE OLIVEIRA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0212 – Metodologia para Análise de Perda de Vida Útil de Transformadores, Alimentando Cargas não Lineares – ARLINDO GARCIA FILHO, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0213 – Sistema de Automação para Gestão do Carregamento de Transformadores Baseado na Confiabilidade – JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0214 – A Conservação, Considerando Aspectos Relacionados à Qualidade de Energia Elétrica na Indústria Têxtil: Estudo de Caso – MÁRIO CÉSAR GIACCO RAMOS, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/0215 – Cálculo de Parâmetros Operacionais de Desempenho de Redes Primárias de Distribuição Utilizando Redes Neurais Artificiais – ANA MARIA GARCIA CABEZAS, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0216 – Análise Dinâmica de um Motor de Indução Linear pelo Método dos Elementos Finitos – EDUARDO FERREIRA DA SILVA, SILVIO IKUYO NABETA
- BT/PEA/0217 – Reômetro Rotativo de Taxa de Cisalhamento Imposta Acionado por Motor de Passo – SAMUEL E. DE LUCENA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0218 – Acionamentos com Motores Brushless para Sistemas de Ventilação de Emergência – RENATO DE ALMEIDA PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0219 – Retificador Trifásico de Alta Eficiência para Tochas de Plasma – MARIO GONÇALVES GARCIA JÚNIOR, LOURENÇO MATAKAS JÚNIOR

- BT/PEA/0220 – Impacto de Modelos de Mercado Espacial no Planejamento de Sistemas de Distribuição de Energia – MARIÂNGELA DE CARVALHO BOVOLATO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0221 – Proposta de Recuperador Dinâmico para Correção de Afundamentos de Tensão – FRANCISCO COSTA SARAIVA FILHO, EDUARDO CESAR SENGER
- BT/PEA/0222 – Análise Preditiva de Defeitos em Motores de Indução Trifásicos Utilizando a Corrente de Alimentação – JOSÉ DANIEL SOARES BERNARDO, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0223 – Cálculo de Iluminação Auxiliado por Computadores – NESTOR CÂNDIDO FERREIRA SEGUNDO, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0224 – Otimização de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Geração Distribuída – JAMEA CRISTINA BATISTA SILVA, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0301 – Algoritmo Digital para a Proteção da Interligação Concessionária – Indústria Operando em Sistemas de Cogeração – FRANCISCO ANTONIO REIS FILHO, EDUARDO C. SENGER
- BT/PEA/0302 – Dimensionamento da Infra-Estrutura para Automação de Terminais de Granéis Sólidos – FABIO DEL PAPA, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/0203 – Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia para Estudos de Viabilidade de Plantas de Cogeração – RICARDO SHEIGI ABE, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/0304 – Applying Object-Oriented Technology to Project Hydroelectric Power Plant SCADA Systems – CARLOS ALBERTO VILLACORTA CARDOSO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0305 – Impactos Econômicos Causados pelos Distúrbios na Rede Básica de Energia Elétrica – JOSÉ JULIO DE ALMEIDA LINS LEITÃO, LINEI BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0306 – Fault Location in Transmission Lines Using One Terminal Post Fault Voltage Data – CARLOS EDUARDO DE MORAIS PEREIRA, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/0307 – Impactos da Aplicação de Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Habitações de Baixa Renda no Sistema de Distribuição de Energia Elétrica – LUIS VENTURA CASTELLS PEÑA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0308 – Análise e Melhoria do Controle Automático de Concentração de uma Planta de Ácido Nítrico Diluído – ELCIO RODRIGUES ARANHA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0309 – Criação de Valor na Avaliação de Projetos Termelétricos sob Condições de Risco no Mercado Brasileiro de Energia Elétrica – WAGNER DA SILVA LIMA, DOREL SOARES RAMOS
- BT/PEA/0310 – Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico como Instrumento de Apoio a Regulação da Energia Elétrica – LUIZ MARIO TORTORELLO, MARCOS ROBERTO GOUVÊA
- BT/PEA/0311 – Análise de Transientes em Motor de Indução Modelo ABC/abc Aplicado ao Modelamento e Simulação de Soft-Starters - LUIS CARLOS RIBEIRO DOS SANTOS – CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0312 – Modelamento Matemático e Análise do Funcionamento do Acionamento para Motores de Anéis em Cadeia Sub-Síncrona – SÉRGIO LUIZ VOLPIANO – CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0313 – Considerações do Ambiente Eletromagnético Urbano na Análise de Interferências Eletromagnéticas em Veículos Automotores – GLÁUCIO SANTOS – CARLOS ANTONIO FRANÇA SARTORI
- BT/PEA/0314 – Contribuição a Aplicação das Wavelets na Eletrostática – ALDO ARTUR BELARDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0315 – Avaliação Ponderada da Hidreletricidade e Termeletricidade Através dos Custos Completos – JULIO HENRIQUE BOARATI, MIGUEL EDGAR MORALES UDAETA
- BT/PEA/0401 - Previsão Espacial de Carga em Sistemas de Distribuição Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial e Plataforma GIS – FRANZ HENRY PEREYRA ZAMORA, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0402 – Modeling of Impulse Stressed Distribution Transformer Winding Oriented to Maintenance Purposes – PEDRO LUÍS SANTUCCI DE MENDONÇA, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/0403 – Sistema para o Gerenciamento de Imóveis e Ocupação das Faixas de Linhas de Transmissão Utilizando Dados Georreferenciados e de Sensoriamento Remoto – MAURICIO GEORGE MIGUEL JARDINI, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0404 – Proposta de Novas Topologias de Conversores "C-DUMP" para o Acionamento de Motores e Geradores de Relutância Chaveados – WANDERLEI MARINHO DA SILVA, CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0405 – Proposta de Aplicação de Motor de Indução Linear Tubular na Extração de Petróleo – BERNARDO PINHEIRO DE ALVARENGA, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0406 – Aplicação da Automação Elétrica no Controle de Temperatura de Grandes Edifícios – MARLENE DA SILVA BOSCATTO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0407 – Metodologia de Segurança para Intercâmbio Eletrônico de Documentos Aplicado ao Sistema Portuário Brasileiro – LEVI SALVI, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/0408 – Proposta de um Novo Protocolo de Comunicação para a Saída Serial de Usuário de Medidores de Energia Elétrica – ANDRÉ LUIZ MONTERO ALVAREZ, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0409 – Estimação de Estado da Rede Durante Variações de Tensão de Curta Duração para o Monitoramento de Qualidade de Energia Elétrica – TANIA PAOLA LEDESMA ARANGO, NELSON KAGAN

- BT/PEA/0410 – Algoritmo Baseado em Redes Neurais Artificiais para a Proteção de Distância de Linhas de Transmissão – RICARDO CANELOI DOS SANTOS, EDUARDO CESAR SENGER
- BT/PEA/0411 – Modelo Computacional do Sistema de Conversão de Energia Eólica Equipado com Gerador de Indução – MARCELO MORAES, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0412 – Proteção de Planta Termoeletrica Operando em Co-Geração – ANTONIO CARLOS MOSCARDI, JOSÉ AQUILES BAESSO GRIMONI
- BT/PEA/0413 – Compensação de Desequilíbrios de Carga Empregando Conversor Estático Operando com Modulação em Largura de Pulso – RODRIGO CUTRI, LOURENÇO MATAKAS JUNIOR
- BT/PEA/0414 – Probabilistic Model of Feasibility for Distributed Generation in a Competitive Environment – EDSON MARQUES FLORES, MARCOS ROBERTO GOUVEA
- BT/PEA/0415 – Modelamento e Simulação da Máquina Síncrona em Programas de Transitórios Eletromagnéticos – LILIANA PATRICIA JAIMES ROJAS, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/0416 - Steady-State Analysis of the Unified Power Flow Controller (UPFC) and its Capability in Modifying the Transmittable Power - RICARDO LEON VASQUEZ ARNEZ, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/0417 – Proposição e Implementação do Modelo de Troca Eletrônica de Dados para o Sistema Portuário Brasileiro – ANDRÉA LUCIA BRAGA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/ 0418 – Simulação da Geração de Energia Eólica com Gerador Assíncrono na Rede da Enersul – FABIO GALIZIA DE CAMPOS, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO
- BT/PEA/ 0419 – Desenvolvimento de Sistema para Estudo de Tensões Induzidas em Linhas de Média Tensão por Descargas Atmosféricas – THAÍS OHARA DE CARVALHO, ALEXANDRE PIANINI
- BT/PEA/0420 – Modelo de Integração de Recursos como Instrumento para um Planejamento Energético Sustentável – ANDRÉ LUIZ VEIGA GIMENES, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0421 - Modelos Estatísticos na Otimização de Equipamentos Eletromecânicos - CARINA ALEXANDRA RONDINI MARRETTO, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0422 – Sobreensões em Redes de Baixa Tensão Causadas por Descargas Atmosféricas Indiretas – ACÁCIO SILVA NETO, ALEXANDRE PIANINI
- BT/PEA/ 0423 – O Racionamento de Energia Elétrica Ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 e seus Efeitos com Ênfase no Consumo de Energia Elétrica – CESAR ENDRIGO ALVES BARDELIN, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0424 – Algoritmos Genéticos e Variantes na Solução de Problemas de Configuração de Redes de Distribuição – EDUARDO PREVEDELLO BENTO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0425 – Retificador Trifásico com Elevado Fator de Potência – ALISSON DIAS JUNQUEIRA, LOURENÇO MATAKAS JÚNIOR
- BT/PEA/0426 – Análise Crítica e Proposições Metodológicas para Avaliação dos Custos Marginais de Expansão de Redes de Distribuição de Energia Elétrica – ALDEN UEHARA ANTUNES, MARCOS ROBERTO GOUVEA
- BT/PEA/0427 – Técnicas de Otimização Combinatória Aplicadas na Estimção do Desempenho Elétrico de Redes de Distribuição – KLEBER HASHIMOTO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0428 – Proposta de Procedimentos e Metodologia para o Estabelecimento de Metas de Qualidade para Concessionárias de Distribuição Usando Análise Comparativa – JOSÉ EDUARDO PINHEIRO SANTOS TANURE, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0429 – Equacionamento do Retificador de 12 Pulsos não Controlado com Acoplamento entre Fases das Reatâncias de Curto-Circuito dos Secundários dos Transformadores com Reator de Interfase – DEVAIR APARECIDO ARRABAÇA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0501 - Dessalinização de Água por Osmose Reversa, Usando Energia Potencial Gravitacional e Energia Eólica -JUVENAL ROCHA DIAS, ELIANE APARECIDA FARIA AMARAL FADIGAS
- BT/PEA/0502 – Modelo de Automação de um Sistema de Controle de Carga para a Aduana nos Portos Brasileiros – CAIO FERNANDO FONTANA, EDUARDO MARIO DIAS