

1 Introdução

1.1 Serviços Ancilares

Nos últimos anos vem ocorrendo uma grande reorganização no setor de energia elétrica, com importantes mudanças em sua estrutura, visando aumentar a eficiência e a competitividade, com vistas ao benefício econômico e à qualidade, tanto dos próprios agentes fornecedores dos serviços relacionados quanto dos usuários e consumidores. As características peculiares do setor elétrico, tais como a impossibilidade do armazenamento da energia elétrica e o conseqüente equilíbrio entre produção e consumo, a todo instante de tempo, aliada à existência de energia e potência ativa e reativa, dão ao mercado de eletricidade uma estrutura muito particular. Esta particularidade torna-se ainda mais acentuada e complexa de se tratar, se forem consideradas as características próprias dos sistemas de energia elétrica, tais como:

- balanço entre geração térmica e hidráulica;
- extensão territorial coberta;
- número de diferentes áreas de controle;
- presença de restrições de transmissão e geração.

A reorganização observada passa geralmente por uma reestruturação dos três grandes componentes do setor elétrico, a saber, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Os modelos tradicionais, nos quais as empresas do setor são proprietárias destes três componentes, numa estrutura caracterizada como 'verticalizada', vêm sendo substituídos por modelos nos quais os segmentos de geração, transmissão e distribuição, são de propriedade de empresas independentes. Uma outra característica, de extrema importância nos novos modelos é a introdução de uma maior competitividade, de forma progressiva, nos três segmentos.

Nos modelos tradicionais, é comum observar-se dentro de uma mesma empresa, um segmento financeiramente sadio ir em socorro de outro, deficiente, numa prática que em princípio poderia ser vista como positiva, criando-se uma falsa visão de maior capacidade das empresas em lidar com situações adversas, mas que entretanto caracteriza um mecanismo perverso, que poderia ser classificado como uma 'disseminação de ineficiência gerencial'. Além disto, na maior parte das vezes, as empresas são de

propriedade estatal, que muitas vezes não primam por uma grande preocupação com a eficiência, principalmente sob o aspecto econômico. Uma outra possível fonte de ineficiência, típica destes modelos é o processo de fixação de preços dos produtos com base exclusivamente em custos, com lucro garantido, por não incentivar uma otimização destes custos.

A administração segmentada das três grandes atividades componentes do setor elétrico, aliada à tendência de se facilitar a competição, através da permissão ou do incremento da presença da iniciativa privada no setor, levaria a um melhor gerenciamento dos custos envolvidos, à adoção de mecanismos mais eficazes para a determinação de preços e tarifas, baseados principalmente em custos marginais, e a um melhor aproveitamento dos recursos de geração e transmissão disponíveis. O resultado seria o aumento da eficiência produtiva, sob todas as óticas, com reflexo imediato principalmente nos preços e tarifas a que se sujeitam os consumidores, paralelamente a uma sensível melhoria na qualidade dos serviços prestados.

Dentro desse esforço pela busca e manutenção de maior eficiência no fornecimento de energia elétrica, um papel imprescindível é exercido por um grupo de serviços auxiliares, com denominação na atualidade de 'serviços ancilares'. A origem desta denominação encontra-se no latim *ancillare*, significando relativo aos servos, servil, ou ainda, auxiliar, subsidiário [Koogan,1999]. Provavelmente ela foi adotada para evitar confusões em relação ao que se chama 'serviços auxiliares', próprios das usinas de geração.

Os serviços ancilares (SAs) não constituem em absoluto algo novo, sendo corriqueiramente utilizados pelas empresas do setor elétrico, independentemente da sua estrutura organizacional. Entretanto, nos modelos tradicionais eles nunca foram explícitos, principalmente pelo aspecto econômico, uma vez que os seus custos se diluem entre os demais custos relativos à geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, refletindo-se nos seus preços e tarifas.

Uma atenção maior passou a ser dada a este grupo de serviços, a partir do momento em que se iniciou o processo de reorganização do setor elétrico, com a segmentação das empresas existentes. Dentre os referidos serviços, alguns eram originalmente de responsabilidade do setor de geração, outros do setor de transmissão e ainda outros do setor de distribuição, setores para os quais passaram a existir empresas específicas, independentes [Hunt, 1996]. Assim, criam-se novas modalidades de serviços, a serem

prestados paralelamente aos serviços principais de cada empresa, a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Dentre tais serviços, citam-se a regulação de frequência e tensão fornecida pelos geradores, o suporte de potência reativa proporcionado pela transmissão, as reservas de potência e de energia. Observou-se inicialmente uma preocupação excessiva em relação a este assunto, chegando-se a ter sugestões irreais de consideração de até cento e quarenta SAs [Gomes, 2003], o que provavelmente elevaria de forma insuportável o custo da energia para os consumidores, sendo impossível de se gerenciar.

Além das empresas existentes, segmentadas e muitas vezes privatizadas, a adoção ou incentivo à competição permitiu o surgimento de novas empresas dedicadas aos três segmentos principais, mas capazes e eventualmente desejosas de prestar também as novas modalidades de serviços ancilares, e de novas empresas interessadas em oferecer exclusivamente estes novos serviços. Motivou-se desta forma a necessidade do estabelecimento de todo um novo arcabouço técnico, legal e financeiro, para dar suporte e garantir a prestação dos serviços ancilares, envolvendo critérios e normas para sua definição, quantificação e alocação, pelo lado técnico, e para a sua comercialização, remuneração, fixação de preços e tarifação, pelo lado financeiro.

É grande a diversidade mundialmente encontrada no tratamento dado aos serviços ancilares, no que diz respeito à definição destes critérios e normas, como pode ser visto no estado da arte apresentado nos Apêndices A e B. Daí a importância de se conhecerem as experiências mundiais no tratamento destes serviços, através de observação, análise e discussão das soluções adotadas em países com comprovada experiência na reestruturação dos sistemas elétricos, de forma a não se incorrer nos mesmos erros, tentando-se aproveitar e adaptar tão somente as propostas que se tenham mostrado realmente eficientes, ao se desenvolver uma nova estrutura comercial e financeira para a sua remuneração.

Apesar de se encontrar uma vasta gama de soluções para o tratamento das questões relacionadas aos serviços ancilares no mundo, principalmente em relação à sua caracterização, conforme mostrado no Apêndice B, é possível constatarem-se características comuns em diversas propostas, que poderiam ser adotadas como informações balizadoras na implantação de uma nova filosofia para se lidar com esses serviços. Fica clara a tendência de se definir um conjunto composto de quatro

modalidades básicas de serviços ancilares [AESO, 2004; CAISO, 2000; CAMMESA, 2003; CNSE, 2000; NEMMCO, 2001; NORDEL, 2002], que podem ser agrupados como:

- serviços de resposta à frequência ou regulação;
- serviços de reservas de potência;
- serviços de suporte de potência reativa e controle de tensão;
- serviços de reinício autônomo da operação do sistema ou *black-start*.

1.1.1 Serviços de Resposta à Frequência ou Regulação

A regulação de frequência, apesar de exigir a disponibilização de uma certa parcela de reserva de potência ativa, a ser utilizada nos períodos de diminuição da frequência, tem sido tratada como um serviço específico. Pela sua utilização praticamente ininterrupta e a sua interferência na operação das unidades geradoras envolvidas, e do sistema como um todo, ela não deveria ser caracterizada simplesmente como uma reserva, envolvendo uma estrutura mais complexa, com a participação de dispositivos reguladores automáticos e centros de operação com seu pessoal especializado. Além disso, muitas vezes, têm sido tratadas separadamente a regulação 'para cima' e a regulação 'para baixo', principalmente em relação às questões econômicas. Na maioria dos casos a regulação de frequência é separada em duas fases.

- regulação primária - fase inicial da regulação, proporcionada pelos reguladores de velocidade dos geradores habilitados, responsável pela interrupção das tendências de aumento e diminuição da frequência, provocadas pelas variações da carga;
- regulação secundária - fase subsequente da regulação primária, proporcionada pelos sistemas de controle automático de geração (CAG) que atuam sobre a geração das unidades geradoras habilitadas, tendo como funções retornar a frequência ao seu valor nominal e restabelecer os valores programados de intercâmbio de potência entre áreas de controle, com base no erro de controle de área.

1.1.2 Serviços de Reservas de Potência

Observa-se que em geral as reservas de potência são fracionadas em duas parcelas, com características diferentes.

- Reservas Operativas. São reservas com necessidade de disponibilização rápida, de no máximo 10 minutos, na maioria dos casos girantes, ou seja, alocadas em geradores em operação e sincronizados com o sistema, parcialmente despachados, ou colocados em operação exclusivamente para esta função. Além das reservas de rápido acesso, previstas para fazer frente a contingências do tipo perda de geração, as reservas operativas englobam as reservas necessárias à regulação de frequência. Estas, por sua vez, são tratadas em diversos sistemas como:
 - reservas primárias - utilizadas pela regulação primária, são alocadas em unidades possuidoras de reguladores de velocidade, habilitadas para o serviço;
 - reservas secundárias - utilizadas pela regulação secundária, alocam-se nas unidades geradoras participantes do controle automático da geração.
- Reservas Não Operativas. São reservas de disponibilização muito mais lenta, cujo tempo pode chegar a horas e que portanto, podem ser alocadas em unidades fora de operação. Devido às diferenças construtivas e operacionais entre as usinas térmicas e hidráulicas, e ainda aos diferentes tipos de geradores e turbinas, em alguns sistemas estas reservas são divididas em faixas, segundo o tempo de disponibilização das mesmas. São conhecidas ainda como 'reservas de substituição', e classificadas como de 'qualidade inferior'. O seu objetivo maior é substituir as reservas operativas quando estas forem utilizadas, ou quando algum agente fornecedor tenha problemas em fazê-lo. Elas funcionam portanto como uma segunda linha de reservas de contingência, ou 'reserva de retaguarda'.

Alguns operadores de sistema, como no Canadá e Países Nórdicos, utilizam ainda uma outra modalidade de serviço ancilar denominado *load following*, que poderia ser traduzido como 'acompanhamento da carga'. A definição exata deste serviço e de seus limites de aplicação é difícil, pois o mesmo se confunde com o serviço de regulação secundária de frequência. Em relação a isto, o Federal Energy Regulatory Commission (FERC),

estabeleceu que não havia justificativa para que o serviço fosse utilizado nos EUA, com este nome, prevendo apenas os serviços de regulação e resposta à frequência, os quais concluiu constituírem o serviço de *load following*. Entretanto, alguns não concordam com isto, defendendo a sua manutenção como um serviço independente [Hirst, 1998b; Hirst, 2000].

Os serviços de regulação e resposta à frequência, que representam a regulação primária e a regulação secundária respectivamente, são considerados diferentes pelo FERC, que considera ainda que eles não podem ser oferecidos separadamente, mas sempre de forma complementar, por uma mesma unidade geradora [FERC, 1996].

Nota-se às vezes também a presença de um terceiro tipo de regulação, chamado de 'regulação terciária', envolvendo 'reservas terciárias', como na Argentina e Espanha. Seria uma reserva a ser utilizada após as reservas secundárias, para repô-las ou para correção do erro de tempo. Na maioria dos casos entretanto, pode-se supor que a mesma constitui parte da reserva de regulação secundária, ou das reservas girantes não utilizadas pelo controle automático da geração.

Pode-se afirmar então que toda a reserva de potência relaciona-se com o nível de frequência do sistema, até mesmo a parcela prevista para momentos de perda de elementos de geração, uma vez que o resultado final desta perda é uma alteração profunda do valor da frequência. Entretanto, é importante que se faça uma distinção entre elas, pois as características das parcelas de reserva passam a ser distintas, a partir do momento em que para uma delas passam-se a exigir condições operacionais especiais. Em função disto, propõe-se neste trabalho um tratamento alternativo das reservas de potência, dividindo-a em duas parcelas:

- reserva para regulação de frequência;
- reserva para confiabilidade (ou segurança).

As reservas de regulação, primária e secundária, seriam aquelas utilizadas pelos reguladores de velocidade e pelo controle automático da geração para o acompanhamento das variações da frequência, provocadas pelas mudanças normais da carga, ou seja, com o sistema operando em condições normais. Os principais objetivos deste tipo de reserva seriam a cobertura de:

- variações normais da carga;
- erros de previsão;
- ocorrência de ponta dentro da ponta de carga;
- correção dos erros de controle de área.

As reservas de confiabilidade seriam aquelas utilizadas para o acompanhamento de variações maiores da frequência, provocadas por situações de contingência, como a entrada ou saída, não previstas, de grandes porções de carga ou perdas de geração ou elementos de transmissão, isto é, com o sistema operando em condições não normais. Tais reservas geralmente não são ligadas ao controle automático da geração, pois a sua disponibilização pode ser mais lenta.

A divisão proposta se justifica pelo fato de que torna-se mais fácil a distinção destas parcelas, uma vez que a principal diferença entre elas é o fato de que as primeiras devem estar necessariamente alocadas em unidades geradoras equipadas com regulador de velocidade e conectadas ao CAG e a segunda parcela não necessariamente.

Em alguns sistemas exige-se que as reservas de confiabilidade tenham característica girante e sejam alocadas em unidades geradoras conectadas ao CAG, observando-se entretanto que, na maioria dos sistemas elas são compostas por uma parte girante e outra não girante.

1.1.3 Serviços de Suporte de Potência Reativa e Controle de Tensão

São os serviços responsáveis pelo controle e pela manutenção dos níveis de potência reativa no sistema, necessários para garantir a permanência dos valores dos módulos das tensões dentro dos padrões considerados normais. É geralmente fornecido pelos geradores despachados fornecendo potência ativa, pelos geradores operando exclusivamente como compensadores síncronos, pelas linhas de transmissão de grande comprimento e pelos dispositivos específicos de controle de potência reativa, tais como capacitores estáticos, bancos de capacitores chaveados, reatores, etc.

1.1.4 Serviços de Reinício Autônomo da Operação do Sistema ou *Black-Start*

No evento de um colapso parcial ou completo do sistema de transmissão, um *black start* pode ser necessário. Considera-se que uma usina possui capacidade de *black start* quando ela é capaz de dar partida, em uma situação de desligamento completo, a pelo menos uma de suas unidades de geração, sem contar com um suprimento externo de energia elétrica.

Na maioria dos sistemas estudados o serviço de *black start* é contratado com provedores em uma base de longo prazo, em contratos bilaterais. No Reino Unido este serviço pode ser contratado também de forma conjunta com outros serviços. Dentre os países que consideram o *black start* como um serviço ancilar, somente na Espanha e no Brasil ele não é remunerado.

Na quase totalidade dos sistemas onde ele existe, quantidade e localização deste serviço ancilar são determinadas pelo operador por meio de estudos de contingência. Estes estudos são usados como a base dos planos de emergência do operador do sistema.

Geralmente exige-se que as unidades capazes de prestar este serviço estejam localizadas na própria área de controle. Estas unidades podem ser localizadas em qualquer lugar dentro da área de controle, mas dispersas.

1.2 A Remuneração dos Serviços Ancilares

Independentemente das reestruturações efetuadas no setor elétrico, os serviços ancilares vinham sendo remunerados em vários sistemas há muito tempo. A reestruturação veio apenas despertar o assunto e reativar a discussão nos sistemas onde estes serviços nunca foram explicitados.

A maior parte dos serviços ancilares está relacionada com aspectos operacionais importantes dos sistemas elétricos de potência, envolvendo principalmente a confiabilidade, tanto pelo aspecto de segurança quanto de adequação e a qualidade do fornecimento. Portanto, a prestação destes serviços sujeita-se em geral, a uma estrutura de perfil mandatório e a uma regulamentação técnica rígida, pois a entidade operadora

do sistema precisa garantir a disponibilização de um montante mínimo destes serviços, para manter os requisitos operacionais dentro dos padrões estabelecidos. Esta garantia leva, de forma natural, à fixação de penalidades, em geral representadas por multas, impostas aos agentes responsáveis pelo fornecimento dos serviços que venham a falhar neste mister, as quais podem significar desembolsos financeiros vultosos.

Como qualquer outro tipo de serviço, estes também são passíveis de gerar custos para os seus fornecedores e agregam benefícios ao sistema elétrico como um todo, possuindo portanto um valor econômico agregado, que é responsável pela definição do 'valor do serviço'. A combinação de se incorrer em custos e das possibilidades de se sofrer a aplicação de multas, expõe os agentes prestadores dos serviços em discussão a dispêndios financeiros. Conseqüentemente, também como em qualquer outro tipo de serviço, deveria ser dado a estes agentes a chance de ter seus custos cobertos através de uma remuneração que também permitisse alguma receita extra, valorizando os benefícios proporcionados pelos serviços.

Caracteriza-se assim a necessidade de se remunerarem os serviços ancilares, qualquer que seja o perfil do ambiente comercial, sob o ponto de vista regulatório, em que eles se insiram. Em função disso, necessário se torna o estabelecimento também de critérios e normas econômico-financeiras para regulamentar os arranjos comerciais envolvidos na produção e comercialização dos serviços ancilares, e para regulamentar o relacionamento entre os diversos agentes envolvidos.

Dependendo do nível de competição implantado, torna-se ainda necessária a caracterização de ambientes de mercado e a definição de um outro conjunto de regras, indispensáveis ao seu funcionamento, relativas às modalidades de mercado, leilões, tipos de serviços a serem ofertados, compra e venda, ofertas de quantidade e preços e demais aspectos comerciais. Regulamentação também deve ser criada para se evitem as distorções comuns em mercados com um certo grau de liberdade, tais como poder de mercado, manipulação de preços, subsídios cruzados e outros.

A obrigatoriedade da prestação de alguns serviços, aliada à não remuneração, pode levar os agentes prestadores a um comportamento sem compromisso, apesar das possíveis penalidades, confiando na pequena probabilidade de se necessitar dos serviços.

Sob a perspectiva econômica, uma das grandes preocupações relacionadas aos serviços ancilares é a definição de seus preços e a forma de remuneração dos fornecedores, o que depende da estrutura ou modelo de comercialização adotado.

1.2.1 Modelos de Comercialização

No Apêndice B é dada uma visão geral das abordagens adotadas em diversos sistemas elétricos para a comercialização e remuneração dos serviços ancilares, permitindo observar-se que, sob o ponto de vista econômico, tem sido testada e implantada uma extensa gama de opções para os arranjos comerciais envolvidos. Podem ser encontradas diversas estruturas ou modelos de comercialização, nos quais a definição dos preços para os serviços é feita por diferentes critérios.

A constatação mais importante é de que, na grande maioria das oportunidades, os serviços são remunerados, e o seu fornecimento uma opção do agente. Verifica-se entretanto a obrigatoriedade de alguns deles para todos os agentes de geração, como por exemplo, a regulação primária de frequência. Em alguns casos, como no Reino Unido e Austrália, uma quantidade mínima de certos serviços é obrigatória para todos os agentes, sem remuneração, passando esta a existir apenas se a quantidade necessária vier a ser maior que o mínimo. Os modelos de aquisição dos SAs podem ser classificados em [EAL,2000]:

- competitivo, com mercados;
- competitivo, sem mercados;
- não competitivo, baseado em custos dos serviços.

1.2.1.1 Modelo Competitivo de Comercialização com Mercado

Como a maioria dos processos de reestruturação da indústria de eletricidade envolve um incentivo à maior competição em todos os níveis do processo, na maioria dos casos constata-se que a comercialização, principalmente da energia, vem se dando com modelos comerciais competitivos. É natural portanto que procedimentos semelhantes sejam tentados para os diversos tipos de serviços ancilares.

Os mercados de SAs geralmente contam com algum tipo de bolsa onde contratos de compra e venda dos serviços são vendidos e comprados. Esta bolsa pode também operar um mercado físico à vista (*spot*), ou ainda contratos futuros, físicos e/ou financeiros e outros instrumentos como opções de compra e venda.

OS mercados são quase sempre do tipo um-dia-a-frente, ou seja, as ofertas de compra e venda, ou apenas de venda, são feitas em leilões diários, para cada hora do dia seguinte. Em alguns mercados aplica-se um mecanismo conhecido como 'dupla liquidação' que envolve dois mercados com períodos de fechamento diferentes. Em New York [EAL, 2000; NYISO, 2004] usa-se um mercado um-dia-a-frente e outro uma-hora-a-frente. Na Califórnia trabalha-se com um mercado um-dia-a-frente e outro em tempo real (ou quase tempo real) [EAL, 2000; NEPOOL, 2000; NEPOOL, 2002]. O objetivo é evitarem-se manipulações e especulações por parte dos fornecedores, possibilitar ajustes entre previsões e requisitos reais e facilitar a aquisição de reposições em eventos de perdas inesperadas. Observa-se que, quanto mais baixos são os intervalos de aquisição, maior é o número de participantes, e menor é o seu risco e a chance de comportamento indevido dos participantes. Mercados com estas características são indicados e utilizados principalmente para a comercialização das reservas de potência.

Quanto à definição final do preço de cada serviço, duas hipóteses principais são encontradas. Na primeira são feitas apenas ofertas de venda, que são aceitas na ordem crescente dos seus preços, e para cada um dos serviços define-se o 'preço de liquidação do mercado' (*market clearing price*), que é o preço oferecido pelo último fornecedor selecionado para completar as necessidades do comprador. Assim todos os fornecedores recebem um valor único, maior ou igual ao seu preço de oferta, sendo por isto este procedimento chamado também de 'pagamento com preço uniforme'. A remuneração dos agentes que as fornecem, quase sempre unidades geradoras no caso de reservas de potência, em uma certa hora é dada por:

$$RE_Res_{ij} = RES_{ij} \cdot PLM_j^{(RES)} \quad (1.1)$$

onde:

RES_{ij} - reserva de potência mantida pela unidade i na hora j - MW;

$PLM_j^{(RES)}$ - preço de liquidação de um mercado de reservas na hora j - US\$/MWh.

Em geral são estabelecidos diversos sub-mercados, um para cada tipo de reserva e apesar do preço de fechamento de cada sub-mercado ser definido de forma competitiva, observa-se alguma preocupação com os agentes geradores que tenham tido sua geração diminuída pelo operador do sistema para garantir reserva girante (geradores *constrained down*). Quando isto ocorre o gerador incorre em custo de oportunidade, podendo ser ressarcido por este novo custo que lhe foi imposto, passando a sua remuneração a ser dada por:

$$RE_Res_{ij} = RES_{ij} \cdot PLM_j^{(RES)} + OPT_{ij} \quad (1.2)$$

onde OPT_{ij} é o custo de oportunidade incorrido pela unidade i na hora j , ao prestar o serviço de reserva.

A restrição da geração para que as reservas sejam garantidas é mais comum no caso das reservas de regulação, uma vez que os geradores que prestam o serviço de regulação devem estar equipados de forma especial, com regulador de velocidade e/ou equipamento de CAG, isto é, o serviço deve ser fornecido compulsoriamente por certas unidades geradoras.

Nesta primeira hipótese os mercados de SAs são monopsônicos, com o operador do sistema ou entidade de mercado funcionando como único agente comprador, fazendo-o como representante de um *pool* de usuários dos serviços. Além disto, eles são perfeitamente inelásticos, pois a demanda é constante e fixada por critérios técnicos relacionados à confiabilidade e segurança do sistema elétrico, e não definida pelo mercado.

Na segunda hipótese de definição final do preço de cada serviço, como é o caso de New England, por exemplo, a diferença é a apresentação de ofertas tanto de venda quanto de compra. Os valores ótimos da quantidade e do preço do serviço, que representa o preço de liquidação do mercado, são definidos pela interseção das curvas de ofertas de compra e de venda, relacionando preços e quantidades ofertadas. As transações comerciais passariam a ser feitas entre os agentes participantes, cujo número seria bem maior que na hipótese anterior, o que aumenta a eficiência e diminui as chances de distorções e especulações.

No caso das reservas operativas, como as quantidades totais adquiridas são definidas exclusivamente pelo mercado, existe a possibilidade delas ficarem aquém da necessidade mínima de segurança do sistema, ou seja, a otimização econômica não garantiria a otimização técnica. Isto exigiria a intervenção do operador do sistema, comprometendo a liberdade do mercado e a sua eficiência econômica.

Em ambas as hipóteses, é formada uma 'lista de mérito' dos fornecedores dos serviços e das quantidades adquiridas de reservas, repassada ao operador do sistema para que seja efetuado o despacho.

Um mecanismo alternativo conhecido como *pay-as-bid*, propõe que os fornecedores sejam remunerados conforme os preços individuais ofertados, ou 'pagamento com preço discriminado' e não com um valor único. Tem-se discutido qual destes dois mecanismos seria o mais eficiente, mas a experiência tem mostrado que esta opção é muito vulnerável a manipulações por parte dos ofertantes, exigindo assim maior regulamentação [Kahn,2001].

A administração dos mercados pode ser feita pelo operador do sistema que assumiria completa responsabilidade pelo seu projeto, desenvolvimento, implementação e operação. Ele poderia ser substituído por uma entidade criada com esta função específica, ou seja, um 'operador de bolsa ou de mercado de SAs'. A administração poderia também ser feita por um ou mais operadores privados de mercado, que a assumiriam por vontade própria e com a concordância da entidade de mercado ou do operador do sistema. Uma outra possibilidade seria uma participação conjunta da entidade de mercado e de um operador privado de mercado na administração.

A aquisição de SAs através de mercados é a opção de maior eficiência econômica, principalmente por descobrir o melhor conjunto de preços para os serviços e diminuir o risco dos agentes participantes. Conforme relatado, nota-se uma constante preocupação com a melhoria do seu desempenho, frente aos vícios e distorções potenciais dos mercados competitivos, tais como o abuso do poder de mercado, principalmente naqueles com poucos participantes, como é o caso dos serviços ancilares, e a especulação com preços que possa conduzir à ocorrência de preços mais altos para

produtos de menor qualidade² e a episódios de picos extremos de preços, como experimentado na Califórnia (ver Apêndice B). A principal desvantagem dos mercados é o seu alto custo de implementação e manutenção. Mesmo que os custos possam ser administrados, só se deve optar por modelos de mercado caso a sua liquidez justifique o esforço [EAL, 2000].

1.2.1.2 Modelo Competitivo de Comercialização sem Mercado

Esta é uma estrutura de comercialização em que fornecedores de serviços ancilares ofertariam a um agente comprador central contratos de venda com duração que pode variar de 1 mês a 1 ano, prazos em que são realizados os leilões. Contratos de duração maior, de 5 a 20 anos, também podem ser efetuados, principalmente para *black start*. O comprador central, com base nos preços das ofertas e quantidades ofertadas, e seguindo determinados critérios, estabeleceria os preços para os serviços e selecionaria os seus fornecedores, definindo ainda obrigações de desempenho. Um exemplo seria o procedimento caracterizado como 'solicitação de ofertas' (*request for proposals*) [EAL, 2000], utilizado durante algum tempo em Alberta no Canadá. A diferença em relação ao modelo com mercado é que não haveria nenhuma forma de bolsa onde os serviços fossem negociados.

Este tipo de modelo poderia ser utilizado também no caso de se criarem estoques de serviços que seriam invocados em eventos de falha de mercado em entregar ao operador do sistema os recursos adequados de SAs.

1.2.1.3 Modelo Não Competitivo de Comercialização

Este tipo de modelo comercial, apesar de não ser o ideal dentro da moderna filosofia da reestruturação da indústria de eletricidade, às vezes precisa ser usado. Uma ocasião para isto seriam os períodos transitórios iniciais, que precedem a maioria dos processos de reestruturação, conforme tem sido o caso do Brasil, ou em casos onde os modelos competitivos não fossem indicados. Neste período, a aquisição dos serviços poderia ser

2 As reservas podem ser colocadas na seguinte ordem decrescente de qualidade: regulação, girante, não girante e de substituição.

feita por meio de tarifas, sendo provável a ocorrência de forte intervenção regulatória. Seriam estabelecidos termos e condições que obrigassem os participantes a fornecer certas modalidades de SAs considerados naturalmente não indicados para aquisição competitiva, devido a sua característica estritamente local, tais como *black-start* e suporte de tensão. O fornecimento obrigatório ocorreria ainda durante períodos nos quais a entidade competente fosse incapaz de adquirir quantidades suficientes de SAs, a partir de mercados competitivos.

A remuneração dos agentes, quando fossem obrigados a fornecer os serviços, seria feita através de metodologia específica desenvolvida para compensá-los de forma justa, em função de seus custos embutidos, os quais incluem concessões para investimentos de capital, despesas com manutenção, operação, supervisão e engenharia, além do custo de oportunidade decorrente.

Este é o caso, por exemplo, da área de controle de New York, onde o *black-start* e o controle de tensão são remunerados com base nos custos incorridos pelas instalações que os fornecem. O serviço de 'programação, controle do sistema e despacho', por sua vez, tem seu preço definido com base nos custos do New York Independent System Operator (NYISO). Além disto, em casos onde houver possibilidade de abuso de poder de mercado, o modelo comercial não baseado em mercados seria o preferido.

Em relação aos serviços de reservas operativas e regulação de frequência, verifica-se que a regulação primária é um dos únicos serviços que se propõe ser considerado compulsório para todas as unidades geradoras do sistema capacitadas para tal, não havendo remuneração específica para ela, mas às vezes, apenas um ajuste financeiro entre as unidades que prestaram o serviço e aquelas que não o fizeram. Para a regulação secundária, a proposta mais comum é que ela seja remunerada com base no custo de oportunidade perdida e nos custos de capital incorridos para capacitar a unidade para prestar o serviço.

Quanto à reserva de confiabilidade, geralmente tenta-se alocá-la em unidades geradoras de maior custo marginal, parcialmente despachadas (marginais), situadas no final da lista de mérito, ou não despachadas (supra-marginais). Ela pode ser vista neste caso como 'reserva natural do sistema', por ser a capacidade de geração que não precisou ser utilizada pelo despacho, não incorrendo portanto em custo de oportunidade e nem de capital.

1.3 Estrutura da Tese

Esta Tese de Doutorado divide-se em nove capítulos e três apêndices, cujos conteúdos são relatados em seguida, de forma resumida.

No presente capítulo são colocadas as principais características e os objetivos das modalidades de serviços ancilares mais encontradas mundialmente. Discute-se a remuneração dos serviços ancilares, caracterizando-se os modelos de comercialização e de mercados mais utilizados para a sua comercialização, enfatizando-se os casos das reservas operativas e da regulação de frequência, que representam objetivos do trabalho a ser desenvolvido.

No Capítulo 2, procede-se a uma análise e discussão dos chamados 'encargos de capacidade', e do seu relacionamento e possível interação com a remuneração das reservas de potência operativa e com as tarifas binômias de energia elétrica.

No terceiro capítulo são levantados, discutidos e analisados os principais custos incorridos pelos agentes responsáveis pela prestação dos serviços ancilares de reserva de potência operativa e regulação de frequência. É feita ainda uma avaliação aproximada de seus valores médios.

No Capítulo 4 é apresentada uma proposta de metodologia para a remuneração *ex-post* dos serviços de reserva de potência operativa e de regulação de frequência, através do benefício por eles agregado ao sistema elétrico. Distingue-se a remuneração pelas reservas operativas para confiabilidade, pelas reservas para regulação de frequência e pelo serviço de regulação.

A proposta específica de metodologia para a remuneração do benefício agregado ao sistema pelas reservas operativas (confiabilidade e regulação de frequência) é colocada no Capítulo 5. Apresenta-se um procedimento para o cálculo de remunerações horárias para o serviço, e para a contabilização diária e mensal dos pagamentos. Com o objetivo de testar os procedimentos propostos, implementa-se um estudo de caso completo, utilizando-se dados reais do Sistema Interligado Nacional.

No Capítulo 6 encontra-se a proposta específica de metodologia para a remuneração do benefício proporcionado pelo serviço de regulação de frequência e pelas reservas

operativas a ele destinadas. São realizados dois estudos de caso, com dados reais de frequência do Sistema Interligado Nacional, para se testarem os procedimentos propostos. Um terceiro estudo de caso é feito, para se determinar o pagamento final às unidades geradoras envolvidas, considerando-se também os custos por ela incorridos.

No sétimo capítulo, é pesquisada a interação entre o mecanismo de realocação de energia (MRE), utilizado no Brasil, e uma possível remuneração das reservas, no que diz respeito à cobertura do custo de oportunidade e dos custos específicos dos serviços analisados.

No Capítulo 8 apresentam-se os comentários finais, as conclusões, as contribuições originais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros, enquanto que no Capítulo 9 relacionam-se as referências bibliográficas e a bibliografia consultada.

No Apêndice A são abordadas as reservas de potência e regulação de frequência, discutindo-se a sua caracterização e definição, quantificação, alocação e utilização, de um modo geral, e especificamente para o Brasil.

No Apêndice B é fornecida uma visão geral em nível mundial, dos diversos tipos de serviços ancilares encontradas, mostrando-se a sua caracterização e as propostas para a quantificação, alocação, comercialização e remuneração.

No Apêndice C são mostradas as metodologias propostas para o cálculo dos encargos de capacidade no sistema elétrico brasileiro. Aquela apresentada inicialmente no processo de reestruturação do setor Elétrico, pelo Mercado Atacadista de Energia (MAE), é abordada de forma simplificada. Já a metodologia proposta por parte do Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico (CRMSE) é mostrada de forma mais detalhada. Procedeu-se desta forma pelo fato das duas propostas serem praticamente idênticas

