



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

Andre Sampaio Queen	Murilo Fenili	Fabio Hideki Iha
AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.
andre.queen@aes.com	murilo.fenili@aes.com	fabio.iha@aes.com

Carlos Longo Cardoso Dias	Rodrigo Hideto Prieto Sakata
AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.
carlos.longo@aes.com	rodrigo.sakata@aes.com

Análise da evolução do SIN no período de 2008 a 2012 e o impacto da transformação do sistema na formação de preço

Palavras-chave

CMO
Expansão do SIN
Formação de preço
Preço de energia elétrica
SIN

Resumo

A evolução do Sistema Interligado Nacional (SIN) atualmente é marcada pela expansão baseada nas grandes usinas a fio d'água da região amazônica e em usinas menores e de fontes renováveis como eólicas, biomassa e PCHs. O objetivo do presente trabalho é investigar o impacto dessa alteração relevante do SIN na formação de preço ao longo do período de 2008 a 2012. Para isso, foi desenvolvida uma metodologia de comparação entre diferentes configurações do SIN e foram simulados diversos casos no NEWAVE, programa desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para o planejamento de operação de médio prazo, com base nos decks oficiais da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica ao longo do período de 2008 a 2012. A análise dos resultados foi feita com base no custo marginal de operação (CMO), variável de saída do NEWAVE, e no balanço de oferta e demanda do sistema. A metodologia proposta e os seus resultados indicam que a formação de preço atual é comparável à situação de 2008,

quando se tinha uma situação de falta de oferta no sistema, e apresenta um CMO no subsistema sudeste suscetível a assumir valores relativamente elevados, apesar da sobra de oferta projetada para o horizonte de planejamento.

1. Introdução

O sistema interligado nacional vem passando por um processo de transformação. O tema da expansão baseada em grandes usinas hidrelétricas a fio d'água e em usinas de fontes renováveis, principalmente eólicas, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), é amplamente discutido e acompanhado pelo setor elétrico.

A dinâmica de expansão com pouco acréscimo de capacidade de armazenamento deve provocar um aumento no despacho de usinas térmicas [1]. De acordo com o programa mensal da operação do ONS (PMO) de janeiro de 2008, a capacidade máxima de armazenamento no SIN era de 272,9 GW médios em 2008. Já o PMO de abril de 2012 indica uma capacidade máxima de armazenamento de 286,5 GW médios em 2012. Nesse mesmo período, a carga do SIN aumenta de 51,0 GW médios em 2008 para 60,7 GW médios em 2012, de acordo com o PMO de janeiro de 2012.

Outra característica da expansão da geração no SIN é a tendência de crescimento significativo das chamadas usinas não simuladas individualmente, sendo esta denominação definida conforme a Resolução 440 da ANEEL [2]. O PMO de janeiro de 2008 indicava 2,28 GW médios de geração por usinas não simuladas individualmente em 2008. No PMO de abril de 2012, a projeção de geração desse tipo de usina aponta um volume de 5,28 GW médios em 2012.

Ao que diz respeito à formação de preço, a falta de novos grandes reservatórios e a intermitência das fontes renováveis induzem uma visão de que os preços de energia no mercado de curto prazo deverão se tornar mais sensíveis e voláteis. O objetivo do presente estudo é justamente investigar esse impacto da transformação do SIN na formação de preço de energia durante o período de 2008 a 2012.

A principal ferramenta utilizada pelo trabalho foi o programa NEWAVE e o material de análise está apoiado em rodadas de casos baseados nos Decks oficiais da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Para alcançar o objetivo do trabalho, o estudo passou pelo processo de elaboração metodológica de comparação entre diferentes configurações do SIN. O comportamento da formação de preço foi analisado através do custo marginal de operação (CMO) do subsistema Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO), variável de saída do programa NEWAVE, e da adoção da medida ômega.

Os resultados do trabalho confirmam a percepção intuitiva de que, ao longo do período de 2008 a 2012, o SIN evoluiu para uma estrutura de geração onde a formação de preço se mostra sensível e com boa probabilidade do CMO assumir valores maiores que R\$120/MWh, conforme metodologia desenvolvida.

2. Desenvolvimento

A ferramenta adotada para investigar a dinâmica de formação de preço foi o Software NEWAVE e a variável escolhida como indicadora da formação de preço foi o CMO (custo marginal de operação) do SE/CO, variável de saída do NEWAVE calculada para os 2000 cenários de séries sintéticas [3].

O NEWAVE é um programa computacional desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) que representa o modelo de planejamento de operação de médio prazo. O NEWAVE representa o parque hidroelétrico de forma agregada e o cálculo da política de operação baseia-se em Programação Dinâmica Dual Estocástica [3].

O objetivo básico do planejamento da operação de um sistema hidrotérmico é determinar, para cada etapa do período de planejamento, as metas de geração para cada usina que atendam a demanda e minimizem o valor esperado do custo de operação ao longo do período. Este custo é composto pelo custo variável das usinas termelétricas e pelo custo atribuído às interrupções de fornecimento de energia [4], também chamados de custos de déficit.

Para construir a análise de comportamento do CMO do SE/CO, foi escolhido o período de 2008 a 2012, representado por cinco casos simulados no NEWAVE, baseados em Decks oficiais da CCEE. As simulações partiram sempre do mês de janeiro de cada um dos anos do período de 2008 a 2012.

Uma vez que o objetivo do estudo é avaliar o impacto da evolução da estrutura do SIN na formação de preço, é importante retirar dos casos do NEWAVE a influência da hidrologia e do estado inicial de armazenamento das simulações. Por isso, em cada uma das cinco primeiras simulações foram adicionados 10 anos de simulação estática antes do período de cinco anos de planejamento. Caso o sistema se encontre numa configuração estressada por uma falta de oferta de energia, os resultados de CMO nesse ano inicial do estudo certamente apresentarão valores médios elevados. Para se comparar preços formados sempre com base no horizonte de cinco anos de planejamento, os resultados analisados de cada caso simulado se referem sempre ao primeiro ano do período de planejamento. Foram também eliminadas as curvas de aversão a risco (CAR) de todas as simulações para evitar que eventuais diferenças na metodologia de determinação da CAR interferisse na comparação dos resultados.

Para agregar mais informação às análises e auxiliar a interpretação dos resultados das simulações, é colocado para cada caso simulado o balanço estático do SIN, que consiste na comparação da carga do SIN com a soma das garantias físicas (GF) das usinas. A geração projetada das usinas não simuladas individualmente é agrupada juntamente com a oferta consolidada de garantia física.

Após a rodada de cinco casos simulados, foram identificados problemas na comparação direta entre as cinco simulações descritas anteriormente e partiu-se para a segunda etapa do estudo onde foi aprimorada a metodologia de comparação entre casos do NEWAVE. Nessa segunda etapa, os casos de 2008 e 2012 são comparados seguindo a metodologia aprimorada que: adiciona 10 anos de período estático antes do início do período de planejamento, exclui a CAR e iguala os custos de déficit e os custos variáveis unitários (CVU) das usinas térmicas do caso de 2008 aos de 2012.

É importante lembrar que ao se adotar o NEWAVE, são admitidas as mesmas limitações de modelagem do software. Além disso, o programa evoluiu de sua versão 13 em 2008 para a 16 em 2012. A diferença entre as versões foi assumida como uma limitação do presente estudo, admitindo-se que a diferença entre elas não invalida as conclusões do trabalho. Para maiores detalhes sobre as versões do NEWAVE, consultar o anexo III do Manual do usuário [4].

2.1 Medida ômega

A forma de se analisar o comportamento do CMO será baseada na medida ômega. A medida ômega foi desenvolvida para ser um indicador de desempenho de ativos individuais ou portfólio de ativos [5]. Porém, ela se mostrou muito eficaz para a investigação do comportamento do CMO.

O princípio da aplicação da medida é simples: primeiro se estabelece um valor alvo (ou limite) para o CMO, que no presente estudo é arbitrado em R\$120/MWh. A partir do valor alvo (ou limite) são acompanhadas as seguintes variáveis: probabilidade do CMO ficar acima de R\$120/MWh, média dos cenários onde o CMO é maior que R\$120/MWh e média dos cenários em que o CMO é menor que R\$120/MWh. O resultado da medida ômega é a razão entre: a probabilidade da variável ultrapassar o limite estabelecido multiplicada pela média desses cenários; e a probabilidade da variável se manter abaixo do limite estabelecido multiplicada

pela média dos mesmos cenários.

Ao longo das análises não será calculado a medida ômega em si, mas serão analisadas as variáveis de construção da medida. A sensibilidade sobre os valores do CMO e as probabilidades associadas à ultrapassagem do limite estabelecido em R\$120/MWh comunicam melhor e trazem mais informação de análise do que o resultado da medida ômega em si.

2.2 Resultados

Inicialmente são apresentados nessa seção os resultados das primeiras cinco simulações de NEWAVE descritas anteriormente. Em seguida, na parte de discussão, é apresentada a comparação dos casos simulados e a segunda etapa do estudo com a metodologia mais rigorosa de comparação entre os casos de 2008 e 2012.

2.2.1 Caso de Janeiro de 2008

A simulação com base no deck oficial da CCEE de janeiro de 2008, com o período estático pré-estudo de dez anos e sem a CAR apresentam os seguintes resultados de CMO do SE/CO:

	2008
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	46%
Média (CMO > Alvo)	599,56
Média (CMO <= Alvo)	45,92

Tabela 1 Medida ômega do CMO do SE/CO – Deck de Janeiro de 2008

O gráfico 1 de balanço estático do SIN colocado abaixo ajuda a entender melhor a configuração de CMOs elevados. O sistema apresenta déficit de garantia física em quase todos os anos do período de planejamento. Além disso, o volume de térmicas flexíveis disponíveis para despacho era baixo e totalizava algo em torno de 4 GW médios. As siglas apresentadas no gráfico 1 são utilizados em todos os balanços do trabalho e seus significados são: GF TERM EXP - garantia física térmica em expansão; UNSI - usinas não simuladas individualmente; GF TERM EXIST - garantia física térmica existente; GF HIDRO EXP - garantia física hídrica em expansão; GF HIDRO EXIST- garantia física hídrica existente. Todas medidas estão em MW médios.

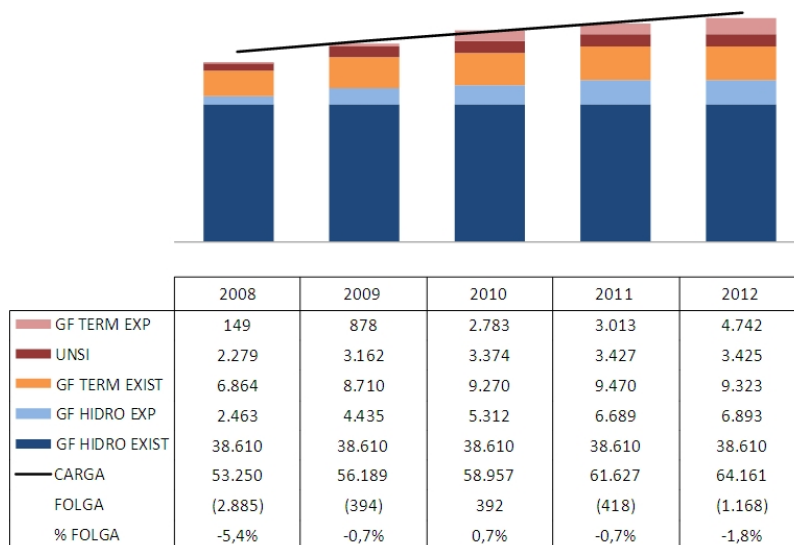


Gráfico 1 Balanço Estático do SIN - Deck de janeiro de 2008 em MW médios

Em janeiro de 2008 existia também uma previsão de entrada relevante de usinas térmicas com CVU na faixa de 125 a R\$375/MWh.

2.2.2 Caso de Janeiro de 2009

A simulação com base no Deck Oficial de janeiro de 2009, com o período estático pré-estudo de dez anos e sem a CAR apresentam os seguintes resultados de CMO do SE/CO:

	2009
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	46%
Média (CMO > Alvo)	524,93
Média (CMO <= Alvo)	49,70

Tabela 2 Medida ômega do CMO do SE/CO – Deck de Janeiro de 2009

A configuração de 2009 apresenta uma leve melhora apenas nos cenários de CMO acima do limite de R\$120/MWh, quando comparada com a simulação de janeiro de 2008. Não houve redução significativa na ocorrência de CMO acima de R\$120/MWh apesar do balanço estático apresentar agora uma sobra de oferta, conforme mostra o gráfico 2. Na configuração de janeiro de 2009 houve uma pequena redução da projeção da carga e um acréscimo de oferta principalmente em 2013. É possível identificar também uma entrada relevante de usinas térmicas em 2013.

Além disso, um fator importante para a crítica dos resultados diz respeito à modelagem da entrada escalonada das usinas de Santo Antônio e Jirau. No Deck do NEWAVE de janeiro de 2009, ainda não estava completamente implementada a modelagem da submotorização conforme a Nota Técnica 54 do CEPEL [6] e as instruções do Manual do ONS sobre o cálculo do excedente de energia de submotorização [7]. Porém, o efeito da modelagem da submotorização de Santo Antônio e Jirau para a formação de preço em 2009 ainda não é aqui muito relevante, pois o início da entrada dessas usinas estava prevista para maio de 2012 e fevereiro de 2013, respectivamente.

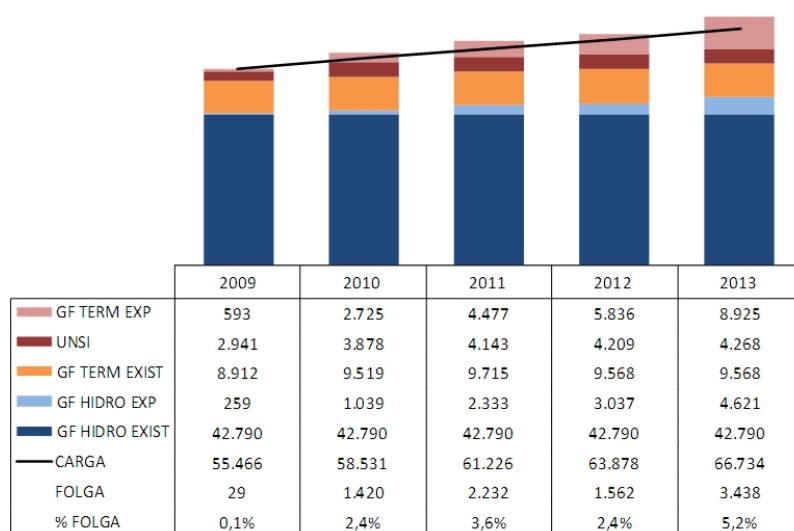


Gráfico 2 Balanço Estático do SIN - Deck de janeiro de 2009 em MW médios

2.2.3 Caso de Janeiro de 2010

A simulação com base no Deck Oficial de janeiro de 2010, com o período estático pré-estudo de dez anos e sem a CAR apresentam os seguintes resultados de CMO do SE/CO:

	2010
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	21%
Média (CMO > Alvo)	516,15
Média (CMO <= Alvo)	36,53

Tabela 3 Medida ômega do CMO do SE/CO – Deck de Janeiro de 2010

Os valores mais baixos de CMO, quando comparados com as simulações anteriores, podem ser explicados por três principais razões: revisão da carga que diminuiu levemente a projeção de demanda de energia, a sobra de oferta de energia conforme mostra o gráfico 3 a seguir, e, assim como no caso anterior, a modelagem ainda não aperfeiçoada da submotorização nas grandes usinas da região amazônica. A medida que a relevância dessas usinas aumenta no deck, impactando o período de 2012 a 2014, a influencia da modelagem incompleta da submotorização impacta mais fortemente a formação do CMO, quando comparada com o caso de 2009.

A seguir, o gráfico 3 mostra a situação confortável de suprimento e a sobra de oferta no período de planejamento.

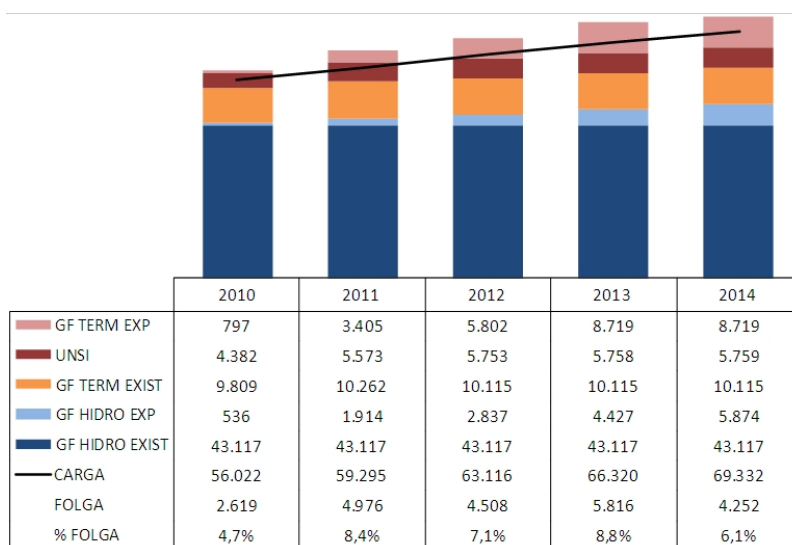


Gráfico 3 Balanço Estático SIN - Deck de janeiro de 2010 em MW médios

2.2.4 Caso de Janeiro de 2011

A simulação com base no Deck Oficial de janeiro de 2011, com o período estático pré-estudo de dez anos e sem a CAR apresentam os seguintes resultados de CMO do SE/CO:

	2011
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	23%
Média (CMO > Alvo)	491,64
Média (CMO <= Alvo)	38,55

Tabela 4 Medida ômega do CMO do SE/CO – Deck de Janeiro de 2011

Os valores ainda baixos de CMO podem ser explicados pelas mesmas razões da simulação anterior: revisão da carga que diminuiu levemente a projeção de demanda de energia, sobra de oferta conforme mostrada no gráfico 4, e a modelagem da entrada escalonada das usinas de Santo Antônio e Jirau e Belo Monte que ainda não havia sido completamente implementada no NEWAVE conforme a Nota Técnica 54 do CEPEL [6] e as instruções do Manual do ONS sobre o cálculo do excedente de energia de submotorização [7].

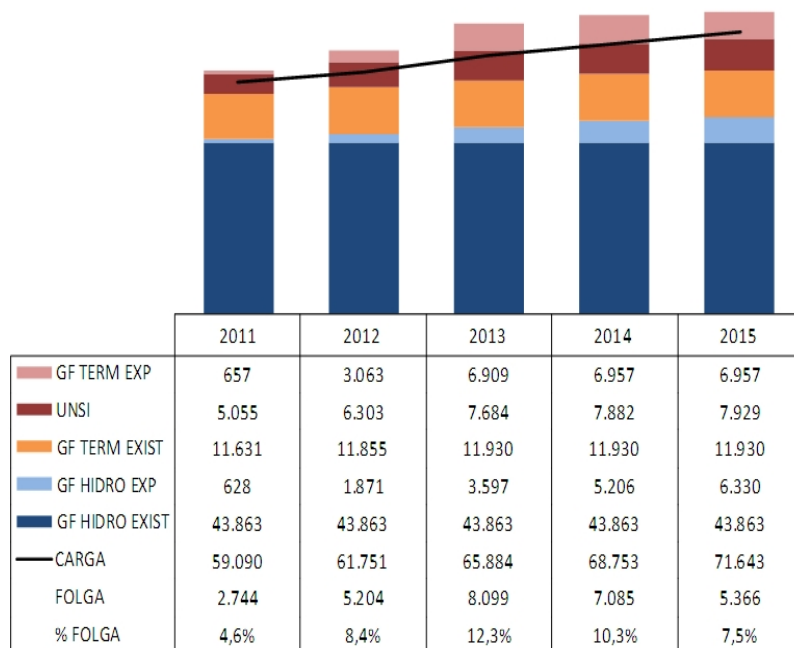


Gráfico 4 Balanço Estático do SIN - Deck de janeiro de 2011 em MW médios

2.2.5 Caso de Janeiro de 2012

A simulação com base no Deck Oficial de janeiro de 2012, com o período estático pré-estudo de dez anos e sem a CAR apresentam os seguintes resultados de CMO do subsistema Sudeste/Centro-Oeste:

	2012
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	32%
Média (CMO > Alvo)	472,78
Média (CMO <= Alvo)	43,16

Tabela 5 Medida ômega do CMO do SE/CO – Deck de Janeiro de 2012

Nota-se que no caso de 2012 a probabilidade de ocorrência de CMOs acima de R\$120/MWh e a média dos valores abaixo de R\$120/MWh são maiores que a da simulação de 2011. Apesar da redução na projeção da carga e da maior folga do balanço estático mostrado no gráfico 5, o efeito do aprimoramento na modelagem da submotorização das usinas da região amazônica acabou interferindo na otimização do sistema e induzindo a formação de CMO mais altos.

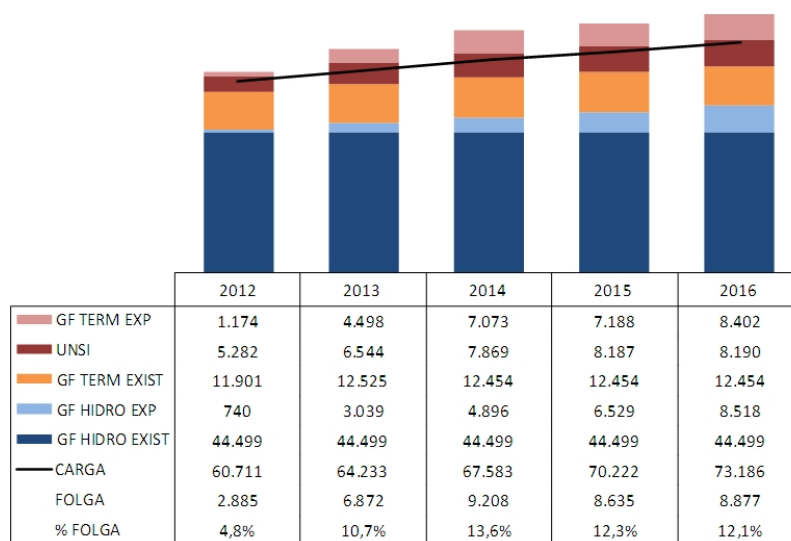


Gráfico 5 Balanço Estático do SIN - Deck de janeiro de 2012 em MW médios

2.3 Discussão dos resultados

A seguir está consolidada a comparação entre as cinco simulações descritas anteriormente. O critério principal de comparação são as variáveis relacionadas à medida ômega do CMO do SE/CO para os resultados do primeiro ano de cada caso.

	2008	2009	2010	2011	2012
CMO Alvo	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	46%	46%	21%	23%	32%
Média (CMO > Alvo)	599,56	524,93	516,15	491,64	472,78
Média (CMO <= Alvo)	45,92	49,70	36,53	38,55	43,16

Tabela 6 Medida ômega do CMO do SE/CO – Comparação dos cinco casos simulados de janeiro (2008-12)

É importante lembrar que a análise dos casos de 2008 a 2012 não representa perfeitamente a evolução das expectativas do SIN ao longo do tempo, pois a configuração do sistema se altera ao longo do ano. Além disso, como já foi mencionado anteriormente, existe uma diferença importante na modelagem dos casos de 2009, 2010 e 2011, referente à submotorização das grandes usinas da região amazônica. Durante esse período, ainda não estava completamente implementado o aprimoramento na modelagem das usinas com entrada escalonada: Santo Antônio, Jirau e Belo Monte.

A implementação completa do aprimoramento foi efetivada em dezembro de 2011 e pode ser melhor compreendida através da Nota Técnica 54/ 2010 [6] e do Manual do ONS [7].

Devido ao problema relacionado à submotorização nas usinas da região amazônica nos casos de 2009 a 2011, o foco da análise da evolução do SIN se deslocou para a comparação dos casos de 2008 e 2012. De fato essa confrontação é a que mais chama a atenção. O Cenário de déficit de oferta em 2008 apresenta um

comportamento de CMO que não é tão discrepante ao de 2012, onde se tem uma sobra razoável de oferta.

A primeira vista, pode-se dizer que em 2012 o sistema está menos suscetível a alcançar CMOs anuais acima de R\$120/MWh do que em 2008. Porém, a sobra de oferta no caso de 2012 não parece fazer tanta diferença na formação do CMO. Em 2008, por exemplo, o balanço do primeiro ano indica uma falta de oferta de 2.885 MW médios enquanto o caso de 2012 apresenta o primeiro ano de planejamento com uma sobra de 2.885 MW médios. Além disso, em todos os outros anos de planejamento o caso de 2012 apresenta um balanço significativamente mais favorável do que o caso de 2008. No entanto, o impacto na redução da ocorrência de CMO acima de 120 foi relativamente pequeno, passando de 46% para 32%.

Ainda existem diferenças entre os casos de 2008 e 2012, principalmente nos custos de déficit e nos CVUs das térmicas em comum, que poderiam contribuir para uma maior ocorrência de CMOs acima de R\$120/MWh no caso de 2012. Por esse motivo foi iniciada uma segunda etapa do estudo, onde foi realizada uma nova comparação mais rigorosa entre os casos considerando: 10 anos de período estático antes dos cinco anos de planejamento para se retirar o efeito da hidrologia e da condição inicial do sistema, exclusão da CAR para se evitar uma comparação com eventuais diferenças na metodologia de construção da curva, e custos de déficit e os valores de CVU das térmicas em comum do caso de 2008 iguais aos do caso de 2012. Em relação à expansão da oferta, o cronograma de entrada de novas usinas no caso de janeiro de 2008 foi considerado como inerente ao processo de formação do preço, sendo desnecessário qualquer ajuste na entrada das novas usinas. Quanto à projeção da carga, ambos os casos, de 2008 e 2012, apresentam uma mesma taxa de crescimento médio de 4,8% ao ano, aproximadamente.

Aproveitou-se também a definição de uma segunda etapa do estudo para atualizar o caso de janeiro de 2012 com os novos cronogramas de entrada das usinas de acordo com o PMO de abril de 2012. A seguir, no gráfico 6, está apresentado o caso de 2012 com a revisão dos cronogramas de entrada das usinas.

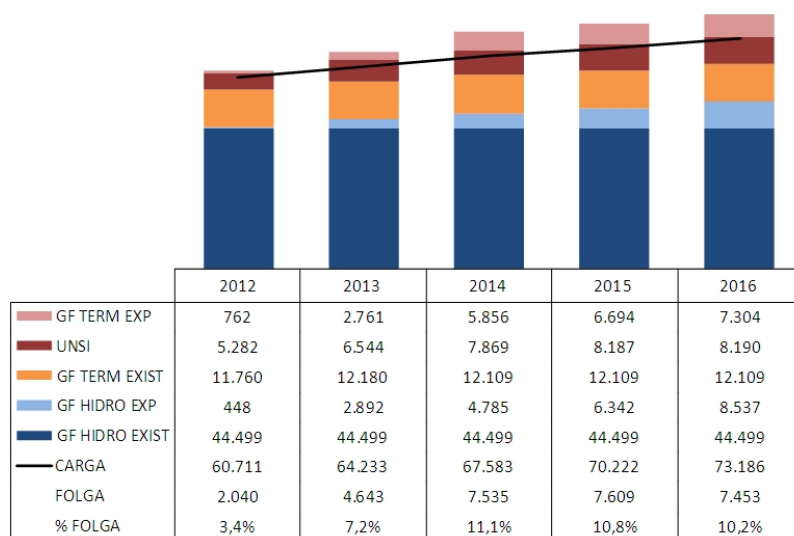


Gráfico 6 Balanço Estático SIN - Deck de janeiro de 2012 alinhado com oferta do PMO de abril em MW médios

A medida ômega para o CMO do caso criticado está colocada na tabela 7 a seguir. Em seguida é apresentado o resultado de CMO para o caso de 2008 com os valores de CVU e custos de déficits alinhados com os do deck de 2012.

	2012
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	50%
Média (CMO > Alvo)	887,06
Média (CMO <= Alvo)	44,57

Tabela 7 Medida ômega do CMO do SE/CO – Caso de janeiro de 2012 alinhando a oferta com o PMO de abril

	2008
CMO Alvo	120,00
Probabilidade (CMO > Alvo)	51%
Média (CMO > Alvo)	681,90
Média (CMO <= Alvo)	46,88

Tabela 8 Medida ômega do CMO do SE/CO – Caso de janeiro de 2008 alinhando CVU e custo de déficit

A probabilidade de ocorrência de CMO acima de R\$120/MWh são muito próximas. Além disso, a média dos cenários em que o CMO supera o valor alvo é significativamente maior na nova simulação de 2012. As médias dos CMOs abaixo do valor alvo se mantêm próximas.

Reconhecendo o deck de 2008 como um caso em que o SIN encontrava-se estressado, o resultado dessa segunda etapa indica que a intuição inicial de que a formação de preço no SIN tende a ser mais sensível é válida. A sobra de oferta apresentada no caso de 2012, atualizada com a entrada de oferta do PMO de abril, mostra que uma perspectiva de sobra de lastro não implica necessariamente em uma estrutura do SIN mais favorável à formação de preços baixos. É preciso analisar a natureza da expansão e a estrutura do SIN como um todo para se identificar o impacto na formação do preço.

Uma outra comparação importante está entre os resultados dos dois casos de 2012. Os atrasos na entrada das novas usinas de acordo com o PMO de abril aumentam significativamente a probabilidade de ocorrência e a média dos cenários de CMO maiores que o limite de R\$120/MWh. De 32% para 50% e de R\$472,78/MWh para R\$887,06/MWh, respectivamente. Isso mostra a sensibilidade do SIN na formação de preço.

3. Conclusões

O presente estudo se propôs a explorar a questão da evolução e da mudança estrutural do SIN e seus impactos na formação de preço de energia no mercado de curto prazo ao longo do período de 2008 a 2012.

Na primeira fase do trabalho foram realizadas 5 simulações do NEWAVE baseadas nos decks oficiais da CCEE de 2008 a 2012, sempre partindo do mês de janeiro. A análise dos resultados indicou a necessidade de se partir para uma segunda etapa do estudo, comparando mais rigorosamente os casos de 2008 e 2012.

O resultado da análise da segunda etapa do estudo indica que a formação de CMO do SE/CO gerada pela condição estrutural de 2012 é semelhante à de 2008, apesar da falta de energia prevista em 2008 e da sobra de oferta prevista no caso de janeiro de 2012. Dessa forma, pode-se dizer que uma perspectiva de sobra de oferta de energia não implica necessariamente em uma estrutura do SIN favorável à formação de preços baixos. É preciso analisar a natureza da expansão e a estrutura do SIN como um todo para se identificar o impacto na formação do preço.

Além da proximidade dos resultados entre os cenários de 2012 e 2008 na formação de CMO, a comparação entre a primeira simulação de janeiro de 2012 e o caso que ajusta o cronograma de entrada das usinas com os

dados do PMO de abril de 2012 com resultado de 50% de ocorrência em cenários de CMO maiores que R\$120/MWh colocou em evidência a sensibilidade do SIN na formação de preço.

Finalmente, pode-se dizer que a análise do período de 2008 a 2012 confirma a intuição inicial de que a formação de preço no SIN está relativamente mais sensível, suscetível à ocorrência de CMO acima de R\$120/MWh.

4. Referências bibliográficas

[1] Bezerra, B.; Barroso, L.A.; Brito, M.; Porrua, F.; Flach, B.; Pereira, M.V.. Measuring the hydroelectric regularization capacity of the Brazilian hydrothermal system. **Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE**, vol., no., pp.1-7, 25-29 de julho de 2010. Disponível em http://www.psr-inc.com.br/portal/psr_pt_BR/iframe.html?altura=4000&url=/app/publicacoes.aspx. Acesso em: 02 abr 2012.

[2] BRASIL. Resolução Normativa N 440 de 5 de julho de 2011 **Diário Oficial da União**, República Federativa da Brasil, Brasília, DF, 17 jul. 2011. Seção 1, p. 61

[3] CEPEL, Manual de Referência – Modelo NEWAVE. Disponível em http://www.cose.fee.unicamp.br/minicose/Secundino/newave-decomp-dessem/Newave_comentado.pdf. Acesso em 02 abr 2012.

[4] CEPEL, **Projeto Newave – Modelo Estratégico de Geração Hidrotérmica a subsistema equivalente – Manual do Usuário Versão 16**. Setembro / 2010

[5] Con Keating; William F. Shadwick. **A Universal Performance Measure. The Finance Development Centre, London**. Janeiro de 2002. Disponível em http://www.isda.org/c_and_a/pdf/GammaPub.pdf. Acesso em 02 abr 2012

[6] CEPEL, **NOTA TÉCNICA nº 54 - Aprimoramento no cálculo da energia de submotorização no modelo NEWAVE - Projeto NEWAVE**. Agosto de 2010

[7] ONS REL – 3 / 285 / 2011 – **Manual de uso do aplicativo para cálculo de excedente de energia de submotorização**. 2011