

## O Racionamento como experimento natural

Problemas de capacidade de geração insuficiente para atender a demanda por energia elétrica são relativamente comuns em todo o mundo. Maurer et al. (2005) documentam que entre 1989 e 2004 ocorreram episódios de racionamento em 18 países. O problema afetou países com diferentes níveis de desenvolvimento econômico e regulação do setor elétrico. Vivenciaram episódios de racionamento tanto países altamente regulados (Argentina 1988, Rússia 2001, Índia 2002 e China 2002-2005), como parcialmente regulados (Brasil 2001/2) e completamente desregulados (EUA-Califórnia 2000/1, Noruega 2001 e 2003).

Muitos episódios estão associados a períodos de seca que afetam a geração hidrelétrica, especialmente na América Latina, onde esta fonte é predominante (Argentina, Colômbia 1992, Chile 1998/9, Brasil, Venezuela 2002 e 2009/10). Esses eventos mostram que riscos de indisponibilidade de eletricidade podem se tornar mais relevantes no futuro à medida que, em resposta aos desafios ambientais e à escassez de combustíveis fósseis, mais países migram para matrizes elétricas mais dependentes de fluxos naturais de energia, como a hidrelétrica, a eólica e a solar. Portanto, para uma regulação e planejamento adequado do setor elétrico, é fundamental entender como o restante da economia reage aos problemas de oferta e de confiabilidade no setor elétrico.

Tendo em vista as implicações econômicas, sociais e políticas e a centralidade do tema nos debates públicos da época, o racionamento brasileiro foi um tema relativamente pouco estudado na literatura econômica (em literaturas de outras áreas as melhores referências são: Bardelin, 2004; CRMSE, 2002; Jabur, 2001; Maurer et al., 2005)<sup>1</sup>. Bardelin reúne a legislação relevante, analisa as causas e efeitos sobre o consumo de eletricidade, bem como o impacto no setor elétrico e o histórico de outros casos de racionamento no Brasil. Jabur descreve os impactos sociais, o ambiente político e econômico em função da “crise elétrica”. Maurer et al., em estudo encomendado pelo Banco Mundial, analisam detalhes da

---

<sup>1</sup> Para um clipping de tudo o que foi publicado na imprensa sobre o tema ver IEE-USP (2009). Todas as medidas provisórias, decretos e Resoluções governamentais relacionadas ao racionamento estão reunidas em Brasil (2009).

implementação e viabilidade política do programa de racionamento brasileiro e o comparam com outros casos no mundo. Em resposta à crise foi criado o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico (CRMSE, 2002) cujo relatório analisou as causas do racionamento, seus impactos sobre o setor elétrico e, em função deste diagnóstico, propôs reformas no marco regulatório e nas instituições que regulam o setor.

Apesar destes estudos cobrirem alguns aspectos do programa, segundo Maurer et Al. (pg. 96, tradução livre) “não há nenhum estudo analítico sobre os impactos econômicos da crise de eletricidade”<sup>2</sup>. Segundo os autores, isto se deve à dificuldade de separar os efeitos do racionamento de outros choques macroeconômicos que afetam a economia simultaneamente, como a crise argentina de 2001. Como veremos, nossa estratégia de diferenças em diferenças permite preencher parcialmente esta lacuna na literatura, provendo uma estimativa do custo associado ao caso brasileiro para o setor industrial. Para mostrar a validade desta estratégia, a seguir apresentamos um breve histórico do racionamento, detalhando sua localização e mostrando algumas conseqüências do programa.

O racionamento foi causado por um descasamento entre oferta e demanda em um ambiente regulatório de preços rígidos e oferta supostamente garantida. Por um lado, a estabilização econômica significou um aumento da demanda por energia elétrica devido ao crescimento da produção, à expansão da eletrificação e à aquisição de eletrodomésticos por parcela crescente da população. Por outro lado, a capacidade de geração apresentou crescimento menor. A iminência da privatização das empresas públicas e a deterioração fiscal do segundo governo Fernando Henrique Cardoso (FHC), 1999-2002, coibiram investimentos públicos. No setor privado, as incertezas associadas ao marco regulatório, ao processo de privatização e ao ambiente macroeconômico desfavorável também inibiram os investimentos.

---

<sup>2</sup> Nos meses que antecederam o racionamento foram elaboradas algumas estimativas governamentais (SEP, 2001) e de entidades ligadas à indústria (FGV; ABRACE, 2001) prevendo reduções de 0,8% a 3% na taxa de crescimento do PIB em função do racionamento. Tais estimativas se baseavam em proporções fixas entre eletricidade e produção observadas nos anos que precederam a crise. Sendo assim, estas estimativas tenderam a subestimar as possibilidades de substituição de energia e realocação da produção e, em decorrência, a superestimar os efeitos do racionamento. Após o racionamento, possivelmente porque os efeitos econômicos foram mais moderados do que previamente estimado, não foram feitos novos estudos avaliando tais impactos.

Peculiaridades das novas unidades de geração e insuficiência de linhas de transmissão também agravaram a vulnerabilidade do sistema. O sistema elétrico brasileiro é peculiar no mundo por ser predominantemente hidrelétrico (segundo EPE, 2007 87% da geração vinha desta fonte em 2000), composto por usinas de grande potência e capacidade de armazenamento e distantes dos centros consumidores. Desde a redemocratização política brasileira, preocupações ambientais e sociais impuseram maiores restrições ao tamanho dos reservatórios, diminuindo a capacidade das novas hidrelétricas de estabilizar os fluxos de energia natural afluyente. Além disso, os aproveitamentos de maior potencial hidrelétrico e maiores reservatórios, exceto os amazônicos, já haviam sido explorados. Mesmo o crescimento moderado da capacidade de geração nos anos que antecederam o racionamento foi baseado em hidrelétricas com menores reservatórios. Em função disso, a razão entre o estoque de energia armazenada nos reservatórios e os fluxos naturais de energia hidráulica em cada subsistema - isto é, da *energia natural afluyente* (ENA) contida na vazão dos rios explorados para geração - vinha caindo, tornando o sistema mais vulnerável às flutuações pluviométricas.

O Sistema Integrado Nacional (SIN) é dividido em quatro subsistemas - Sul (S), Sudeste e Centro-Oeste (SE-CO), Norte (N) e Nordeste (NE). Num sistema majoritariamente hidrelétrico, as linhas de transmissão cumprem papel fundamental de diluir choques idiossincráticos no padrão hídrico de certa localidade. No entanto, atrasos nas obras das linhas de transmissão - especialmente a terceira linha de transmissão de Itaipu para SE-CO - fizeram com que os subsistemas operassem de maneira praticamente autônoma devido a limitações na capacidade de transmissão entre eles (Bardelin, 2004).<sup>3</sup>

Em função destes fatores, nos anos que precederam o racionamento, o SIN utilizou mais energia do que a ENA, reduzindo os níveis dos reservatórios (figura 1). Assim, segundo a maioria dos especialistas (ROSA & BRANCO 2002, 2001 SAUER et al.; Tendências 2003), investimentos insuficientes na capacidade de geração confiável e de transmissão tornaram o SIN excessivamente vulnerável aos

---

<sup>3</sup> Em agosto de 2001 o intercâmbio de energia do subsistema S para o SE/CO atingiu a maior proporção da série histórica, suprimindo apenas 7,7% da demanda da região SE/CO (ONS, 2009).

padrões hidrológicos. Neste quadro, chuvas moderadamente abaixo da média em 1999 e 2000 desencadearam o racionamento<sup>4</sup>.

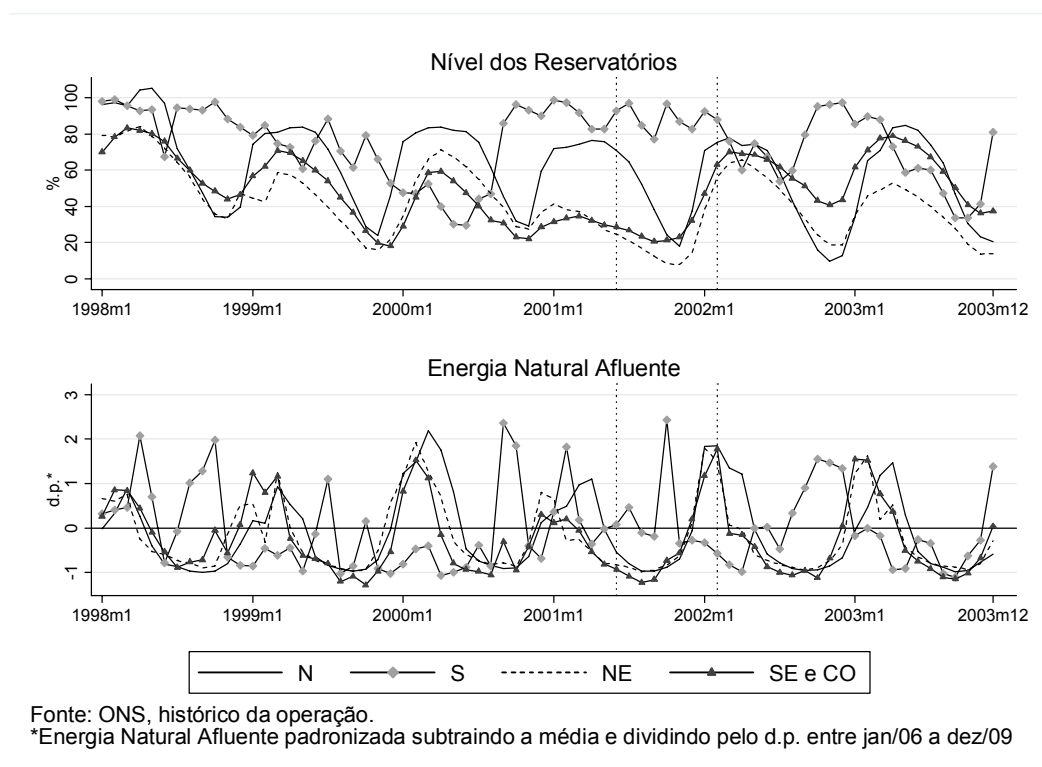


Figura 1: Estoque e fluxo de Energia Hidrelétrica

Apesar de o racionamento ter sido fundamentalmente causado pela falta de investimentos, a dispersão geográfica do racionamento se deveu fundamentalmente ao padrão das chuvas. O gráfico superior da figura 1 mostra como os níveis de armazenamento dos reservatórios vinham caindo a níveis preocupantes em todas as regiões do país. No entanto, os padrões hídricos diferiram fortemente no segundo semestre de 2000. Conforme mostra o gráfico inferior, a energia natural afluente foi moderada nos subsistemas SE-CO, NE e N e abundante no Sul. Apenas em função dessas fortes chuvas para o período, a região Sul foi poupada do racionamento. Portanto, a dispersão geográfica do racionamento - e como consequência a atribuição das firmas de certo subsistema ao programa - dependeu de um componente aleatório, o padrão hídrico. Sendo assim, o racionamento pode ser tratado como um quase experimento.

<sup>4</sup> Na região SE as chuvas foram de 30% (1999/0) e 44% (2000/1) da média histórica (SAUER et al., 2001).

A tabela 1 mostra a dispersão geográfica e duração do racionamento. O programa foi imposto aos estados das regiões SE, CO, NE e N interligados ao SIN. O racionamento teve início em 1º de junho de 2001 e fim em 28 de fevereiro de 2002, exceto nos estados afetados da região N, onde o racionamento foi mais curto. Exceto para MS, PA e TO, que tiveram restrições mais brandas, as metas de redução foram de 20% por estado. Nos estados do NE, onde os níveis dos reservatórios estavam ainda mais críticos, além das metas de redução, foram impostos três feriados para reduzir o consumo do setor produtivo. Os estados da região S e os estados da região N isolados do SIN não foram afetados e por isso servem como grupo de controle dos impactos nos estados afetados. Para garantir maior comparabilidade entre as firmas racionadas e não racionadas, excluimos as firmas da região norte da análise, uma vez que estas tem características muito peculiares (ex. produtores de alumínio e zona franca de Manaus).

Tabela 1: Dispersão geográfica do Racionamento

Região	Estados	Restrições:	Início	Término
SE	SP, RJ, MG, ES	meta de 20%		
CO	MT, GO	meta de 10%	01/06/2001	28/02/2002
	MS			
NE	BA, SE, AL, PE, PB, RN, CE, PI, MA**	meta de 20% + feriados civis		
	PA, TO*	meta de 15%	15 a 22/08/2001	01/01/2002
N	AC, AM, AP, RO e RR (sistemas isolados)	não racionados	n.a.	n.a.
S	RS, SC, PR	não racionados	n.a.	n.a.

\* consumidores no subsistema SE, \*\* consumidores no subsistema NE

Outro elemento que corrobora caráter de experimento natural do episódio é que os agentes econômicos não dispunham de informações para prever as dificuldades no fornecimento de energia nem qual seria a política adotada para superá-las. O grau de antecipação do racionamento pelos agentes econômicos não é condição necessária à estratégia de identificação, que deriva fundamentalmente da aleatoriedade de sua localização, mas corrobora o caráter exógeno do evento.

O processo de reforma e privatização do setor teve uma série de implicações. Por um lado, desarticulou o ciclo de planejamento governamental do

setor, que era feito por técnicos da Eletrobrás. Por outro lado, os dados necessários ao acompanhamento do setor continuaram centralizados no Ministério das Minas e Energia. Este quadro impediu que o setor privado e mesmo outras áreas do setor público avaliassem a dimensão dos riscos de racionamento. Assim, apenas tardiamente a cúpula do governo se deu conta da gravidade do problema, iniciando uma seqüência de debates e posições governamentais contraditórias (Maurer et al., 2005)<sup>5</sup>.

Em março de 2001, declarações oficiais admitiram a possibilidade de uma crise de abastecimento de energia elétrica. Na esperança de que um quadro hídrico favorável pudesse evitar o racionamento, como ocorrera em 2000, o governo postergou até o fim do período chuvoso de 2001 a definição sobre como contornar a crise energética. Com a insuficiência das chuvas, medidas bastante drásticas e abrangentes foram anunciadas. Em 15 de maio o presidente decretou o racionamento; por medida provisória criou a Câmara de Gestão da Crise Elétrica (GCE) com status de ministério e poderes extraordinários para impor as regras do programa de racionamento por meio de seus decretos.

Para o setor privado o acompanhamento do setor elétrico no que tange ao risco de racionamento era tarefa difícil, devido ao sigilo mantido quanto aos dados de operação e despacho e à própria complexidade de operação do sistema integrado. A principal fonte de informação disponível era o Índice de Probabilidade de Racionamento disponibilizado por subsistema, publicada nos Planos Decenais de Expansão (PDE) (ELETROBRÁS, 1999 e 2000). Conforme mostra a figura 2, no PDE 1999-2008 o subsistema S apresentava risco de racionamento similar ao SE/CO e mesmo no ano mais vulnerável (2000) estes riscos ainda estavam na faixa de 7% de ocorrência de um racionamento moderado (5% de redução no consumo). O PDE 2000-2009 já apresenta uma probabilidade muito mais alta (12%) de racionamento no SE/CO e NE. No entanto, por incorporar as chuvas na região Sul em 2000, a região aparece com menor risco<sup>6</sup>. Uma vez que os PDEs são publicados com um ano de atraso, mesmo as firmas

---

<sup>5</sup> O racionamento brasileiro veio a ser popularmente conhecido como “apagão”, apelido cunhado após um pronunciamento do então presidente FCH que foi interpretado como indicativo do uso de desligamentos de carga (blackouts).

<sup>6</sup> Após o racionamento foram encontrados erros na forma de cálculo, que faziam com que o índice de probabilidade de racionamento subestimasse o risco real (CRMSE, 2002). Em resposta, foi proposta uma nova metodologia (Kelman et al., 2007) implementada e divulgada pelo Instituto Acende Brasil ([www.acendebrasil.com.br](http://www.acendebrasil.com.br)).

mais preocupadas com a garantia de oferta elétrica, como as eletro intensivas, não puderam prever a ocorrência e localização geográfica do racionamento em tempo hábil para tomar medidas – tais como realocação e investimentos em geração - que causassem auto-seleção.

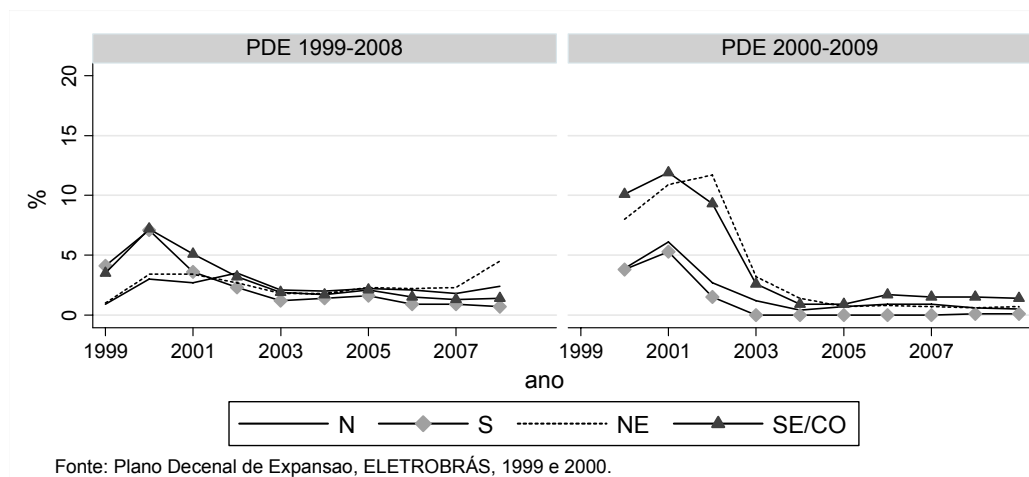


Figura 2: Risco de racionamento por subsistema

Mesmo sem as hipóteses (não testáveis) feitas acima sobre o conjunto de informação dos agentes econômicos, podemos inferir em que medida o episódio foi antecipado com base em ações observáveis das firmas. Caso o racionamento tivesse sido antecipado, as firmas teriam tomado medidas para se salvaguardar dele, tais como comprar geradores, ou explorar as oportunidades de negócio decorrentes dele, tais como comprar ações de firmas produtoras de geradores, que por sua vez expandiriam sua produção antecipando vendas futuras. Dados da empresa WEG (dispostos na figura 3), uma das principais fabricantes de alternadores para grupos geradores do Brasil, mostram que a quantidade produzida subiu acentuadamente apenas após o anúncio do programa, em 15 de maio de 2001<sup>7</sup>. Em consulta informal (por telefone), executivos da empresa relataram que, mesmo com o grande aumento na produção e no preço dos geradores, houve pedidos não atendidos. Portanto, como mostra a série de produção, a empresa não previu o racionamento, pois do contrário teria aumentado os estoques para atender a demanda durante a crise.

<sup>7</sup> A despeito das tentativas junto às empresas, não conseguimos obter dados de produção de outros fabricantes de geradores.

O valor de bolsa da empresa também indica em que medida o racionamento foi antecipado. No dia do anúncio presidencial do programa há um salto positivo de 16,6% no valor da ação da WEG, além de picos no volume e número de negociações, indicando que esta informação não estava integralmente incorporada aos preços do mercado financeiro (figura 3). Os agentes estavam desinformados sobre o racionamento, ou no mínimo incertos se ele de fato ocorreria e quando.

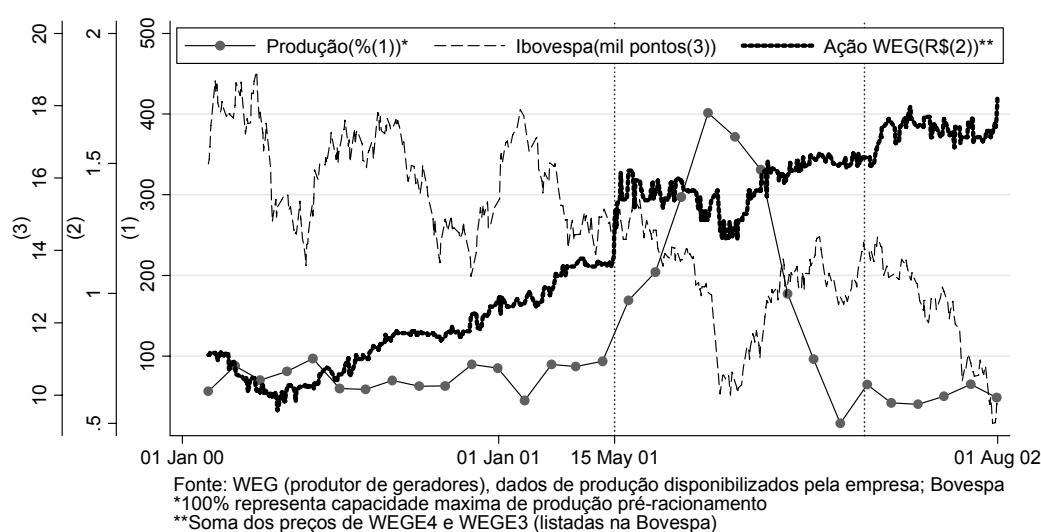


Figura 3: Produção e preço da ação de fabricante de geradores (WEG)

Cabe notar que ao longo de todo o período, o preço da ação da empresa apresenta valorização e menor volatilidade face ao Ibovespa, o que pode indicar que parte dos agentes reconhecia um aumento no risco de racionamento<sup>8</sup>. Entre os técnicos do setor elétrico, relatos anedóticos também mostram que havia consciência do aumento do risco de racionamento. Mesmo que alguns agentes reconhecessem aumento na probabilidade do racionamento, é suficiente para nossa estratégia de identificação que estes não fossem capazes de prever sua localização e o período de ocorrência, que como vimos dependeram fundamentalmente o padrão hídrico.

<sup>8</sup> Não podemos saber se esta tendência se deveu ao racionamento ou a uma tendências idiossincráticas da firma, especialmente porque a produção de geradores não era o produto principal da empresa (tintas). Uma análise de evento completa requererá avaliar as tendências ações de outras firmas que se beneficiaram com o racionamento.



Outra variável que indica que o racionamento não foi antecipado são os índices de popularidade do presidente FHC, que respondem fortemente ao anúncio do racionamento. A figura 4 mostra que a porcentagem de entrevistados avaliando a presidência como “ruim ou péssima” tinha comportamento bastante similar no S, SE e NE nas pesquisas de opinião anteriores ao episódio. O anúncio do programa repercutiu negativamente, aumentando o índice de impopularidade do presidente FHC em aproximadamente 20% nas regiões N e SE, afetadas pelo racionamento, enquanto que a região S manteve a mesma tendência anterior<sup>9</sup>. Estes diferencial de impopularidade é mantido até fim do mandato e teve implicações consideráveis sobre os resultados da eleição<sup>10</sup>. Isso mostra que a sociedade considera a confiabilidade da oferta de energia algo extremamente importante.

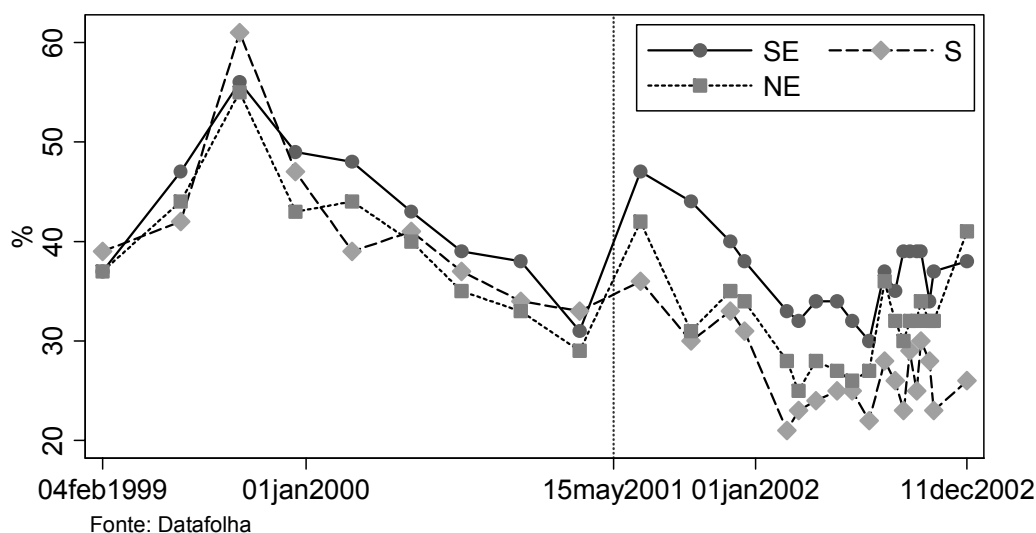


Figura 4: Avaliação do presidente FHC: índice de ruim e péssimo

O programa de racionamento obteve sucesso em atingir as metas de redução. A figura 5 mostra a evolução do consumo de energia por região, considerando como 100% o consumo de maio a julho de 2000 em cada região, usado para estabelecimento das metas do racionamento. Houve redução de

<sup>9</sup> Os dados para as demais respostas (“bom e ótimo” e “regular”) e regiões mostram padrões similares.

<sup>10</sup> Durante a campanha eleitoral o racionamento de energia elétrica foi tomado como exemplo do fracasso do programa de privatização dos governos FHC. Outros comentaristas apontaram a importância do racionamento no resultados das eleições presidenciais de 2002. No entanto, até onde sabemos, somos os primeiros a apresentar evidências (figura 4) deste efeito.

aproximadamente 20% no consumo entre o início e o fim do programa (linhas verticais) nas regiões afetadas, principalmente nos subsistemas SE e CO e NE. Além do choque temporário, o programa propiciou quebra estrutural nas séries de demanda por eletricidade (Schmidt; Lima, 2004 testam esta proposição formalmente), uma vez que nos anos subseqüentes as curvas seguem tendências similares em níveis menores, inclusive nas regiões N e S. Ferreira (2004) usa técnicas de séries temporais para estabelecer previsão contrafactual, isto é, do consumo que teria ocorrido na ausência do racionamento.

Este padrão de redução permanente da demanda por eletricidade em todo país é intrigante, especialmente porque as restrições eram sabidamente passageiras nas áreas racionadas e não havia restrições nas regiões N e S. Intuitivamente, podemos especular que o caráter permanente da redução de demanda nas regiões afetadas pelas restrições do programa terem viabilizado investimentos em eficiência energética que, sabidamente, tem altos custos iniciais (custos fixos de capital ou informação) e baixos custos variáveis (Gillingham et al., 2009)<sup>11</sup>.

A redução nas regiões afetadas, em parte, pode ser atribuída à disseminação das tecnologias descobertas nas regiões afetadas para as regiões não afetadas e há mudança de hábitos decorrente das campanhas públicas de redução do consumo. Esta também pode ser resultado de um aumento na percepção do risco de racionamentos futuros, uma vez que, como vimos, a região só pode evitar o racionamento por chuvas fortuitas. Seja como for, o padrão apresentado na figura 5 apresenta um importante quebra cabeça para ser explicado em pesquisas futuras<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Muitos estudos da área de engenharia mostram que há investimentos em eficiência-energética com taxa de retorno muito alta que não são implementados pelas indústrias (McKane et al., 2007; McKinsey, 2009; UN-Energy, 2009). Gillingham et al. mostram alguns elementos teóricos que poderiam justificar tal situação. No entanto esta parece ser uma área que necessita de maior investigação tanto teórica quanto empírica.

<sup>12</sup> O primeiro passo seria decompor a demanda apresentada no gráfico 5 por tipo de consumidor. Infelizmente não pudemos obter acesso a estes dados.

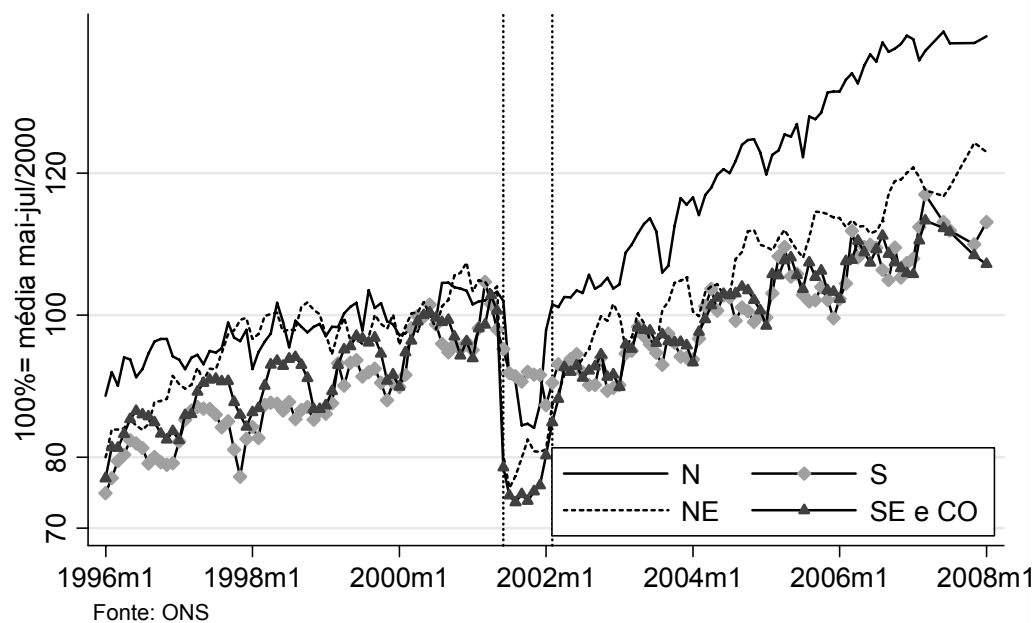


Figura 5: Consumo de Eletricidade por região

Infelizmente a base de dados usada neste estudo não permite identificar quais procedimentos e tecnologias poupadores de eletricidade permitiram esta redução permanente no consumo. Uma interessante continuação do presente estudo seria explorar bases de dados mais detalhadas sobre características dos estoques de capital, hábitos e procedimentos de firmas e famílias. Estas lições do racionamento brasileiro podem ser úteis para a formulação de políticas de redução da intensidade energética do Produto Interno Bruto em decorrência de restrições energéticas, tais como recursos fósseis, e ambientais, tais como a mudança climática.

Na próxima seção, mostraremos formalmente como as firmas foram afetadas pelo racionamento.