

Diversidade sazonal do consumo de energia elétrica no Brasil*

ADILSON DE OLIVEIRA**
GETULIO BORGES DA SILVEIRA**
JULIA DE MEDEIROS BRAGA**

Neste artigo analisa-se a sazonalidade do consumo de energia elétrica no Brasil para o período 1976/97, utilizando-se a técnica de decomposição sazonal não-paramétrica STL, com informações resumidas em gráficos do tipo monthplot. A análise é desagregada para as cinco macrorregiões brasileiras e para as classes de consumo industrial, residencial, comercial, rural e dos setores públicos. Verificou-se a existência de uma forte componente sazonal do consumo que se modificou ao longo do tempo. A conclusão principal é que as diferenças sazonais, tanto regionais como entre classes de consumo, geram oportunidades para substanciais ganhos de eficiência econômica seja através da transferência de oferta entre as diferentes regiões, seja pela formulação de políticas energéticas orientadas para cada classe. Este estudo contribui para a mensuração dessas oportunidades.

1 - Introdução

O consumo de energia elétrica tem a característica de apresentar um marcante movimento sazonal. O estudo desse comportamento é particularmente importante para o planejamento dos investimentos nas redes de transmissão e distribuição pois estes são definidos em função dos picos de consumo, devido à necessidade de ser permanentemente mantido o equilíbrio entre a oferta e a demanda de eletricidade, para garantir a estabilidade elétrica na rede. Além disso, o melhor conhecimento da sazonalidade do consumo permite melhorar a eficiência no uso das águas acumuladas nos reservatórios, resultando em economias significativas para a sociedade e em menores impactos para o meio ambiente.

Para os consumidores, o conhecimento da componente sazonal passa a ser importante no novo mercado elétrico na medida em que o preço da energia no mercado atacadista será, em larga medida, definido pela escassez de oferta para atender ao consumo. É importante notar que a dimensão geográfica do mercado elétrico brasileiro e a diversidade de situações socioeconômicas das regiões induzem

* Os autores agradecem a Juarez Castrillon Lopes as sugestões apresentadas. Qualquer falha encontrada neste trabalho é de inteira responsabilidade dos autores.

** Do Instituto de Economia da UFRJ.

comportamentos sazonais diferenciados, abrindo espaço para estudos econômicos que analisem o *trade-off* entre maior capacidade de transporte e maior capacidade de oferta nos centros de carga.

Muitos estudos, que analisam o consumo de energia elétrica nos mais diversos países, já tiveram a preocupação de modelar a componente sazonal do consumo. Archibald, Finifter e Moody (1982) usam a temperatura como variável explicativa da sazonalidade dos domicílios norte-americanos e deixam que as elasticidades variem de um mês para o outro, através da estimação de uma equação para cada mês. A abordagem, contudo, é de *cross-section*, não levando em conta as características dinâmicas do consumo. Harris e Liu (1993) modelam o consumo residencial de energia elétrica norte-americano diferenciando sazonalmente os dados, para dar conta do comportamento da sazonalidade que não é explicada pela temperatura e pelo preço. Badri *et alii* (1997) modelam o consumo de eletricidade total dos Emirados Árabes com um Arima sazonal multiplicativo, sendo a parte sazonal multiplicativa especificada como uma média móvel dos dados diferenciados sazonalmente. Alguns autores têm como objetivo central a previsão do pico do consumo¹ total de energia elétrica. É o caso, por exemplo, de Nelson (1987), que analisa o dia de pico de cada mês através de modelos-de-espaço de estado. Em Ang, Goh e Liu (1992) a sazonalidade é modelada pela temperatura e por variáveis *dummies* que representam a influência das férias escolares. Beenstock, Goldinje e Nabot (1999) testam a existência de co-integração sazonal do consumo industrial e residencial de Israel com base no procedimento de Engle *et alii* (1993), porém, como não foi encontrada evidência de co-integração, o consumo é modelado com dados diferenciados sazonalmente em ambas as classes. Tserkezos (1992) utiliza o método de função de transferência linear de Liu e Hanssens (1982), diferenciando sazonalmente o consumo e usando a temperatura para explicar a sazonalidade.

Entre os trabalhos que abordam o caso brasileiro está o clássico de Modiano (1984), que trabalha com dados anuais para o consumo residencial, industrial, comercial e outros, não analisando, portanto, os aspectos sazonais do consumo. Mais recentemente, Andrade e Lobão (1997) modelam o consumo residencial brasileiro também com dados anuais. Já Araújo (1992) trabalha com a sazonalidade do consumo industrial, residencial, comercial, rural, dos serviços públicos e do governo através de variáveis *dummies*. Sadownik e Barbosa (1999) usam modelos dinâmicos estruturais, com uma parte sazonal multiplicativa especificada por representações harmônicas para o consumo industrial.

Neste trabalho, diferentemente dos outros autores, focalizamos a questão da sazonalidade do consumo de energia elétrica, com uma análise exaustiva desa-

1 Quando se fala em pico de consumo pode se estar falando de pico anual, mensal e diário. O estudo de cada um destes depende do objetivo do analista (planejamento, políticas de conservação, entre outros). Este trabalho ficou restrito a dados mensais devido à indisponibilidade de séries mais desagregadas temporalmente para um longo horizonte de análise.

gregada por regiões brasileiras e por classes de consumo. Inovamos, assim, ao lançar mão de técnicas que nos permitem uma avaliação não só da sazonalidade representativa do período 1976/97, como, principalmente, compreender suas características dinâmicas.²

O trabalho está dividido em seis seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta a base de dados e a metodologia adotada no estudo. A Seção 3 analisa a amplitude sazonal nas diversas regiões e classes, identificando as complementaridades regionais e setoriais. A Seção 4 estuda o comportamento sazonal das diversas classes de consumo. A Seção 5 dedica-se a estudar o comportamento da sazonalidade nas cinco macrorregiões do país: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A Seção 6 procura compreender o comportamento da sazonalidade do consumo agregado de energia elétrica na economia brasileira. Por último, a Seção 7 apresenta as conclusões do trabalho.

2 - Base de dados e metodologia

Os dados utilizados foram retirados do Sistema Plante-Mercado, que contém séries mensais de consumo de eletricidade de todas as concessionárias brasileiras por classe tarifária.³ O *software* escolhido para tratamento e análise dos dados foi o S-Plus.⁴ A metodologia de decomposição sazonal adotada baseou-se no procedimento denominado Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess (STL), que descrevemos sucintamente mais adiante.⁵ A metodologia STL é utilizada para a decomposição sazonal de séries temporais, sendo essencialmente não-paramétrica. O objetivo principal é gerar componentes de tendência e sazonalidade da série investigada. STL pressupõe como adequada decomposição aditiva da série em estudo nos seguintes termos:

$$X_t = \text{tendência}_t + \text{sazonalidade}_t + \text{irregularidade}_t$$

STL utiliza algoritmo de retroajuste (*backfitting*) conjugado com dois suavizadores — um para a tendência e outro para a sazonalidade — de maneira alternada, sendo o resíduo (ou irregularidade) obtido por diferença ao final do processo. Para o caso de dados com periodicidade mensal, como os que estaremos explorando neste trabalho, o procedimento de suavização da sazonalidade é aplicado

2 Em princípio nossa análise havia ficado restrita ao ano de 1997 — o mais recente disponível na época. Pudemos notar, contudo, comportamentos sazonais inesperados, tendo surgido dúvidas quanto à representatividade desse ano. Resolvemos mostrar neste trabalho somente a análise relativa a todo o período, uma vez que nele está contido o ano de 1997 estudado inicialmente.

3 O Sistema Plante-Mercado é mantido pela Eletrobrás como base estatística para seus estudos de comportamento do mercado elétrico.

4 O S-Plus é um instrumental de tratamento estatístico de base de dados.

5 Para maiores detalhes, ver Cleveland *et alii* (1990).

a 12 subséries, uma para cada mês, derivadas da série original, evoluindo através dos anos. Cada subsérie é suavizada separadamente por uma regressão localmente polinomial do tipo *loess* — *locally weighted regression* —, utilizando o tempo como único preditor. Para cada uma das subséries, o valor suavizado no instante t (ano) é obtido como o valor ajustado de regressão polinomial ponderada utilizando observações numa vizinhança de t . O número de pontos da vizinhança, estipulado pelo modelista, é um dos parâmetros do algoritmo. No nosso caso, adotamos a reta (polinômio de grau 1) como função local. Os coeficientes subjacentes foram estimados por mínimos quadrados ponderados, em que os pesos são definidos por uma função tricúbica, dando maior peso para os pontos referentes a instantes de tempo mais próximo a t . As subséries suavizadas são então novamente agregadas, para a formação da componente sazonal. A remoção da componente de tendência é feita através do suavizador da tendência, que também se constitui na aplicação de *loess*. O algoritmo de *backfitting* alterna entre o suavizador da sazonalidade e o da tendência até a convergência.

Algumas análises preliminares indicaram que a decomposição aditiva para as séries de consumo não seria apropriada. Também como resultado dessas análises obtivemos a decomposição multiplicativa (aditiva nos logs) como adequada. Mais precisamente, todas as decomposições sazonais consideradas neste texto são da seguinte forma:

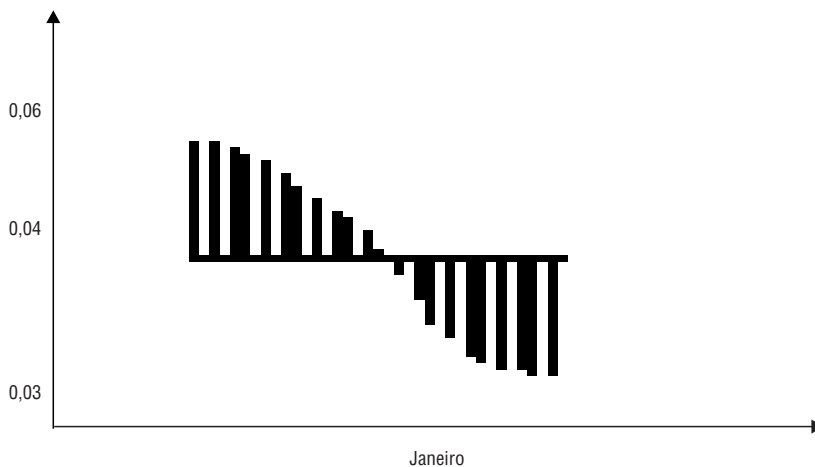
$$\log(\text{consumo}_t) = \log(\text{tendência}_t) + \log(\text{sazonalidade}_t) + \text{irregularidade}_t$$

É importante notar que neste trabalho levaremos em consideração somente a componente sazonal do consumo, sendo portanto retirado o efeito da componente de tendência da série.⁶ Dessa forma, o valor zero (0,0) no eixo das ordenadas dos gráficos mensais que se seguirão corresponde à curva de tendência, em torno da qual a componente sazonal oscila.

Como auxílio à interpretação da evolução das diversas componentes sazonais estimadas utilizamos em várias partes do trabalho gráficos do tipo *monthplot* — *seasonal subseries plot*. Para melhor entendimento dos gráficos *monthplot*, o Gráfico 1 focaliza em apenas um dos meses (janeiro) um caso hipotético, ficando o Gráfico 2 como exemplo de *monthplot* completo. No Gráfico 1, a linha horizontal pode ser interpretada como a média aritmética simples dos valores da componente sazonal (em logs) de todos os janeiros entre 1976 e 1997. No Gráfico 2 apresentamos todos os 12 meses num mesmo gráfico para fins de comparação entre e intrameses. As linhas horizontais que ali aparecem têm interpretação idêntica à do Gráfico 1. Vamos chamar cada uma dessas linhas de “média mensal”

6 Assim, quando falamos do consumo de um mês específico, por exemplo dezembro, estamos nos referindo não ao consumo de fato ocorrido naquele mês, mas somente ao consumo da componente sazonal ocorrido naquele mês.

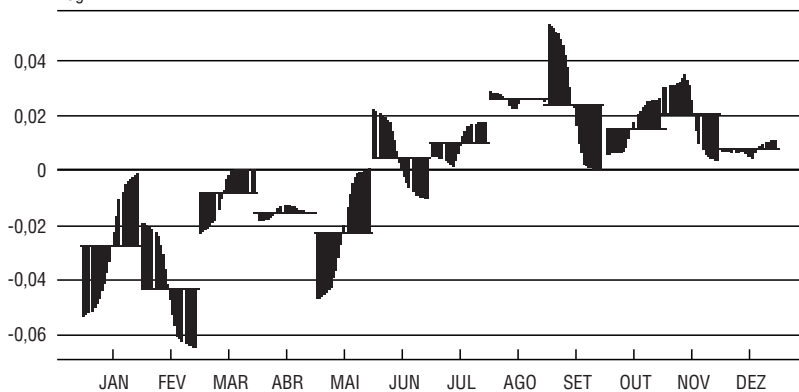
GRÁFICO 1



Obs.: A primeira linha vertical mostra que no ano de 1976 o consumo do mês de janeiro (já sem a tendência) foi cerca de 2% ($0,06 - 0,04$) superior à média mensal dos janeiros do período. No ano de 1997 (última linha vertical) o consumo foi de 1% ($0,04 - 0,03$) inferior a essa média.

GRÁFICO 2

Log



Obs.: Um exemplo de como devem ser interpretados os números ocorre no mês de outubro, em que a linha horizontal apresenta o valor $+0,02$, levando-nos a concluir que a média mensal esteve 2% acima da curva de tendência. Já no mês de fevereiro, o valor foi de $-0,04$, logo a média mensal esteve 4% abaixo da curva de tendência.

de determinado mês; assim, a primeira linha horizontal é a média mensal de janeiro, a segunda é a média mensal de fevereiro, e assim sucessivamente até a última linha, que é a média mensal de dezembro. Já as linhas verticais correspondem às diferenças em relação a essa média ocorridas nos diversos anos da série. Essas diferenças são apresentadas de forma sucessiva, da esquerda para a direita.

É importante frisar que a componente sazonal não é fixa ao longo dos anos. No Gráfico 1 esse fato é evidenciado pela evolução das linhas verticais para um mês específico qualquer. Para um ano específico, a componente sazonal pode ser identificada pelas linhas verticais (uma para cada mês) a ele referentes.⁷ Podemos definir assim a sazonalidade média para o período 1976/97 como a seqüência formada pelas médias mensais. Dessa forma, os gráficos mensais oferecem ao mesmo tempo uma fotografia da *sazonalidade média* e um filme da evolução da componente sazonal do consumo ao longo dos anos. Refrisamos aqui o fato de a sazonalidade ter sido modelada de forma multiplicativa. Portanto, os valores no eixo das ordenadas estão em escala logarítmica, podendo ser interpretados como variações percentuais (a menos de um fator de 100).

Nossa análise foi feita para as diversas classes de consumo (industrial, residencial, comercial, rural, poderes públicos, iluminação pública, serviços públicos e o total de todas as classes)⁸ para cada uma das cinco grandes regiões do Brasil (Norte, Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste) e para todo o país. A desagregação por classes se impõe pelo fato conhecido de dinâmicas diferenciadas para as diversas classes de consumidores. A sazonalidade do consumo total é resultado da influência de cada uma dessas classes. A desagregação por região permite captar diferenças regionais causadas pelo clima, pelos hábitos de consumo, pelo desenvolvimento industrial, pelo nível de renda da população, entre outros. Esse tipo de desagregação é essencial devido às proporções continentais do país e à substancial diversidade de situações regionais.

Com essa cobertura pretende-se, através de comparações, identificar comportamentos idiossincráticos, visando explicar o consumo brasileiro como uma agregação de comportamentos regionais e hábitos de grupos diferentes de consumidores. Nosso foco de análise será nos picos e vales do consumo, buscando identificar a “amplitude média” da sazonalidade, bem como sua evolução no tempo.

3 - Amplitude sazonal média

A amplitude sazonal de um ano é definida como a diferença entre o maior e o menor consumo mensal daquele ano. Nesta seção vamos analisar o que chamamos

7 Por exemplo, a primeira linha vertical de cada mês representa a sazonalidade do ano 1976.

8 As definições de cada classe de consumo, com as principais cargas subjacentes, podem ser encontradas no Anexo.

de “amplitude sazonal média”, que definimos como a diferença entre a maior e a menor média mensal do gráfico *monthplot*.

A Tabela 1 informa a amplitude média identificada a partir da série histórica de consumo do Plante no período 1976/97. Podemos notar que o setor rural (essencialmente irrigação) se caracteriza por uma amplitude média regional muito elevada, superior a 25%, chegando a 50% no caso da região Sul do país.

É importante notar que a amplitude média do consumo rural brasileiro é menor que a de cada região individualmente, situação que indica ocorrerem os picos e vales regionais em épocas distintas do ano. Assim, o pico do consumo rural da região Sul ocorre no vale do consumo rural do Sudeste. Essa situação indica claramente a oportunidade de significativos ganhos econômicos da interconexão das duas regiões, pela transferência de energia de uma região para outra e, conseqüentemente, melhor utilização da capacidade instalada de geração.

Esse fenômeno ocorre também nas demais classes de consumidores, ainda que com menor intensidade, indicando a importância das interligações dos mercados regionais para a melhoria da eficiência econômica do sistema elétrico brasileiro.

As menores amplitudes ocorrem no caso da iluminação pública, sugerindo que não existe grande diferença no número de horas em que os postes de iluminação ficam acesos ao longo do ano, com exceção da região Sudeste. Esse último resultado é surpreendente, pois era de se esperar uma amplitude maior na região Sul, onde os períodos de iluminação natural são muito mais longos no verão que no inverno. Na verdade, esse resultado é fruto do sistema adotado para mensurar o consumo da classe iluminação pública, pois de fato o consumo dessa classe é uma estimativa feita com base no número fixo de horas que cada poste deve permanecer aceso.

TABELA 1

Amplitude sazonal média do consumo de energia elétrica

(Em %)

	Total	Industrial	Residencial	Comercial	Rural	Poderes públicos	Iluminação pública	Serviços públicos
Brasil	4	8	9,5	14	18	8	6	8
Sudeste	6	10	10	15,5	25	11	9	8,5
Sul	5	15	12	16,5	50	12,5	3,5	15
Nordeste	5	5,5	12	13	35	10	2	7
Norte	7	7	10	11	14	15	1,7	10
Centro-Oeste	7	13	7	10	40	10	4	8

FONTE: Elaboração própria.

No setor industrial, as amplitudes sazonais do eixo Sul-Sudeste-Centro-Oeste são bem maiores do que as do eixo Norte-Nordeste. Esse resultado pode ser explicado pela estrutura do parque industrial de cada macrorregião. Assim, no Norte-Nordeste o parque industrial é em grande parte constituído de indústrias intensivas em energia que trabalham em regime contínuo. É compreensível, portanto, que sua amplitude seja menor do que a da macrorregião Sul, onde boa parte do parque industrial produz bens cujo consumo se concentra na segunda metade do ano.

Notamos certa similaridade nas amplitudes das regiões nos setores residencial e comercial, revelando que nesses dois setores o fator explicativo dominante é a variação de temperatura ao longo do ano. Assim, a maior amplitude ocorre na região Sul e a menor na região Centro-Oeste.

A leitura da Tabela 1 pode também ser feita por intermédio das linhas. Nesse caso, podemos notar uma forte disparidade nas amplitudes setoriais, principalmente na região Sul. Em todas as regiões, pode-se notar que as amplitudes setoriais são significativamente superiores à amplitude regional, sendo notável a proximidade das amplitudes regionais (entre 5% e 7% apenas). É também importante destacar que a amplitude do total do Brasil (4%) é menor do que a amplitude das regiões em separado. Essa amplitude sazonal média, apesar de relativamente pequena em valores percentuais, é significativa em termos de capacidade instalada necessária para atender ao excesso de consumo em relação à curva de tendência.

4 - Sazonalidade setorial

4.1 - Setor industrial

O comportamento sazonal industrial de todas as regiões (Gráficos 3A, 3B e 3C) sugere que o parque industrial brasileiro aumenta o seu consumo de eletricidade na primavera, como mecanismo de preparação dos estoques necessários para o período natalino. No caso da trajetória sazonal média do consumo brasileiro como um todo, é notável a semelhança com a trajetória da região Sudeste, onde se encontram instalados cerca de 60% do parque industrial brasileiro.⁹ O vale ocorre claramente nos meses de verão e o consumo cresce no outono e inverno para atingir seu pico na primavera.¹⁰

As curvas sazonais vêm sofrendo mudanças significativas em seu formato, ao longo do período 1976/97, em todas as regiões, com exceção do Sudeste. Nas regiões Sul e Centro-Oeste, nota-se um substancial aumento da amplitude, sobretudo

⁹ Esse dado refere-se à participação regional do PIB da indústria de transformação em relação ao nacional.

¹⁰ A queda no consumo no mês de outubro é surpreendente. Uma explicação possível para esse resultado pode ser o regime de medição e faturamento.

GRÁFICO 3A

Componente sazonal do consumo industrial

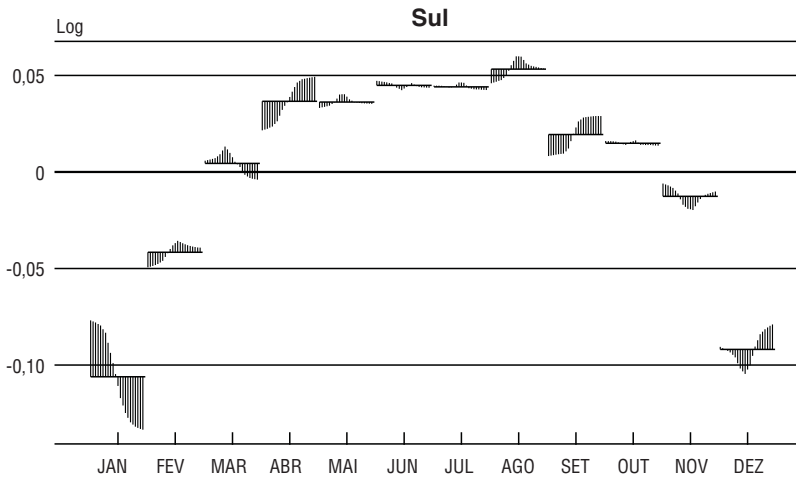
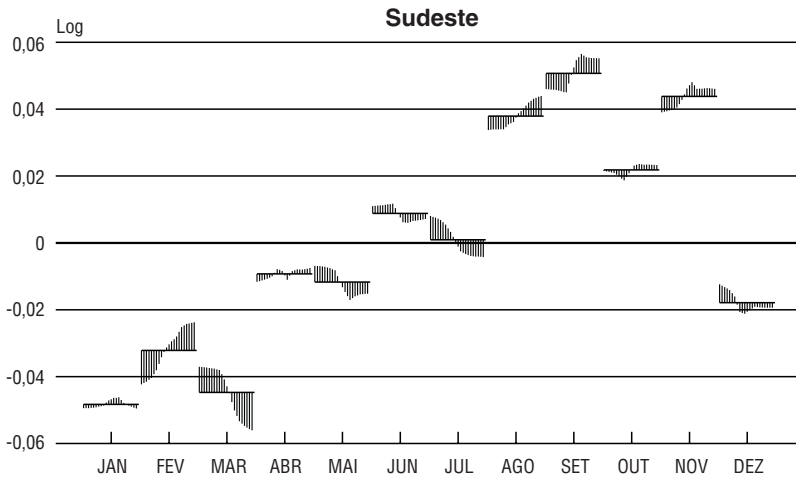


GRÁFICO 3B

Componente sazonal do consumo industrial

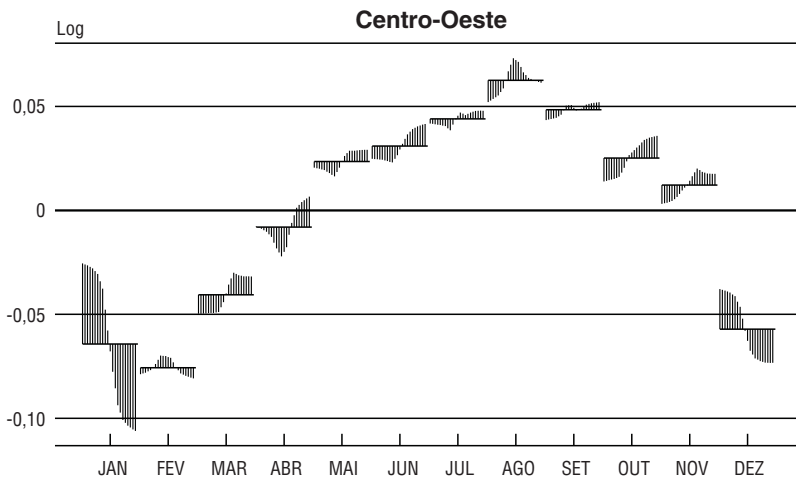
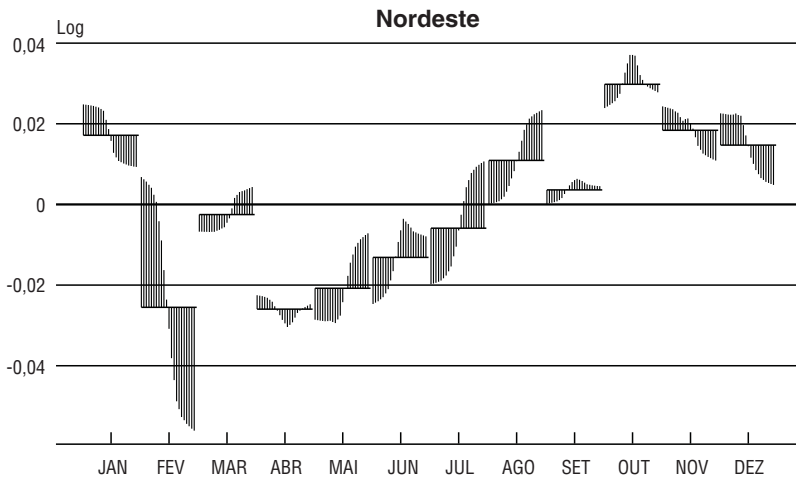
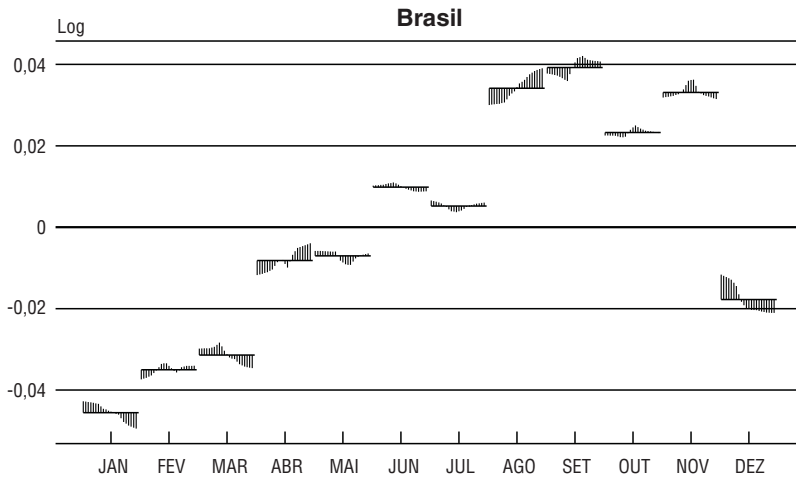
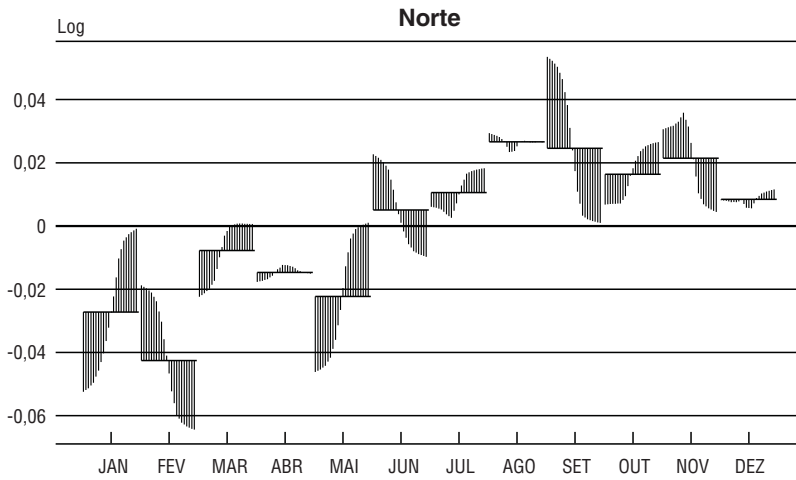


GRÁFICO 3C

Componente sazonal do consumo industrial



pelo fato de o consumo do mês de janeiro ter declinado continuamente em todo o período. No Norte e Nordeste, nota-se uma forte mudança no formato da sazonalidade, fruto da expansão da produção de eletrointensivos em meados da década de 80. Como resultado desse processo, as sazonalidades têm mostrado dinâmicas não muito claras, sendo notável a queda brutal do consumo no vale (mês de fevereiro) da região Nordeste.

Essas mudanças em cada região afetaram o comportamento da sazonalidade brasileira ao longo do tempo no sentido de ter sua amplitude aumentada. Os movimentos foram mais fortes nos meses de janeiro, abril, agosto e dezembro, sugerindo a necessidade de ser mais bem estudada a influência de políticas empresariais, tais como o hábito de oferecer férias coletivas no período de festas de fim de ano, nesses comportamentos.

Podemos concluir que são dois os fatores que determinam a sazonalidade neste setor: *a*) a variação da produção industrial ao longo do ano; e *b*) a estrutura do parque industrial. As diferenças regionais são fruto da organização espacial do parque industrial brasileiro. Assim, a introdução de grandes indústrias eletrointensivas no Norte e no Nordeste nos anos 80 causou grandes mudanças nas suas sazonalidades industriais. Por outro lado, a reestruturação do parque industrial brasileiro, com a abertura comercial dos anos 90 e mudança de estratégia de política econômica, fez com que essas indústrias eletrointensivas, que trabalham em regime contínuo, perdessem espaço no PIB industrial, provocando o aumento da participação das indústrias que produzem bens finais, mais sujeitos aos movimentos de consumo do comércio. Esse movimento induziu o aumento da amplitude sazonal do consumo industrial brasileiro nos últimos anos.

4.2 - Setor comercial

As curvas do consumo comercial de todas as regiões (Gráficos 4A, 4B e 4C) apresentam em comum a característica do consumo superior à curva de tendência no período novembro/janeiro. A partir daí, o consumo declina para atingir o vale em junho/agosto na maioria das regiões, com exceção da região Norte, onde o vale ocorre no mês de março.¹¹ Todas as regiões, com exceção novamente da região Centro-Oeste, apresentam curvas de sazonalidade média suaves, com mudanças contínuas de um mês para o outro, sem muitas oscilações.

11 O pico de consumo é alcançado no mês de janeiro nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Esse fenômeno é explicado em parte pela forma como o consumo é faturado. De fato, como está explicado na Portaria 222, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), as concessionárias medem os relógios de cada consumidor de 30 em 30 dias. Assim, os anotadores distribuem suas visitas ao longo do mês. Portanto, boa parte do consumo que é contabilizado em um mês foi, na verdade, do mês anterior.

GRÁFICO 4A

Componente sazonal do consumo comercial

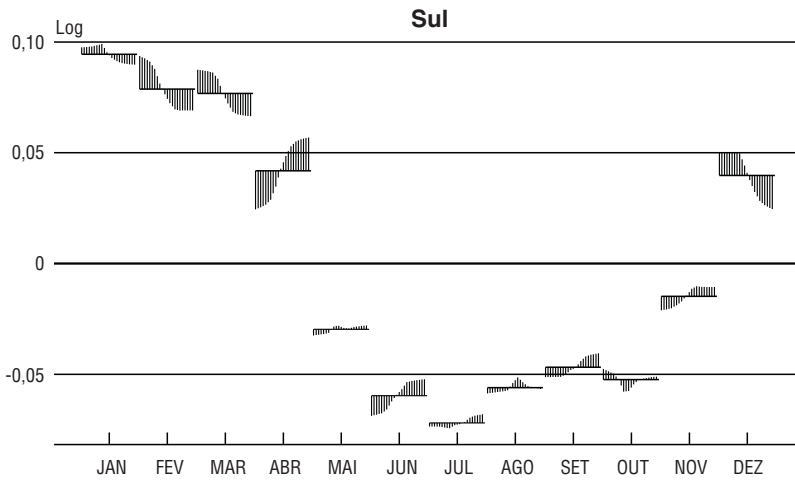
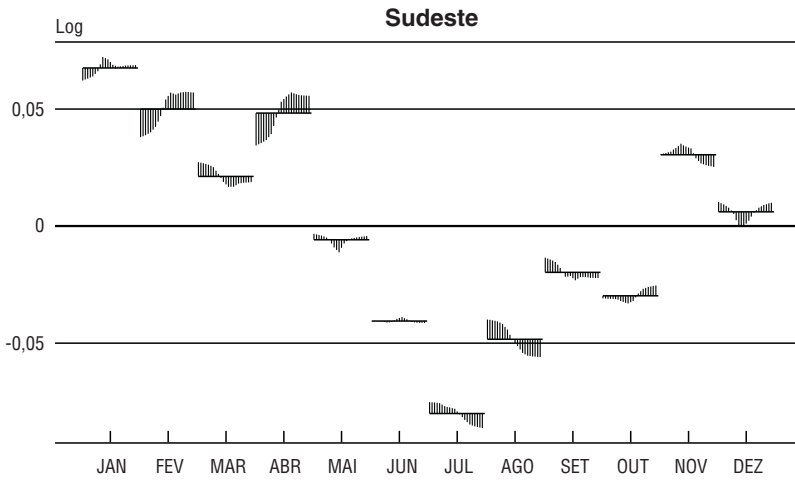


GRÁFICO 4B

Componente sazonal do consumo comercial

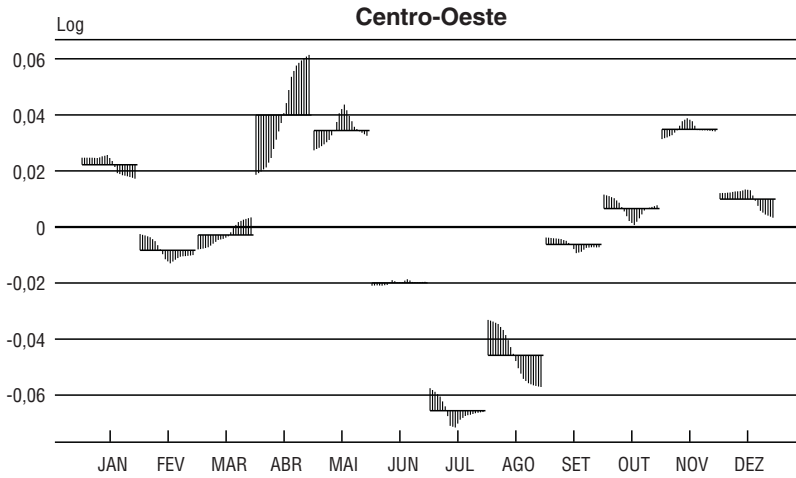
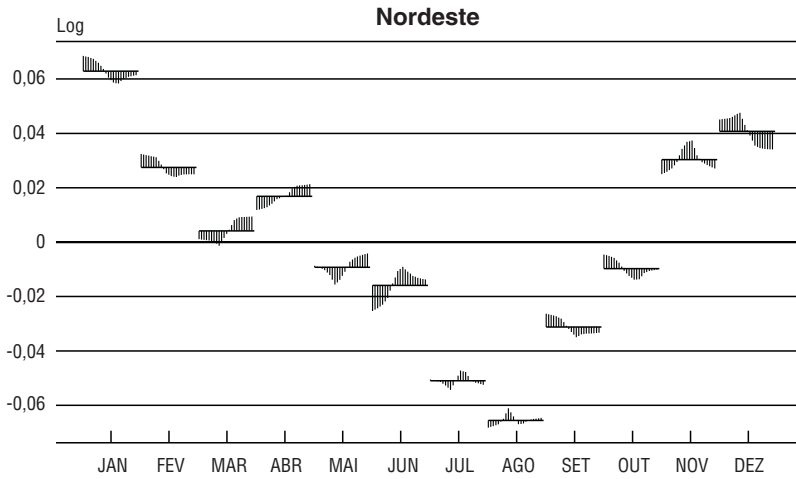
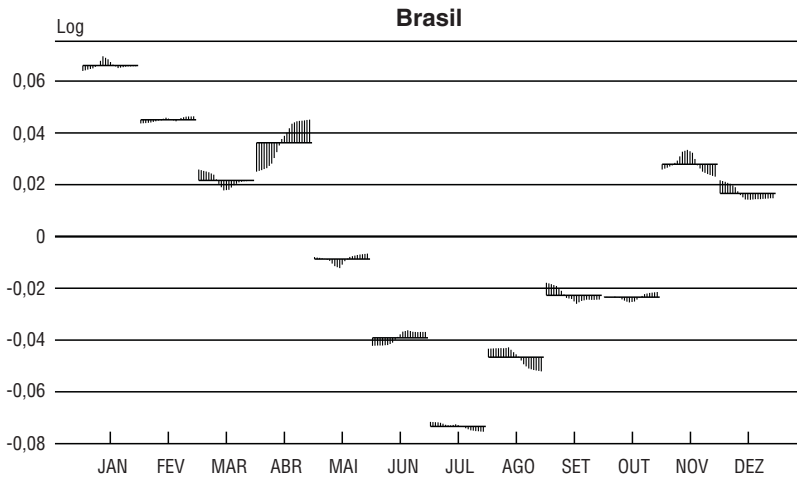
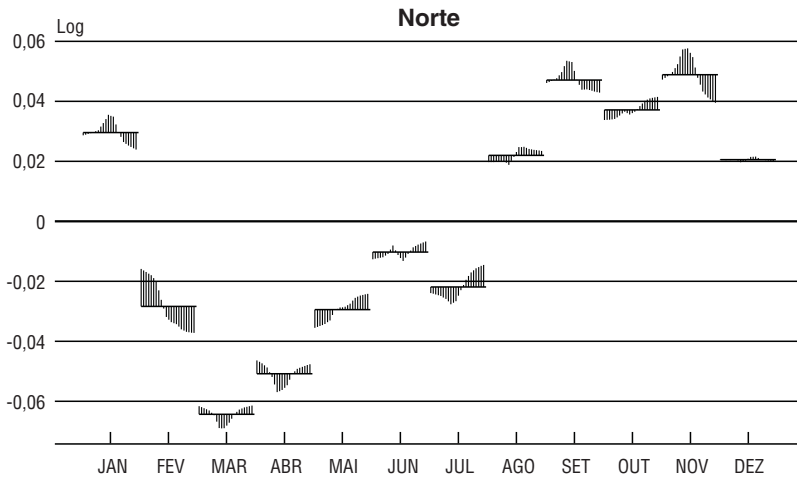


GRÁFICO 4C

Componente sazonal do consumo comercial



Assim como no caso industrial, a sazonalidade média do setor comercial brasileiro é muito parecida com a da região Sudeste, sendo janeiro e julho os meses de pico e vale, respectivamente. Podemos notar que, enquanto a sazonalidade do setor industrial tem pico no período agosto/outubro, no comércio os maiores consumos se dão nos meses subsequentes (novembro a fevereiro), sendo, contudo, a amplitude sazonal média comercial bem maior do que a industrial.

As curvas regionais se alteraram ao longo dos anos, embora não de maneira muito intensa, a não ser na região Centro-Oeste, onde a mudança no consumo de abril redesenhou o formato da sazonalidade. Como resultado, a curva brasileira manteve uma certa estabilidade ao longo do tempo, notando-se apenas no mês de abril um aumento do consumo em relação à média mensal.

As evidências mostram que são duas as variáveis explicativas principais da sazonalidade média comercial: a temperatura e a atividade econômica. Essas duas causas se reforçam no sentido de fazer com que o consumo seja maior no verão, devido tanto às maiores temperaturas quanto às festas de final de ano, às férias e ao turismo, e menor no inverno, pelas menores temperaturas e diminuição da atividade econômica.

4.3 - Setor residencial

A sazonalidade do setor residencial (Gráficos 5A, 5B e 5C) tem como característica geral o fato de ter consumos maiores no verão e menores no inverno. No Norte, contudo, o vale ocorre no mês de março, devido ao período de chuvas que provoca a diminuição da temperatura da região. No Sul, o consumo de janeiro se destaca fortemente dos demais meses, permanecendo cerca de 10% acima do consumo médio anual. Podemos notar ainda que os meses frios se situam por volta de apenas 2% abaixo da curva de tendência, o que faz ficar muito próximo do consumo dos outros meses, com exceção de janeiro. Por outro lado, alguns comportamentos, aparentemente não-compreensíveis, estão provavelmente relacionados à forma como o consumo é faturado, como por exemplo os consumos abaixo da curva de tendência dos meses de fevereiro e março do Centro-Oeste. Outro caso de difícil interpretação é o mês de dezembro no Sudeste, cujo consumo se situa 3% abaixo da curva de tendência enquanto nos meses de novembro e janeiro o consumo se encontra cerca de 2% e 5%, respectivamente, acima da curva de tendência. Uma análise mais desagregada dessa região deve ajudar a elucidar esse comportamento.

Fica bastante claro que a sazonalidade da região Sudeste é determinante no formato da curva brasileira. Além disso, nota-se um comportamento da sazonalidade média brasileira próximo do comportamento do setor comercial, com a diferença de que o pico do consumo, apesar de ocorrer no mês de janeiro, destaca-se

GRÁFICO 5A

Componente sazonal do consumo residencial

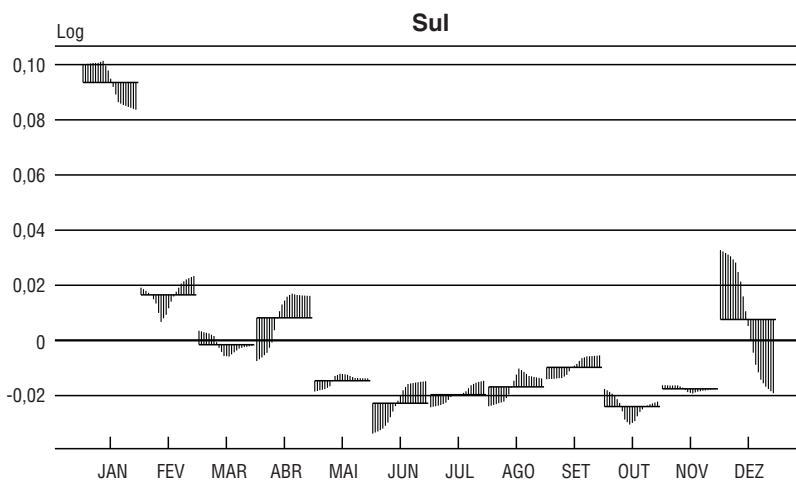
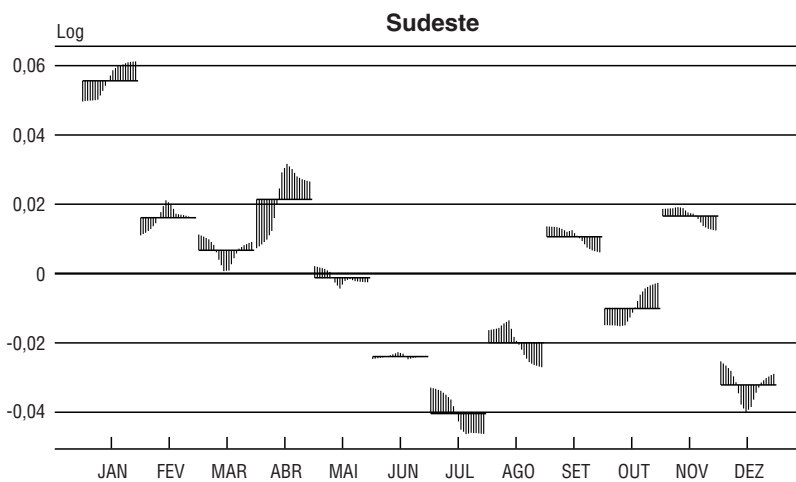


GRÁFICO 5B

Componente sazonal do consumo residencial

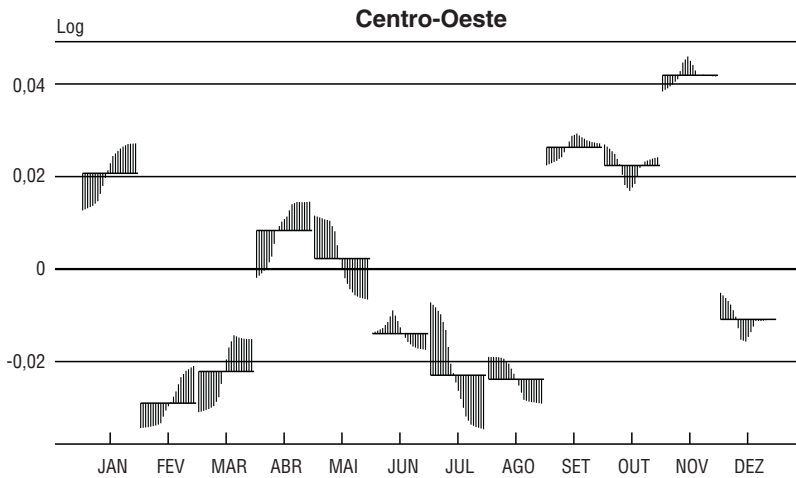
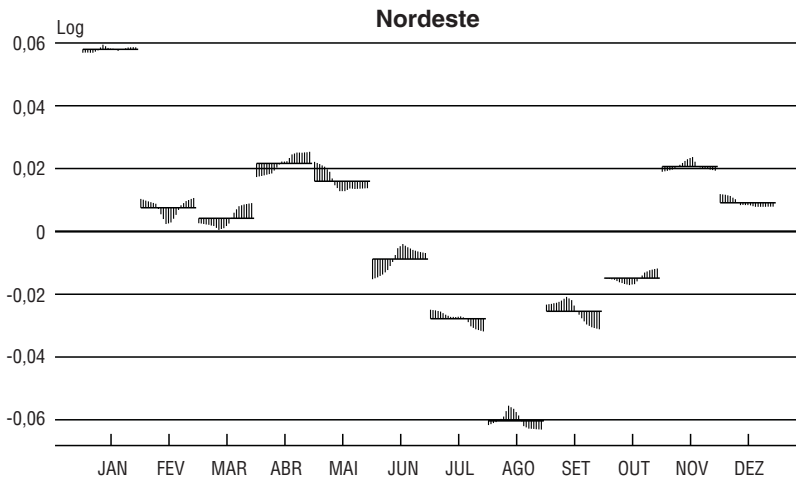
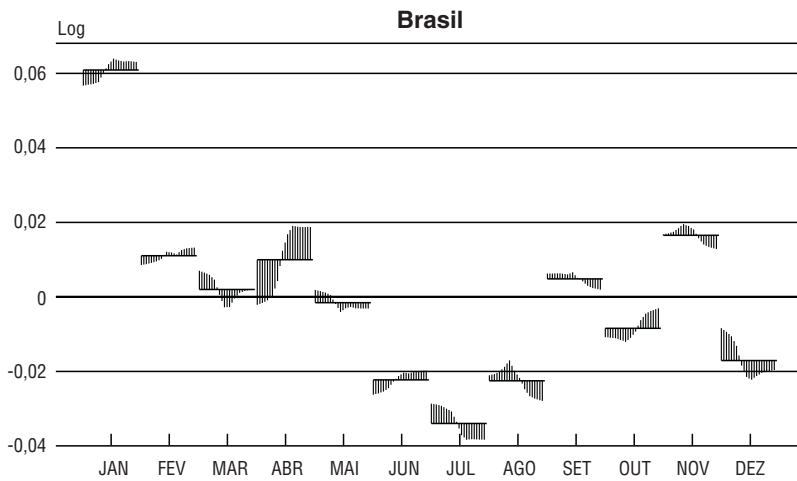
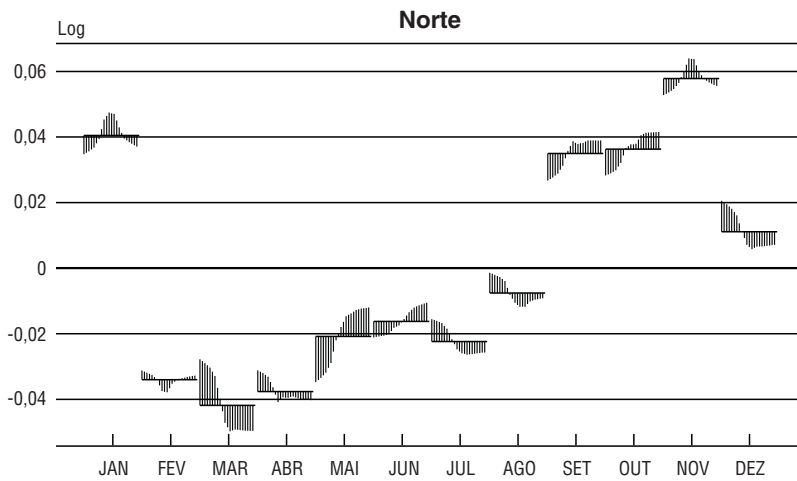


GRÁFICO 5C

Componente sazonal do consumo residencial



claramente do consumo dos demais meses.¹² Não obstante, neste setor, ao contrário do que ocorre no comercial, é pouco provável que exista a influência da atividade econômica no comportamento sazonal.

Em relação à dinâmica, é notável o fato de a sazonalidade na região Nordeste ter permanecido estável ao longo de todo o período estudado, contrastando com o que ocorre nas outras regiões, como por exemplo no Sul, onde o consumo no mês de dezembro caiu brutalmente. É interessante notar o discreto aumento da amplitude do consumo no Sudeste, fruto, possivelmente, da difusão do uso de climatizadores, principalmente nos grupos sociais de maior renda.¹³

Apesar das alterações das sazonalidades das regiões Sul, Norte e Centro-Oeste, a relativa estabilidade da curva do Nordeste e principalmente do Sudeste redundou em pouca alteração da curva brasileira. Isso não impediu, contudo, o fato de a amplitude da curva no Brasil estar aumentando paulatinamente. As evidências sugerem que esse aumento é causado principalmente pela difusão do uso de aparelhos de ar condicionado na região Sudeste.

Finalmente pudemos verificar também que o baixo consumo residencial brasileiro no mês de dezembro é explicado pelo consumo da região Sudeste. A diminuição ao longo do período analisado do consumo residencial brasileiro neste mês, contudo, parece estar sendo induzida pela forte queda na região Sul, já que no Sudeste esse consumo até cresceu nos últimos anos.

As evidências sugerem que as diferenças no formato da sazonalidade regionais dessa classe são advindas principalmente da diversidade climática brasileira, principalmente no que tange à temperatura.¹⁴ Assim, podemos concluir que o entendimento da sazonalidade brasileira passa principalmente pelo comportamento da temperatura das regiões onde se concentra a população urbana. É importante notar, contudo, que o impacto da temperatura sobre o consumo de energia elétrica não é simétrico e provavelmente não é homogêneo. Isso porque são as temperaturas mais extremas que afetam o consumo. De maneira estilizada podemos dizer que, por um lado, para determinada faixa de temperatura, relativamente quente, temperatura e consumo estão positivamente correlacionados pela ação de aparelhos de ar condicionado e ventiladores, entre outros. Por outro lado, para uma faixa de temperaturas baixas, essas variáveis devem estar negativamente

12 Esse pico exagerado merece ser mais bem estudado. Uma possível explicação seria o fato de a leitura do consumo ser realizada na segunda metade do mês de dezembro e faturada no mês de janeiro. Esse fator, porém, parece não ser suficiente para explicar o comportamento excepcional dos meses de janeiro.

13 Essa hipótese também é levantada por outros autores. Por exemplo, Ang, Goh e Liu (1992) concluíram de suas análises que a amplitude sazonal do consumo residencial de Cingapura irá aumentar no futuro devido ao maior uso de aparelhos de ar condicionado.

14 Essa não deve ser entendida como a única variável explicativa do movimento sazonal residencial. Como apontam Harris e Liu (1993), a temperatura não é suficiente para explicar a forte sazonalidade do consumo residencial no caso norte-americano: "Other factors such as the impact of school vacation, daylight saving time, and Christmas lighting in December may also contribute to seasonal pattern of electricity consumption."

correlacionadas, devido ao efeito de aquecedores e chuveiros elétricos. Dessa forma, outros aspectos, além da variação de temperatura, devem ser levados em conta como, por exemplo, a faixa de temperatura em que se encontra uma região. No caso do Norte, apesar de a variação da temperatura ao longo de um ano não ser tão intensa quanto nas outras regiões, podemos notar que a temperatura se situa numa faixa relativamente elevada, pela caracterização de clima predominantemente equatorial, com exceção do norte do Pará e em Rondônia, onde é tropical. Já no Sul, o fato de nos meses de inverno não haver uma queda expressiva no consumo, como acontece nas outras regiões, se dá pela influência do uso de aquecedores e chuveiros elétricos.

4.4 - Setor rural

No setor rural (Gráficos 6A, 6B e 6C), as sazonalidades médias do Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte são parecidas, no sentido de que os consumos do primeiro semestre são menores do que os do segundo. Na região Sul acontece justamente o oposto, sendo o consumo acima da curva de tendência no primeiro semestre e abaixo no segundo. A forma da componente sazonal média brasileira é uma mistura desses dois casos.

O uso de eletricidade nesse setor advém basicamente das atividades de irrigação. Assim, podemos concluir que a variável explicativa da sazonalidade de cada região é o comportamento das chuvas ao longo do ano. Do mesmo modo que na região Sul, o consumo do setor rural brasileiro tem um pico bem definido nos meses de janeiro e fevereiro. A diferença é que no Brasil este se situa 10% acima da curva de tendência enquanto no Sul está 35% acima da média. Existem também dois vales bastante nítidos nos meses de abril e maio.

Apesar de ser a única região com comportamento diferente, o Sul tem grande influência no formato da sazonalidade do consumo rural brasileiro. Isso acontece devido não só à forte participação do consumo rural dessa região no consumo rural brasileiro (Tabela 2), como também pela sua grande amplitude sazonal média (50%). Assim, essa classe é uma exceção à regra, já que o seu comportamento sazonal não é ditado pelo Sudeste.

A amplitude sazonal aumentou no Sudeste e Centro-Oeste. No Sul, as variações sofridas ano após ano não transformaram significativamente o formato da curva sazonal média. No Nordeste, o pico tem aumentado em relação à média mensal, porém o vale também aumentou, o que fez com que a amplitude ficasse praticamente constante. No Norte, notam-se variações mais intensas do que nas outras regiões, no sentido de diminuir a amplitude sazonal no período. Finalmente, esses movimentos regionais resultaram em uma redução da amplitude sazonal brasileira.

GRÁFICO 6A

Componente sazonal do consumo rural

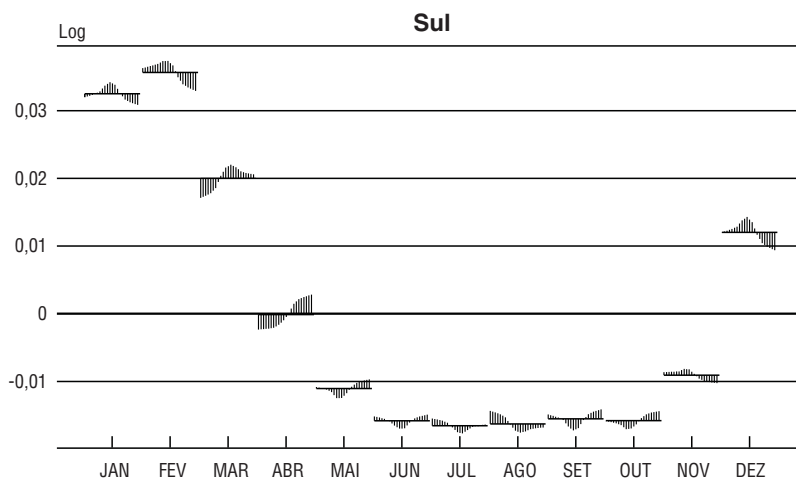
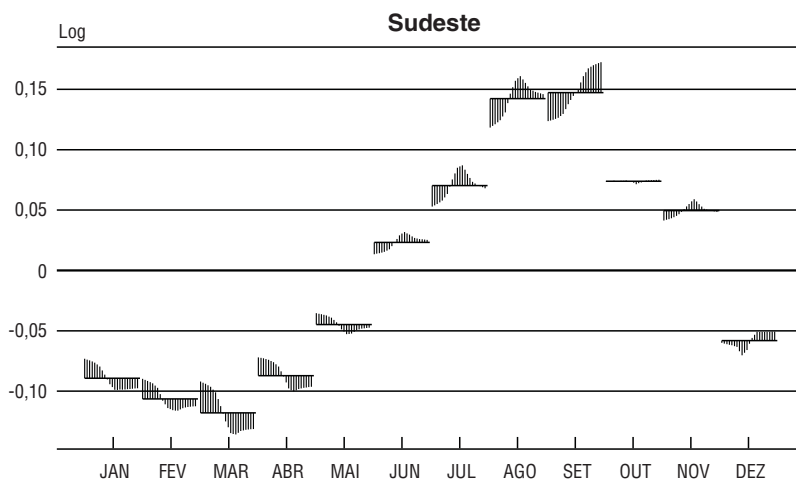


GRÁFICO 6B

Componente sazonal do consumo rural

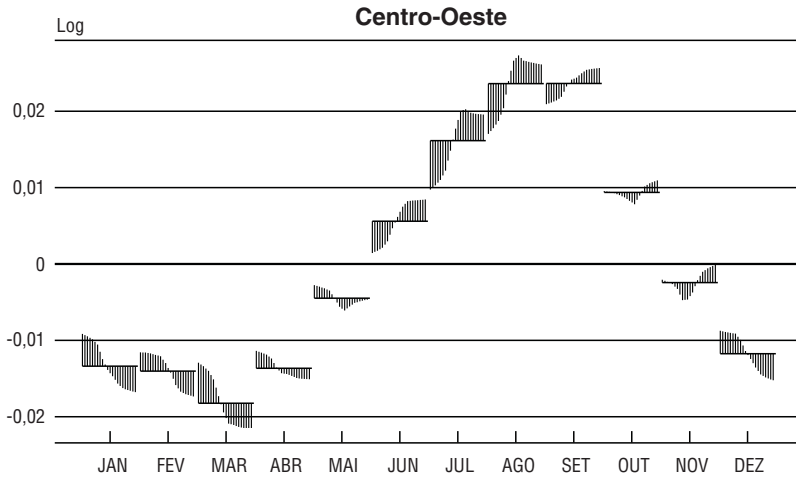
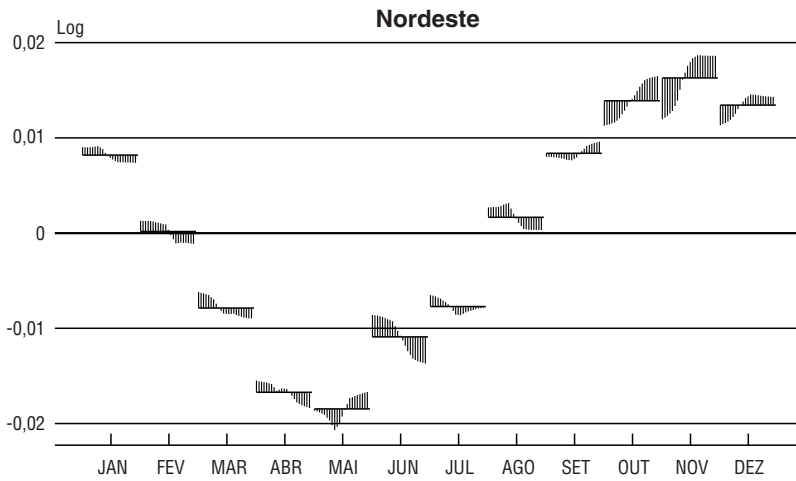


GRÁFICO 6C

Componente sazonal do consumo rural

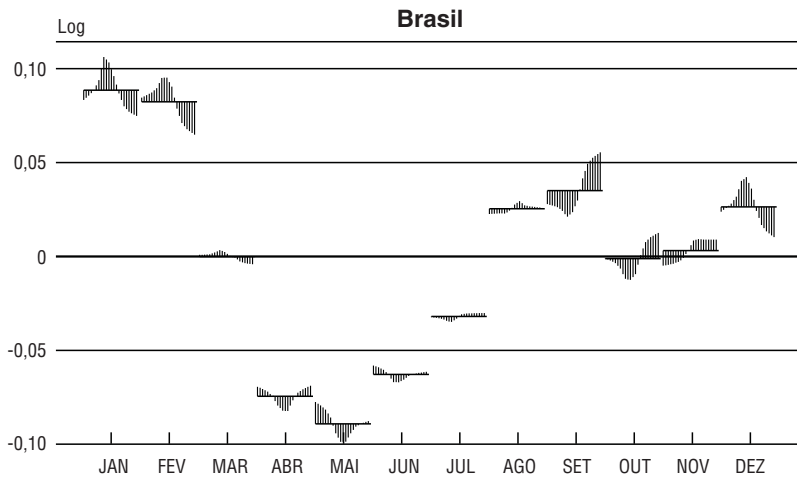
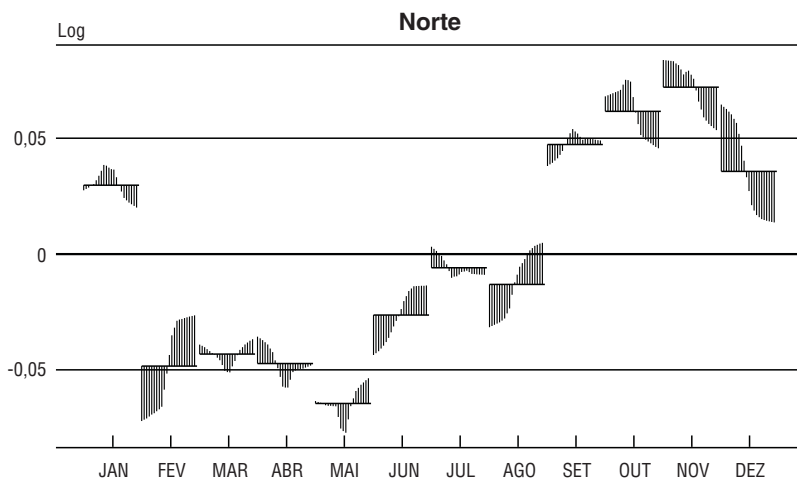


TABELA 2

Participação no consumo brasileiro — setor rural

(Em %)

Anos	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte
1976	60,6	25,9	12,2	1,3	0,0
1985	44,6	40,1	10,9	4,2	0,2
1997	40,9	35,2	14,8	8,1	0,9

FONTE: Elaboração própria.

4.5 - Setor público

4.5.1 - Poderes públicos

Nos poderes públicos (Gráficos 7A, 7B e 7C), o comportamento da sazonalidade média de todas as regiões, com exceção da região Sul, é aparentemente pouco compreensível. A região Sul é a única que apresenta uma curva sazonal média relativamente suave, sem oscilações frequentes. No Centro-Oeste, os consumos médios menores nos meses de janeiro, fevereiro e julho talvez sejam explicados pelo período de férias. No Nordeste, o comportamento da sazonalidade média pode ser explicado em parte pelas variações de temperatura ao longo do ano. Além disso, pode-se notar que as curvas sazonais modificaram-se bastante ao longo do período 1976/97.

O comportamento muito oscilatório da sazonalidade média dos poderes públicos na maioria das regiões redundou na dificuldade de análise no caso brasileiro, cuja sazonalidade apresenta algumas mudanças bruscas de um mês para o outro como, por exemplo, as que acontecem de janeiro para fevereiro e de março para abril. O pico sazonal médio acontece no mês de novembro e o vale no mês de fevereiro. Pode-se notar na maioria dos meses uma contínua mudança de comportamento em relação ao consumo médio mensal, o que causou um deslocamento do pico do mês de setembro para o mês de novembro ao longo dos anos.

4.5.2 - Iluminação pública

No caso da iluminação pública (Gráficos 8A, 8B e 8C), no Sul e no Sudeste o consumo aumenta nas estações outono e inverno e diminui na primavera e no verão. Apesar de a sazonalidade média ter um formato bem definido e explicável, a brutal diminuição da amplitude sazonal fez com que a componente sazonal praticamente desaparecesse com o passar dos anos. Por outro lado, no Norte, Nordeste

GRÁFICO 7A

Componente sazonal do consumo dos poderes públicos

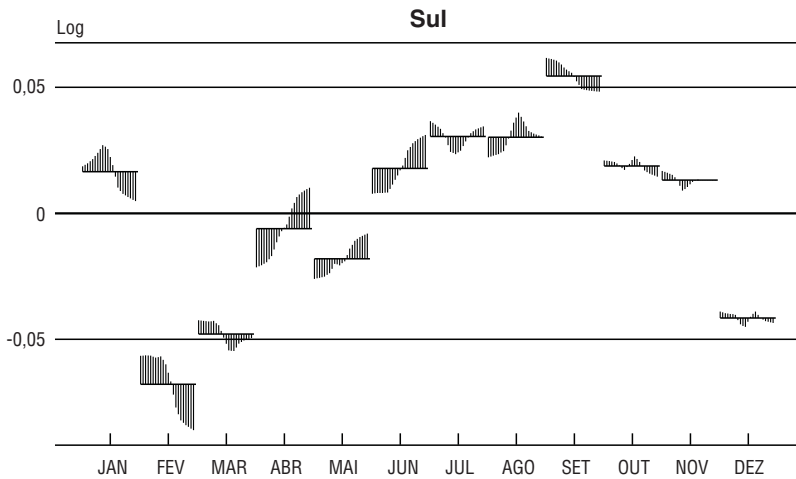
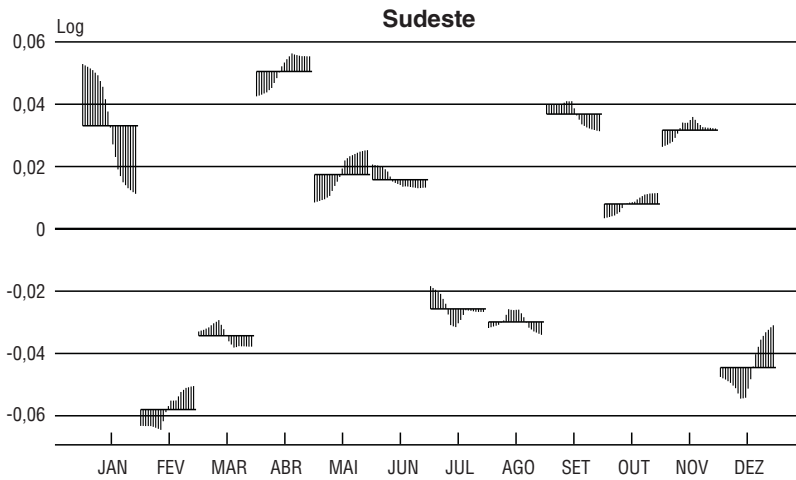


GRÁFICO 7B

Componente sazonal do consumo dos poderes públicos

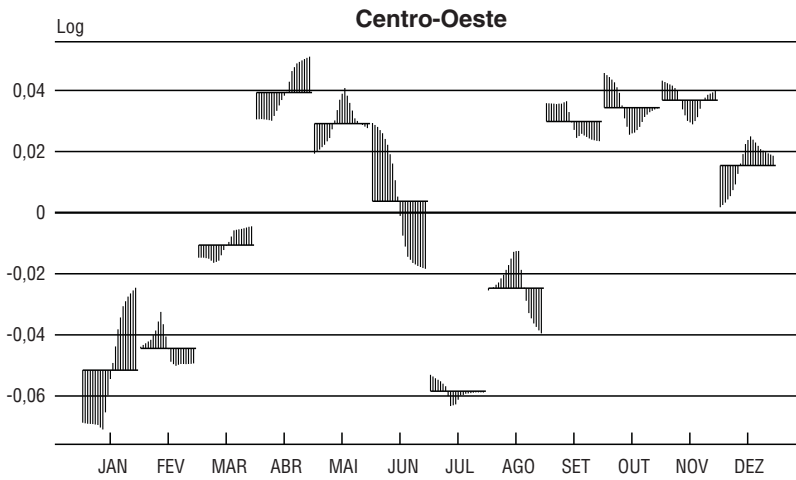
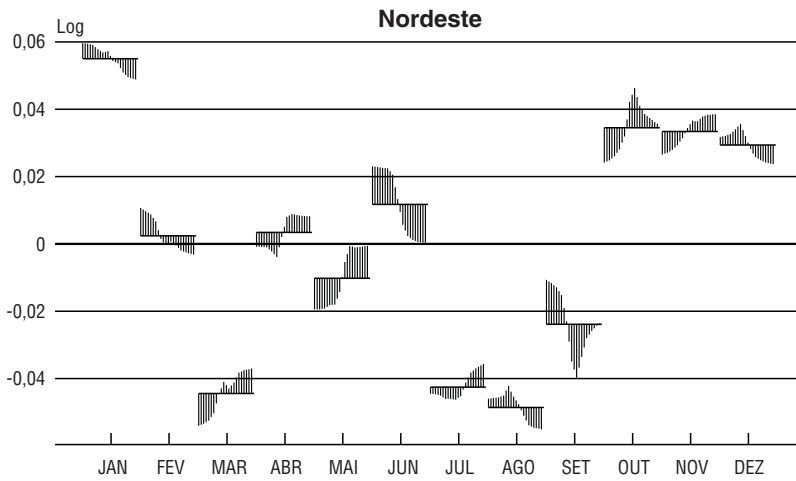


GRÁFICO 7C

Componente sazonal do consumo dos poderes públicos

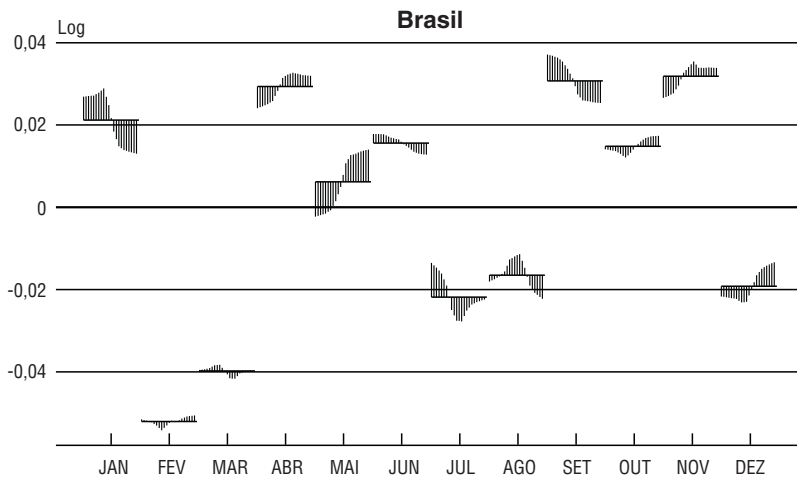
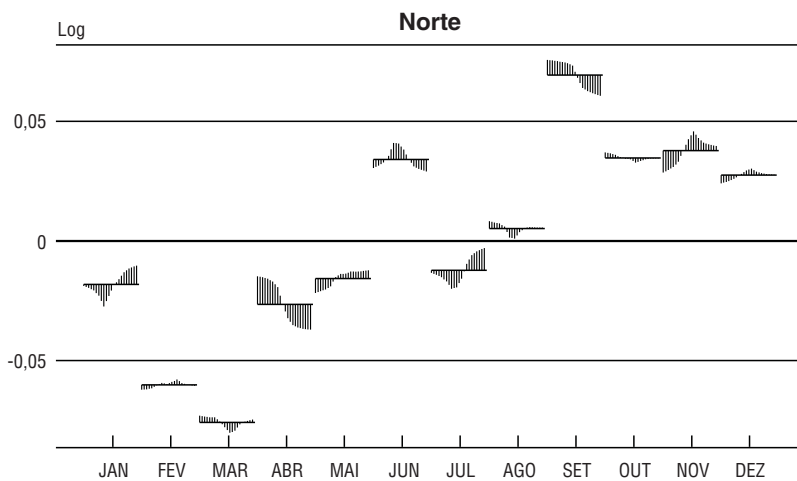


GRÁFICO 8A

Componente sazonal do consumo da iluminação pública

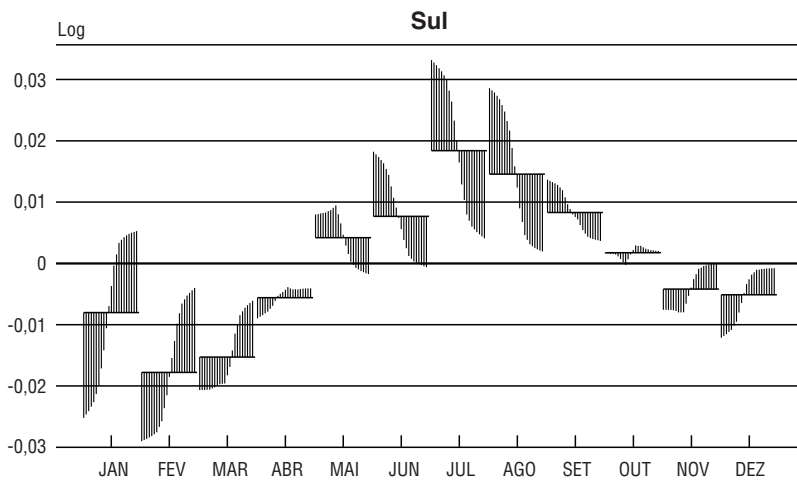
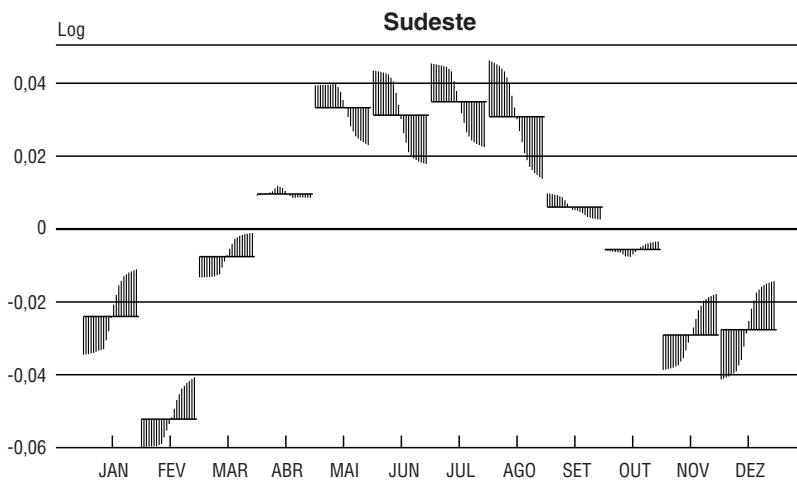


GRÁFICO 8B

Componente sazonal do consumo da iluminação pública

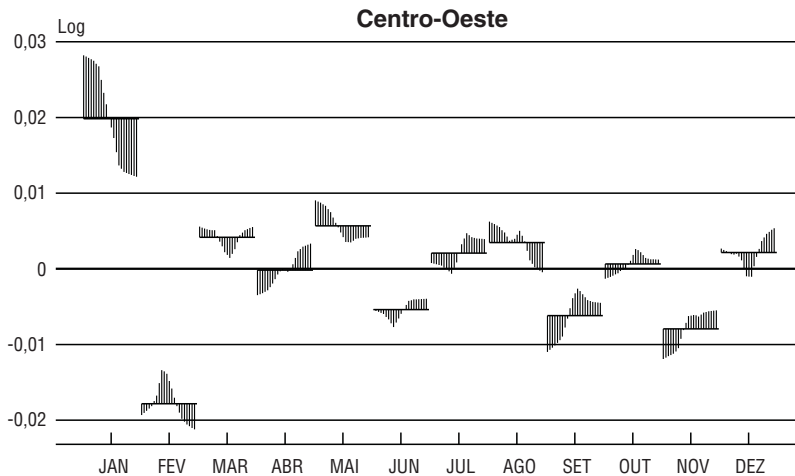
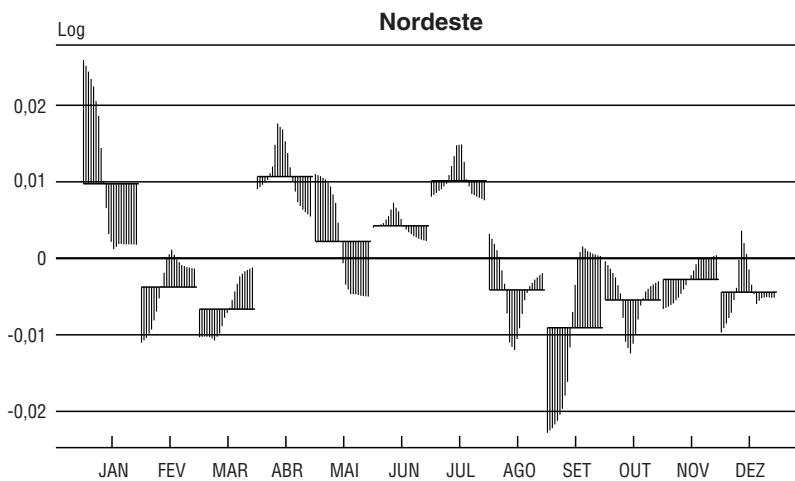
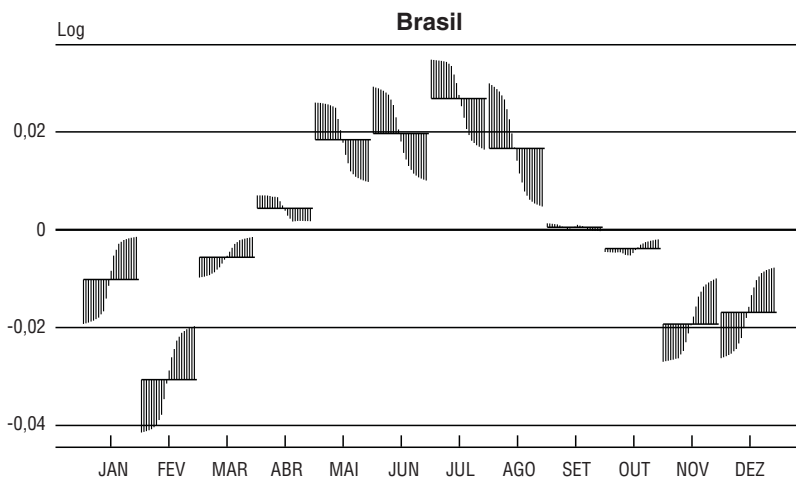
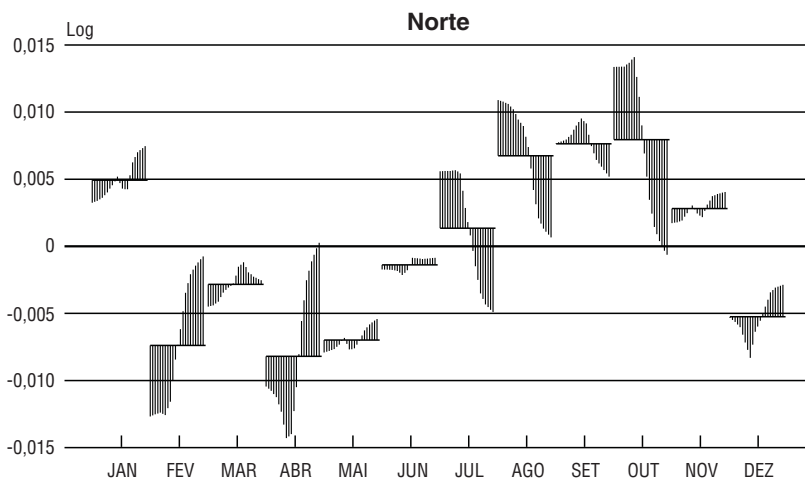


GRÁFICO 8C

Componente sazonal do consumo da iluminação pública



e Centro-Oeste a curva média é pouco compreensível e muito oscilatória. Contudo, além de a amplitude sazonal média ser muito pequena, há também nessas regiões uma clara tendência de diminuição da amplitude sazonal. Isso faz com que a componente sazonal dessas regiões seja desprezível, principalmente nos últimos anos.

O movimento observado em todas as regiões culminou no achatamento da curva brasileira. Assim, nos meses em que o consumo fica acima da curva de tendência (maio a setembro), houve evolução de queda em relação às suas médias mensais, enquanto nos demais o consumo mostrou uma trajetória ascendente. Dessa forma, houve uma redução da amplitude ao longo do período, tendo praticamente desaparecido na década de 90.

Conclui-se que a sazonalidade da iluminação pública sofreu uma mudança de regime no período estudado. Esse fenômeno está vinculado à tendência de equalizar o número de horas em que as lâmpadas ficam acesas ao longo do ano.¹⁵ Dessa forma, enquanto na primeira metade do período 1976/97 a sazonalidade brasileira pode ser explicada pela luminosidade natural, que diminui no outono e inverno, gerando maior necessidade de energia elétrica, nos anos mais recentes a explicação fundamental é a regra adotada para o faturamento das municipalidades.

4.5.3 - Serviços públicos

Neste setor a sazonalidade média do consumo no Sudeste, Norte e Centro-Oeste (Gráficos 9A, 9B e 9C) tem o vale em março. A partir desse mês o consumo começa a aumentar em relação à curva de tendência para alcançar o pico em agosto no Centro-Oeste, novembro no Sudeste e janeiro no Norte. Por outro lado, no Sul e Nordeste o vale acontece em julho e o pico em janeiro. Nota-se ainda que a trajetória sazonal média do consumo no Sul é mais contínua do que nas outras regiões.

No agregado Brasil, a forma da curva sazonal média não é suave, sendo bastante parecida com a da região Sudeste, tendo o pico (janeiro) situado perto do vale (março). Em todas as regiões, com exceção do Sudeste, a amplitude sazonal diminuiu com o passar dos anos. O comportamento singular do Sudeste fez com que a sazonalidade do consumo no Brasil sofresse um leve distanciamento da curva de tendência de consumo do período 1976/97, ao contrário do caso da iluminação pública.

Como o uso de energia elétrica nesse setor é basicamente para os serviços de água encanada e esgoto, a explicação deve ser buscada na forma como a população e os agentes econômicos utilizam a água.

15 Portaria 222 do DNAEE.

GRÁFICO 9A

Componente sazonal do consumo dos serviços públicos

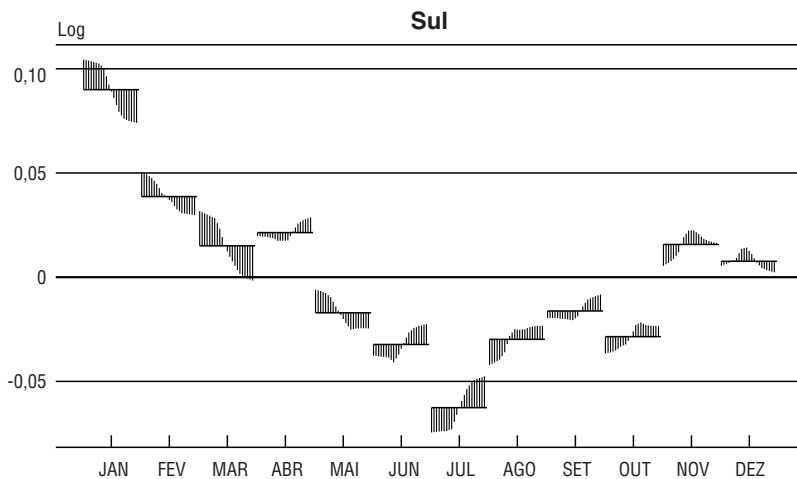
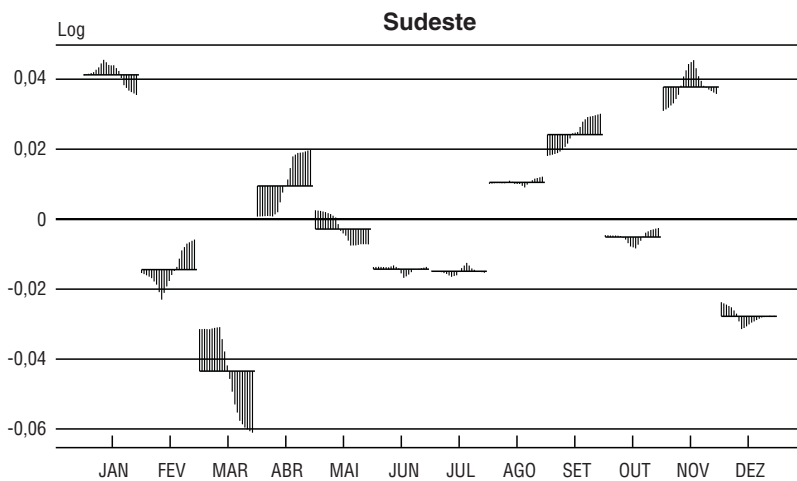


GRÁFICO 9B

Componente sazonal do consumo dos serviços públicos

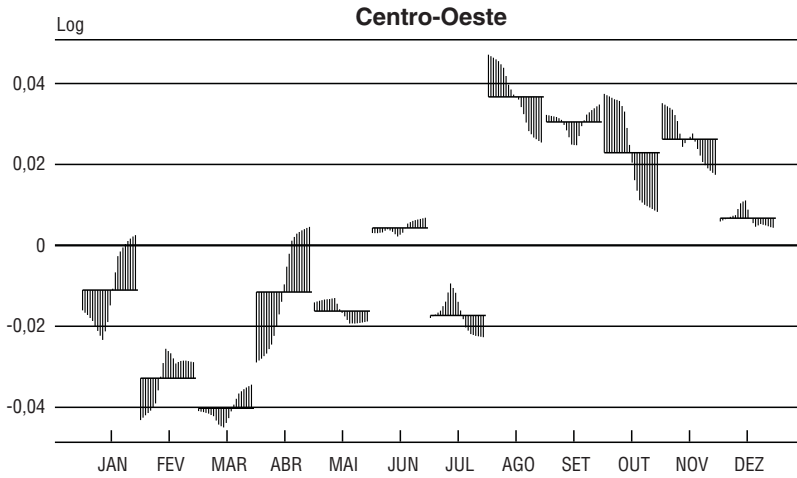
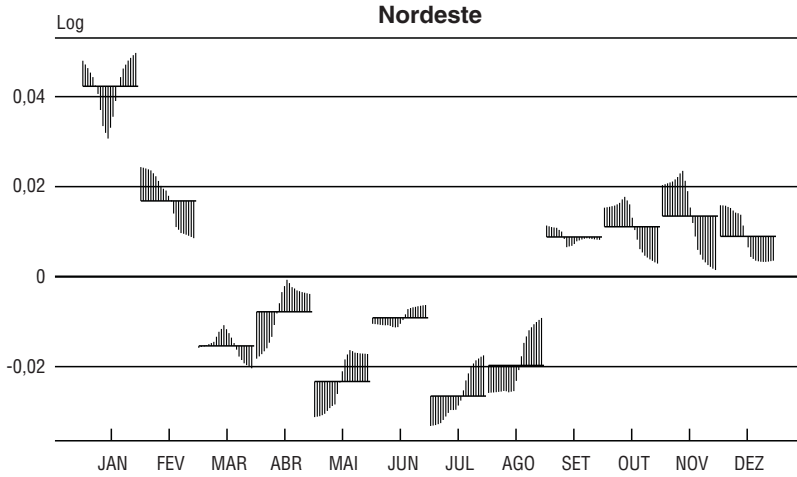
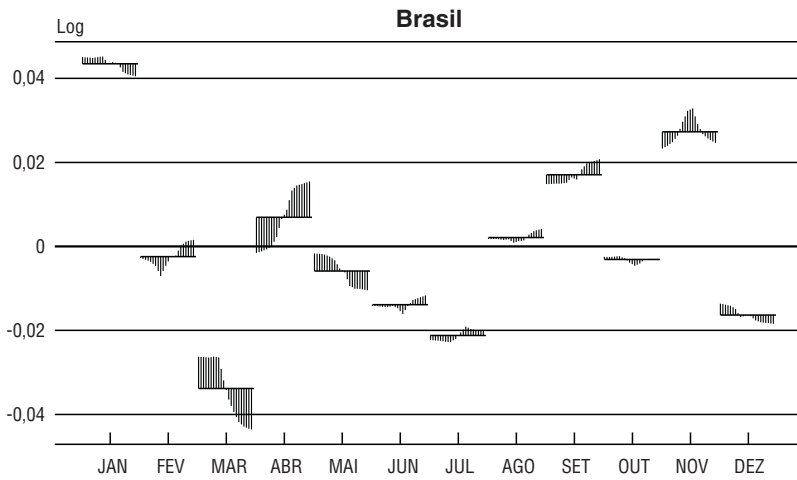
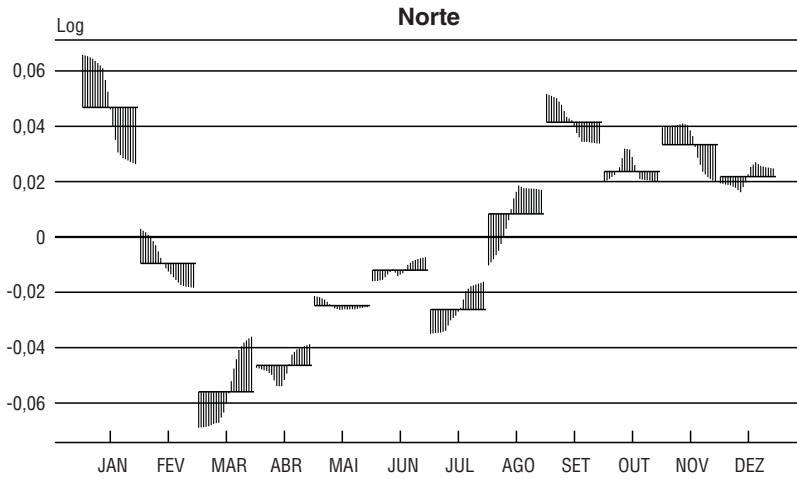


GRÁFICO 9C

Componente sazonal do consumo dos serviços públicos



5 - As sazonalidades regionais

Os comportamentos das sazonalidades médias do consumo total das cinco macrorregiões brasileiras (Gráficos 10A, 10B e 10C) apresentam formatos bastante distintos, com trajetórias oscilantes nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, contrastando com as mudanças suaves ocorridas de um mês para o outro no Norte e no Sul. Já no Nordeste, a sazonalidade média tem um comportamento intermediário, não sendo tão suave como no Norte e no Sul, nem tão oscilatória como no caso do Sudeste e do Centro-Oeste.

No Sudeste, a classe que mais influencia o formato da sazonalidade média é a industrial,¹⁶ porém é importante notar o impacto significativo dos setores residencial e comercial no período maio/julho. Apesar de a amplitude não ter sofrido nenhuma alteração intensa, é notável o fato de os meses de inverno estarem reduzindo seu consumo em relação à média mensal enquanto nos meses de fevereiro e abril o consumo está aumentando fortemente. Esse fenômeno provavelmente está associado à mudança ocorrida na economia brasileira nos anos 90 que, com a abertura comercial e o redirecionamento nas políticas cambial e industrial, desaqueceu o setor industrial. Junto com esse fato aconteceram o fim do imposto inflacionário e o acesso ao crédito, que permitiram que as classes C e D tivessem maior acesso aos aparelhos eletrodomésticos. Esses fatos provocaram a diminuição da participação do consumo industrial no total, dando lugar ao aumento das participações relativas das classes residencial e comercial ao longo do período analisado.

A trajetória da sazonalidade média no Sul é caracterizada por um consumo acima da curva de tendência no primeiro quadrimestre do ano, atingindo o pico em abril, e consumo abaixo da média em todos os outros meses, com vale em dezembro. Isso nos faz concluir que, na região Sul, ao contrário do que acontece no Sudeste, as classes residencial, comercial e rural são mais importantes para a compreensão do comportamento sazonal do que a industrial. A amplitude mostra uma tendência de aumento ao longo do período 1976/97, por causa do aumento do pico e da diminuição do vale. Essa região é caracterizada por ter amplitudes mais elevadas do que as outras.

No Nordeste, o consumo fica abaixo da curva de tendência de fevereiro a setembro e permanece acima da média entre outubro e janeiro. Esse movimento resulta da mistura das diferentes sazonalidades dos grandes setores (industrial, residencial, comercial e rural), não havendo nenhum que seja predominante para o entendimento de tal comportamento. Nota-se, contudo, que a tendência de queda no mês de fevereiro, ao longo do período, é influenciada pela queda do consumo sazonal na classe industrial nesse mês. A amplitude sazonal nessa região teve uma pequena diminuição ao longo dos anos.

¹⁶ A substancial queda no consumo total do mês de dezembro é fruto da queda no consumo industrial, sendo acentuada pelo fato de neste mesmo mês ocorrer uma significativa queda também no consumo residencial.

GRÁFICO 10A

Componente sazonal do consumo total

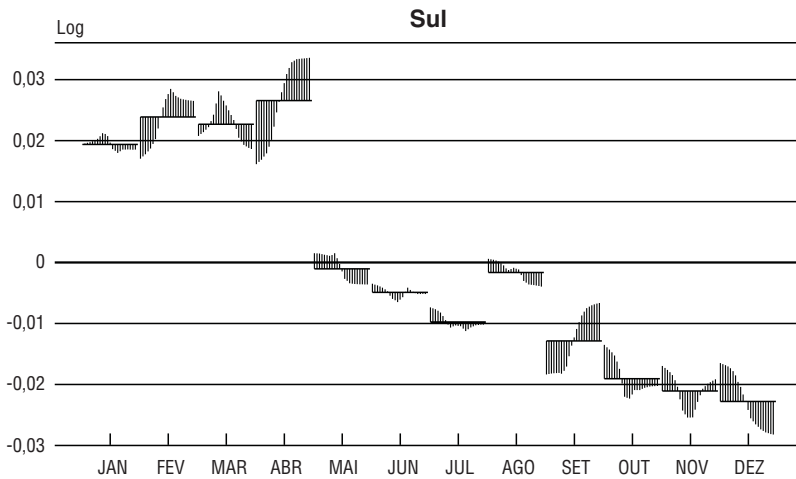
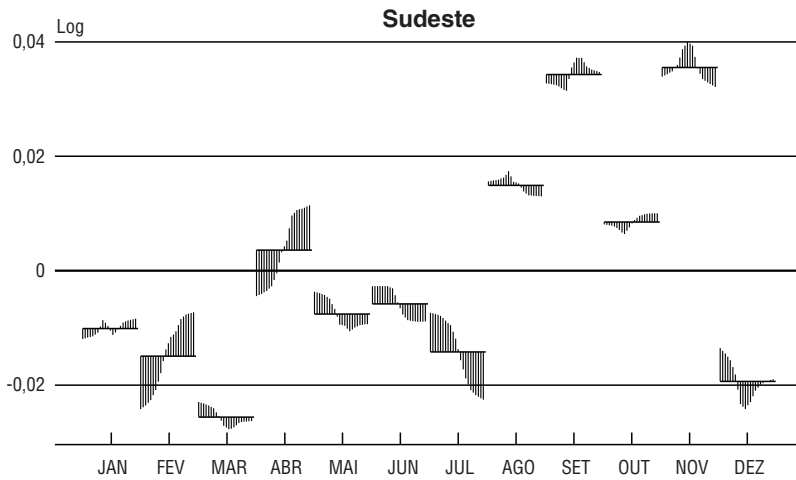


GRÁFICO 10B

Componente sazonal do consumo total

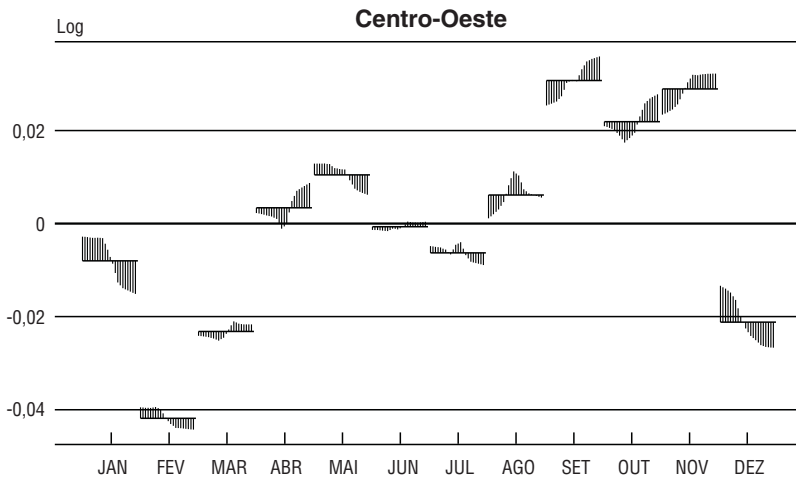
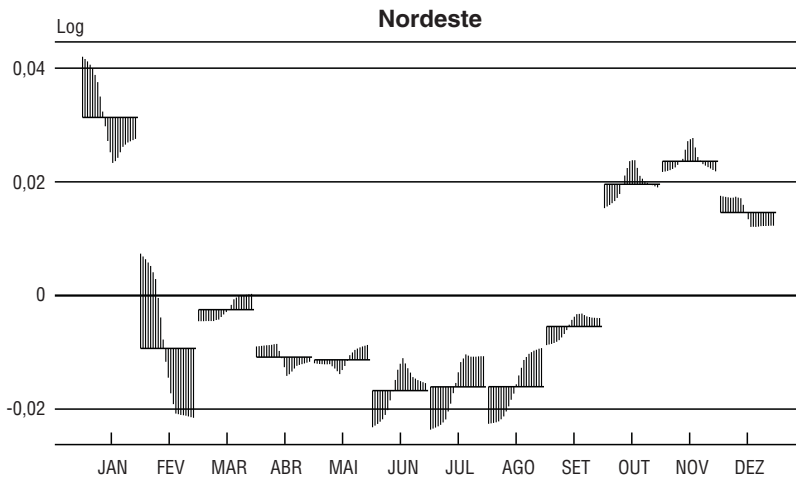
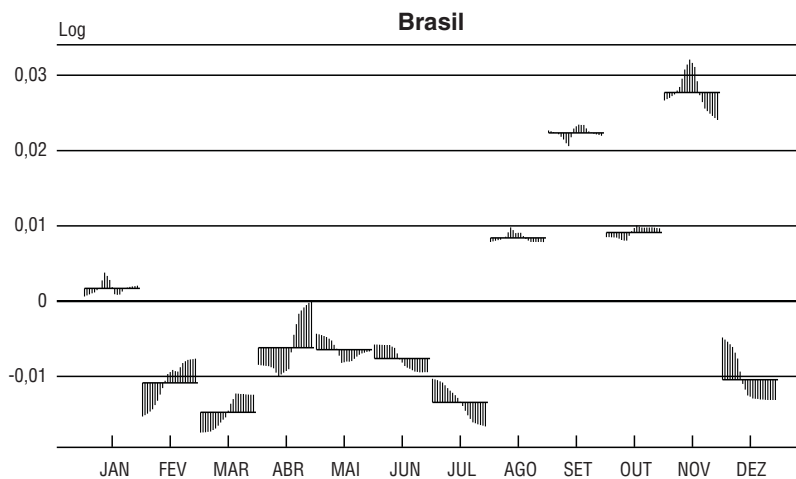
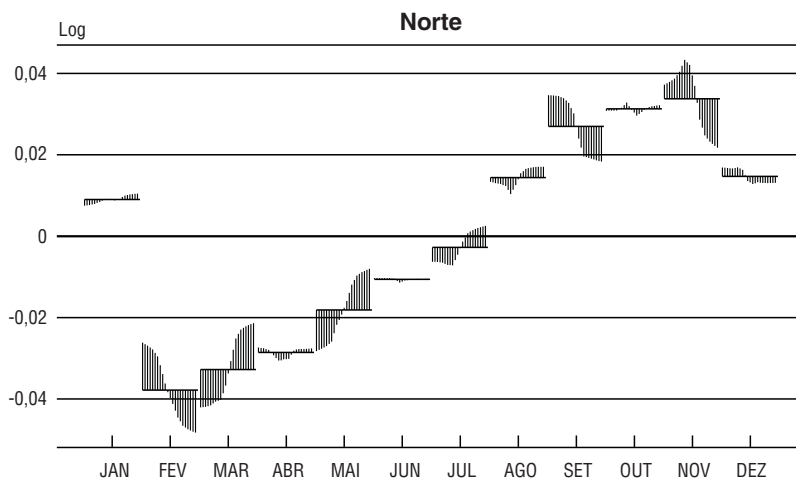


GRÁFICO 10C

Componente sazonal do consumo total



No Norte, o consumo é menor no primeiro semestre e maior no segundo, situação que se repete em todos os setores da região. O vale ocorre em fevereiro e o pico em novembro. A amplitude aumentou ao longo do período 1976/97 pelo fato de o vale estar se tornando mais profundo.

No Centro-Oeste, a sazonalidade pouco suave do consumo total se deve às diferenças entre as sazonalidades dos vários setores e às descontinuidades ocorridas praticamente em todas as classes, com exceção dos setores rural e industrial. O pico ocorre no mês de setembro, principalmente por influência das classes industrial e rural. A amplitude mostra uma tendência de aumento, principalmente por causa da elevação do pico.

6 - Sazonalidade nacional

O gráfico da sazonalidade nacional (Gráfico 10C) sugere não haver movimento suave na sazonalidade do consumo médio mensal, sendo comum movimentos de elevação desse consumo entre dois meses sucessivos, seguidos de movimentos de queda. Esse resultado é fruto da grande diversidade de comportamentos sazonais das regiões, bem como dos consumos setoriais. Entretanto, podemos verificar que a sazonalidade média do consumo brasileiro é muito parecida com a da região Sudeste, ainda que com menor amplitude (6% no Sudeste e 4% no Brasil). Nesse caso também, os meses de verão, de outono e mesmo parte do inverno se caracterizam por um consumo abaixo da curva de tendência, podendo se identificar o vale no mês de março. O consumo começa a crescer no final do inverno e permanece elevado durante toda a primavera, ocorrendo o pico do consumo de eletricidade no mês de novembro.

O gráfico da sazonalidade nacional nos mostra ainda que a sazonalidade no caso brasileiro vem se alterando ao longo dos anos. Assim, como aconteceu na região Sudeste, em 1976, o vale que ocorria claramente no mês de março migrou para o mês de julho em 1997, enquanto o pico sofreu um pequeno aumento a partir de 1986. Os meses de fevereiro, abril e dezembro mostram uma rápida evolução da sua componente sazonal.

Ao analisarmos conjuntamente as regiões, fica evidente a forte complementaridade entre as suas sazonalidades (Tabela 3). Assim, enquanto nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte o período fevereiro/março é de baixo consumo, no Sul ocorre um consumo muito acima da curva de tendência. Por outro lado, o período de vale no Sul acontece no final do ano, época em que, com exceção de dezembro, o consumo é alto nas outras regiões. O Nordeste tem um comportamento muito particular, o vale acontece no meio do ano e o pico de consumo em janeiro, diferentemente das demais regiões.

As compensações também ocorrem no nível setorial. Comparando o comportamento da sazonalidade do consumo nos quatro grandes setores (industrial, re-

TABELA 3

Meses de picos e vales das sazonalidades médias regionais

	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte
Período de pico	Set. e nov.	Jan.-abr.	Set.-jan.	Set.-nov.	Set.-nov.
Período de vale	Dez.-mar.	Set.-dez.	Jun.-ago.	Dez.-fev.	Fev.-abr.

FONTE: Elaboração própria.

sidencial, comercial e rural), vemos que enquanto o consumo é acima da curva de tendência nos primeiros meses do ano nos setores residencial, comercial e rural, no setor industrial ele está abaixo dessa média (Tabela 4). Da mesma forma, o pico do período agosto/setembro do setor industrial se contrapõe a consumos baixos, nesses meses, nos setores residencial e comercial.

Conhecidos os formatos da sazonalidade do consumo nos diversos setores e regiões, podemos identificar com mais clareza as classes que influenciam tanto no formato típico da componente sazonal do consumo total brasileiro quanto em suas mudanças dinâmicas. Uma vez que essa sazonalidade constitui-se da soma das sazonalidades das diversas classes, ponderada pela participação do consumo de cada classe no consumo total, as magnitudes dessas participações são decisivas para explicar o comportamento da sazonalidade total, como também o são as variações dessas participações ao longo do tempo, enquanto determinantes da dinâmica da componente sazonal.

Dessa forma, a sazonalidade do consumo de energia brasileira, na maioria dos meses, é explicada pelo consumo na classe industrial, que tem as maiores participações no consumo total (Tabela 5). Mais especificamente, podemos notar que o pico de setembro é basicamente influenciado pelo consumo industrial. O mês de novembro, contudo, é formado também pelos consumos elevados das classes comerciais e residenciais. Já o período de vale (meses de maio, junho e julho) é explicado essencialmente pelos setores comercial e residencial, que têm as participações mais elevadas, depois do industrial.

TABELA 4

Meses de picos e vales das sazonalidades médias setoriais

	Industrial	Residencial	Comercial	Rural
Período de pico	Ago.-nov.	Jan.	Jan.-fev.	Jan.-fev.
Período de vale	Jan.-mar.	Jun.-ago.	Jun.-ago.	Abr.-jun.

FONTE: Elaboração própria.

TABELA 5

Participação setorial no consumo brasileiro

(Em %)

Anos	Industrial	Residencial	Comercial	Rural	Poderes públicos	Iluminação pública	Serviços públicos
1976	52,1	20,2	13,5	1,1	2,9	3,9	3,9
1985	51,9	21,7	12,1	3,0	2,7	3,9	3,7
1997	44,7	27,2	14,0	3,8	2,8	3,5	3,4

FONTE: Elaboração própria.

Tendo em vista que os consumidores são sensíveis a variações de preço e que sob cada classe incide uma estrutura tarifária diferente, políticas de preço diferenciadas para cada classe podem agir primeiro no sentido de diminuir os picos sazonais da curva brasileira e, segundo, para equilibrar oferta e demanda, através da diminuição do consumo nos meses mais secos, período em que as hidrelétricas devem estar com menos água em seus reservatórios.

Por outro lado, como mostra a Tabela 5, a participação do setor industrial diminuiu ao longo do tempo, dando lugar ao aumento das participações dos setores residencial e comercial. Isso explica a tendência de aumento da sazonalidade do consumo total brasileiro nos meses de fevereiro, março e abril, meses de alto consumo nas classes residencial e comercial e baixo consumo industrial, e de diminuição nos meses de maio, junho e julho, meses de baixo consumo residencial e comercial e alto consumo industrial.

Em termos regionais, a sazonalidade do consumo total brasileiro é explicada principalmente pela região Sudeste. A influência no formato da curva sazonal, nesse caso, também se dá por causa da participação do consumo dessa região no consumo total (Tabela 6).

Essa análise fica mais específica quando vemos o que acontece em cada setor (Tabelas 2, 7 e 8). Podemos concluir que, apesar de a participação do consumo da

TABELA 6

Participação regional no consumo brasileiro

(Em %)

Anos	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte
1976	73,5	11,4	11,1	2,5	1,5
1985	65,1	13,9	14,9	3,8	2,2
1997	58,9	15,2	15,8	5,0	5,1

FONTE: Elaboração própria.

TABELA 7

Participação no consumo brasileiro

(Em %)

	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte
Setor industrial					
1976	76,5	10,4	11,6	0,9	0,6
1985	69,1	12,1	15,9	1,7	1,1
1997	61,2	13,5	16,9	2,3	6,1
Setor residencial					
1976	71,1	12,3	10,5	3,9	2,1
1985	63,4	14,6	13,1	5,7	3,2
1997	58,8	15,6	14,2	7,0	4,3
Setor comercial					
1976	70,1	13,6	10,0	3,9	2,4
1985	61,6	15,0	13,2	6,4	3,7
1997	60,1	15,1	13,7	6,9	4,2

FONTE: Elaboração própria.

TABELA 8

Participação no consumo brasileiro — setor público

(Em %)

	Sudeste	Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Norte
Poderes públicos					
1976	54,7	12,3	16,6	10,8	5,7
1985	57,0	11,8	16,0	9,6	5,6
1997	50,7	13,2	18,1	9,5	8,5
Iluminação pública					
1976	63,7	14,6	14,8	4,9	2,1
1985	55,1	16,2	18,8	7,3	2,6
1997	50,5	17,0	19,9	8,8	3,8
Serviços públicos					
1976	76,7	7,8	10,0	3,5	2,0
1985	66,6	10,6	14,3	5,6	2,9
1997	60,8	12,1	17,4	6,0	3,7

FONTE: Elaboração própria.

região Sudeste ter diminuído em todas as classes, ela ainda é alta o suficiente para ser dominante na explicação tanto da média como da dinâmica da sazonalidade do consumo brasileiro de cada classe, com exceção da classe rural. Entretanto, é de se esperar que essas mudanças das participações no consumo total continuem ocorrendo no futuro próximo. Assim, podemos inferir que a sazonalidade futura do consumo total brasileiro será cada vez mais influenciada pelo comportamento das componentes sazonais das outras regiões.

7 - Conclusões

Neste trabalho verificamos a presença de uma componente sazonal significativa no consumo brasileiro de energia elétrica. Apesar de a amplitude dessa sazonalidade ser relativamente pequena em termos percentuais (4%), a capacidade instalada adicional necessária para atender a consumos mensais acima da curva de tendência é alta. Verificamos também que essa sazonalidade não é estática. Ao longo dos 20 anos analisados (1976 a 1997) verificou-se uma evolução que foi dando novo formato à sazonalidade ano após ano.

Pudemos observar que as sazonalidades regionais são muito diferentes entre si, refletindo diferenças principalmente de estrutura produtiva, de níveis socioeconômicos e de clima. A sazonalidade da região Sudeste, que representa a maior parcela do consumo do país, dá a forma da sazonalidade brasileira. Como era de se esperar, a sazonalidade da região Sul é bastante distinta da sazonalidade das regiões Norte e Nordeste.

Essas diferenças regionais permitem compensações entre os picos e vales, situação que dá ao Brasil uma sazonalidade de amplitude menor do que a de qualquer uma de suas cinco regiões.¹⁷ Esse resultado é um claro indicador da importância econômica da interligação dos mercados elétricos regionais, pois cada 1% de redução na amplitude sazonal representa economia de cerca de US\$ 600 milhões de investimentos para atender à ponta do sistema.

A desagregação de nossa análise por classe de consumidor nos permitiu verificar que essas sazonalidades também apresentam formatos diferentes, pelo fato de os fatores explicativos do consumo de cada classe serem distintos. Essas diferenças também se compensam para diminuir a amplitude da sazonalidade do consumo de cada região, podendo até ser mais bem aproveitadas, através da formulação de políticas energéticas orientadas para cada classe de consumo. Como há uma dinâmica de transformação na participação das classes de consumo em cada uma das regiões, é importante antecipar o impacto dessas mudanças na sazonalidade. Por exemplo, o simples crescimento da temperatura, em virtude do

17 Uma extensão deste estudo seria interessante no sentido de verificar a importância da integração energética, através da quantificação da complementaridade do consumo de energia elétrica, entre o Brasil e seus países vizinhos.

aumento das participações dos setores residencial e comercial no consumo total e do baixo nível de saturação das vendas de aparelhos de ar condicionado, poderia causar um considerável aumento da amplitude sazonal.¹⁸

Esses resultados sugerem que a nova organização institucional do setor elétrico deverá provocar profunda alteração no comportamento sazonal do sistema elétrico brasileiro [Oliveira (1998)]. A introdução da sistemática de preço horário para a energia deve desestimular os consumidores livres a consumir eletricidade nos períodos de pico¹⁹ e, por outro lado, estimular o consumo nos períodos de vale, já que os preços horários deverão refletir a escassez relativa de energia. Sendo assim, é provável que nos próximos anos ocorra uma substancial redução na amplitude sazonal do consumo de energia elétrica, com significativos ganhos de eficiência econômica, como já vem ocorrendo em países que promoveram a abertura de seu mercado.

Anexo

Definição das classes de consumo

As classes são definidas de acordo com a atividade nela exercida. Quando mais de uma atividade for exercida na mesma unidade consumidora, prevalecerá aquela à qual corresponder a maior parcela da carga instalada.

Na classe industrial estão incluídas as faixas de alta-tensão, onde se concentra a maior parcela do consumo, e baixa tensão. As faixas de alta-tensão agrupam as cargas A1 (230 ou mais kV), A2 (88 a 138kV), A3 (69 kV), A3a (30 a 44kV) A4 (2,3 a 25 kV) e AS (subterrânea). Incluem-se também nessa classe as atividades de transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizadas como atividades de suporte e sem fim econômico, desde que realizadas de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial.

A classe residencial constitui-se das unidades consumidoras para fins de residência, localizadas tanto em áreas urbanas quanto rurais. A carga utilizada é principalmente de baixa tensão, que abrange mais de 90% do consumo. Existe uma subdivisão especial para famílias de baixa renda, caracterizada nos programas especiais de atendimento mantidos pelas concessionárias. Nas demais classes a maior fração do consumo está concentrada na baixa tensão e nas faixas A4, A3a e A3 da alta-tensão. Na classe comercial estão localizadas unidades consu-

¹⁸ Para um estudo do impacto do aquecimento global terrestre sobre o consumo de energia elétrica, ver Baxter e Calandri (1992).

¹⁹ Sheen, Chen e Wang (1995) mostraram que os grandes consumidores industriais de Taiwan são altamente sensíveis às mudanças de preço instituídas por um esquema tarifário por tempo de uso. De fato, é de se esperar que esse movimento seja mais forte no setor industrial, devido à flexibilidade horária maior para o uso da eletricidade e aos ganhos financeiros mais significativos, do que nas outras classes.

midoras para fins de comércio, serviços e outras atividades. Incluem-se também instalações de uso comum de prédio ou conjunto com predominância de unidades consumidoras não-residenciais. Na classe rural, incluem-se as atividades de irrigação, que abrangem maior parcela do consumo, e as cooperativas de eletrificação rural. Na classe de poderes públicos inclui-se o consumo nos prédios públicos. O consumo dos serviços públicos se destina às atividades de água, esgoto e saneamento, e uma pequena parcela à tração elétrica. A classe de iluminação pública é a energia para postes públicos.

Abstract

This article presents a study of the seasonality of the electric energy consumption in Brazil for the period 1976/97, using non-parametric seasonal decomposition STL, with information resumed in monthplots. Our assessment covers five Brazilian's macro-regions for the industrial, residential, commercial, rural and public sector consumption's classes. It was verified the existence of a strong seasonal component of the consumption that has changed along the period. The main conclusion is that the seasonal differences, either between regions or consumption classes, can bring potential gains in the energy transference between regions or by specific energy policies for each class. This study contribute for the measurement of this opportunities.

Bibliografia

- ANDRADE, T. A., LOBÃO, W. J. A. *Elasticidade renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, jun. 1997 (Texto para Discussão, 489).
- ANG, B. W., GOH, T. N., LIU, X. Q. Residential electricity demand in Singapore. *Energy*, v. 17, n. 1, p. 37-46, Jan. 1992.
- ARAÚJO, J. L. R. H. Estudo econométrico da demanda de energia elétrica no Brasil. *Eletrobrás*, Rio de Janeiro, p. 150, 1992.
- ARCHIBALD, R. B., FINIFTER, D. H., MOODY, C. E. Seasonal-variation in residential electricity demand — evidence from survey data. *Applied Economics*, v. 14, n. 2, p. 167-181, 1982.
- BADRI, M. A., AHMED, A.-M., DAVIS, D., DAVIS, D. EDDSF: a decision support system (DSS) for electricity peak-load forecasting. *Energy*, v. 22, n. 6, p. 579-589, June 1997.
- BAXTER, L. W., CALANDRI, K. Global warming and electricity demand. *Energy Policy*, v. 20, n. 3, p. 233-244, Mar. 1992.
- BEENSTOCK, M., GOLDINJ, E., NABOT, D. The demand for electricity in Israel. *Energy Economics*, v. 21, n. 2, p. 168-183, Apr. 1999.

- CLEVELAND, R. B., CLEVELAND, W. S., MCRAE, J. E., TERPENING, I. STL: a seasonal trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics*, v. 6, p. 3-73, 1990.
- ENGLE, R. F., GRANGER, C. W. J., HYLLEBERG, S., LEE, H. S. Seasonal cointegration: the Japanese consumption function. *Journal of Econometrics*, v. 47, p. 275-298, 1993.
- HARRIS, J. L., LIU, L.-M. Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption. *International Journal of Forecasting*, v. 9, n. 4, p. 437-455, Dec. 1993.
- LIU, L. M., HANSENS, D. M. Identification of multiple-input transfer function models. *Communications in Statistics*, v. A11, p. 297-314, 1982.
- MODIANO, E. M. *Elasticidade renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro: Departamento de Economia da PUC, maio 1984 (Texto para Discussão, 68).
- NELSON, R. State-space modelling of residential, commercial and peak demands. *Journal of Forecasting*, v. 6, n. 2, p. 97-115, Jul. 1987.
- OLIVEIRA, A. de. *Energia e desenvolvimento sustentável*. Instituto de Economia da UFRJ, Eletrobrás, Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, jul. 1998.
- SADOWNIK, R., BARBOSA, E. P. Short-term forecasting of industrial electricity consumption in Brazil. *Journal of Forecasting*, v. 18, n. 3, p. 215-224, May 1999.
- SHEEN, J.-N., CHEN, C.-S., WANG, T.-Y. Response of large industrial customers to electricity pricing by voluntary time-of-use in Taiwan. *IEEE Proceedings-Generation Transmission and Distribution*, v. 142, n. 2, p. 157-166, Mar. 1995.
- TSERKEZOS, E. D. Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. *Energy Economics*, v. 14, n. 3, p. 226-232, Jul. 1992.

(Originais recebidos em setembro de 2000. Revistos em janeiro de 2001.)