

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**AS INFLUENCIAS ENTRE AS FORNECEDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO
RIO GRANDE DO SUL**

**THE INFLUENCES BETWEEN PROVIDERS OF ELECTRICITY IN RIO GRANDE
DO SUL**

Márcio Marcelo Gross e Adriano Mendonça Souza

RESUMO

O objetivo desse artigo foi analisar empiricamente as principais relações de interdependência entre as maiores distribuidoras de energia elétrica do Rio Grande do Sul (RS), (CEEE, AES e RGE) entre janeiro de 1998 e junho de 2013. A concentração do setor no estado também é analisada. Como abordagem econométrica utiliza-se o modelo VEC. Os resultados da estimação do modelo VEC se mostraram significativos em sua maioria a 10% de significância. Conclui-se que os resultados das metodologias empíricas corroboram a literatura e comprovam a influência existente entre as distribuidoras no seu fornecimento de energia elétrica. A partir de 2009 houve uma queda na concentração do mercado, porém as três maiores companhias detêm ainda mais de 80% do fornecimento de energia elétrica no estado do RS.

Palavras-chave: Modelo VEC, influências, distribuidoras de Energia Elétrica no Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

The objective of this article was to analyse empirically the main relations of interdependency between the biggest electric power distributors of Rio Grande do Sul (RS), (CEEE, AES, and RGE) from January, 1998 to June, 2013. Also, the sector concentration in the state is analysed. As econometric approach is used the VEC model. The results of the VEC model estimation proved themselves significant mostly at a 10% significancy. It's concluded that the results of the empiric methodologies confirm the literature and comprove the existent influency between the distributors in their electric power supply. Since 2009 there was a market concentration decay, but the three bigger companies still have more than 80% of the power supply in the Rio Grande do Sul state.

Keywords: VEC Model, influences, Electri power distributors in Rio Grande do Sul.

1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 1990 o setor energético estava rodeado de problemas, obras de construções de hidrelétricas paradas, a manutenção do sistema ficava cada vez mais ultrapassada, havia um setor que era usado para controle de preços e uma demanda crescente por energia. Sendo um setor crucial ao crescimento de qualquer país, a partir de 1995 novas medidas foram tomadas (HIROTA, 2006).

Várias companhias foram privatizadas nessa época, por exemplo, a CEEE-d2-AES, CEEE-d3-RGE, Escelsa, Enersul, Light, dentre tantas outras, inserindo o setor privado no setor. De acordo com a Constituição de 1988 em seus artigos 21º e 175º compete a União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão os serviços e instalações de energia elétrica. Assim, com a Lei nº 9.427 de dezembro de 1996 foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada diretamente ao Ministério de Minas e Energia (MME), com a finalidade de regular e fiscalizar todas as fases do setor elétrico nacional.

Para aperfeiçoar o sistema, foi criado o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), uma pessoa jurídica de direito privado sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, criado em 1998, órgão responsável pela coordenação do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL (ONS, 2013).

Com o SIN, busca-se diminuir o risco do sistema como um todo, pois no caso de um dos subsistemas estar passando por dificuldades, o outro poderá suprir as necessidades de forma a otimizar a oferta de energia elétrica, lembrando que a energia elétrica não pode ser armazenada em larga escala, sendo que toda energia produzida em determinado tempo também precisa ser consumida no mesmo tempo.

O estado do Rio Grande do Sul é a quarta maior economia do país, respondendo por mais de 6% do PIB do país (IBGE, 2011). Em 2012, o estado possuía uma capacidade instalada de 7.247 Megawatt (Mw) e gerou 17.829 Gigawatt-hora (GWh), representando 14% da produção da região sul, e consumindo 36,3% da energia da região, além de possuir 38,6% dos consumidores da região (EPE, 2013).

O crescimento econômico do estado do Rio Grande do Sul, assim como do restante do país, está extremamente ligado ao consumo de energia elétrica. Partindo dessa premissa, o objetivo desta pesquisa é analisar as relações e influências existentes entre as três maiores companhias de energia elétrica do Rio Grande do Sul, a saber, AES-Sul (AES), Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) e Rio Grande Energia (RGE) (FEE, 2013) — através de um modelo Var-Vec. O período de análise compreende dados agregados mensais de janeiro de 1998 até junho de 2013.

Diferentes autores, como Souza, *et al*, (2011) e Souza, Souza, Menezes (2013) estudaram o comportamento do número de consumidores e o consumo de energia elétrica no Rio Grande do Sul, através de previsões lineares e não-lineares e análise de componentes principais. Mas a análise da relação entre as distribuidoras de energia ainda é um tema pouco explorado, havendo muito espaço para estudos empíricos que venham a colaborar para um melhor conhecimento e domínio destas relações.

Além das relações entre as companhias, também é analisado a concentração do mercado de energia elétrica no RS pelas três companhias. Conforme Leite (1998), a concentração pode ser medida empiricamente através de sua mensuração.

Através do SIN e do Ambiente de Contratação Livre (ACL), as empresas estabelecem entre si contratos bilaterais de compra e venda de energia com preços e quantidades livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos, mesmo que cada empresa possua uma concessão determinada é possível existir a inter-relação entre elas;

no caso de transmissão de uma estar deficitária, permitindo que essa deficiência seja suprida por outra empresa.

O artigo está organizado, desta introdução, metodologia, resultados e considerações finais.

2 METODOLOGIA

Neste item apresentam-se as etapas da pesquisa e o modelo utilizado para atingir o objetivo proposto.

2.1 MODELO VAR

Nos modelos VAR cada variável endógena é explicada por seus valores defasados e pelos valores defasados de todas as outras variáveis endógenas do modelo, ao passo que normalmente não há variáveis exógenas presentes no modelo (ENDERS, 2009). Pode ser matematicamente representado por:

$$x_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i x_{t-i} + e_t \quad (1)$$

Em que x_t é um vetor de variáveis endógenas, A_0 é um vetor de interceptos, A_i são matrizes e e_t é um vetor de termos de erros utilizando-se das pressuposições usuais, estacionariedade de todas as séries, normalidade e ausência de autocorrelação entre os termos de erros. Um choque na $i^{\text{ésima}}$ variável não afeta apenas diretamente a $i^{\text{ésima}}$ variável do modelo, mas também é transmitida para as demais variáveis endógenas por meio da estrutura dinâmica do VAR.

Na aplicação de modelagem Vetor Auto Regressivo (VAR), é condição necessária de que as séries sejam estacionárias (WOOLDRIDGE, 2010). A estacionariedade pode ser identificada pelo teste Dickey-Fuller Aumentado (DFA)¹. Este teste pode ser usado para o caso em que os u_t são correlacionados, ele identifica a presença ou ausência da raiz unitária a partir das hipóteses.

H_0 : a série não é estacionária;

H_1 : a série é estacionária;

O teste DFA recebe críticas por possuírem baixo poder, dado pela dificuldade em rejeitar a hipótese nula quando esta é falsa, para suprir essa fragilidade será utilizado também o teste KPSS para confirmar os resultado de DFA e (ENDERS, 2009). O teste KPSS possui as seguintes hipóteses:

H_0 : a série é estacionária;

H_1 : a série não é estacionária;

A regressão de uma série não estacionária com outra não estacionária pode produzir uma regressão espúria. Caso as séries possuam raiz unitária, será necessário verificar a cointegração das mesmas, havendo cointegração há uma relação de longo prazo ou de equilíbrio entre elas.

2.2 MODELOS VECTOR ERROR CORRECTION (VEC)

Caso se verifique algum vetor de cointegração, o VEC deve ser usado, pois haverá relação de longo prazo, esse modelo incorpora essas informações e analisa se o modelo está em equilíbrio também no curto prazo. As séries necessitam ter a mesma ordem de integração $I(d)$, ou seja, possuírem o mesmo número de diferenciação para tornar a série estacionária. Esse modelo permite determinar a velocidade com que a série converge para o equilíbrio de longo prazo, ao inserir tanto elementos de longo quanto de curto prazo. Os elementos de longo prazo são captados pelas defasagens do resíduo da equação de cointegração. Se o coeficiente do VEC for significativo, não se está em equilíbrio no curto prazo, se não for significativo, então se está em equilíbrio no curto prazo (ENDERS, 2009).

Para se verificar a cointegração entre as variáveis uma opção é realizar o teste de cointegração de Johansen² que tem por trás a estatística multivariada, permitindo a detecção de um ou mais

¹ A formalização do teste pode ser encontrada em (BUENO, 2008) Econometria de Séries Temporais. São Paulo, Ed. CENGAG Learning.

² A formalização e aprofundamento do teste podem ser encontrados em (BUENO, 2008) Econometria de Séries Temporais. São Paulo, Ed. CENGAG Learning.

vetores de cointegração através das estatísticas *traço* e *autovalor*. Este teste é preferível ao teste de Engle-Granger, pois permite a identificação de mais de um vetor de cointegração, caso exista. É necessário que as séries possuam a mesma ordem de integração para a realização do teste.

Hipóteses da estatística *traço*:

H₀: r = 0;

H₁: r > 0;

H₀: r = 1;

H₁: r > 1;

Hipóteses da estatística *autovalor*

H₀: r = 0;

H₁: r + 1 = 0 + 1 = 1

H₀: r = 1

H₁: r + 1 = 1 + 1 = 2

Antes de utilizar o modelo de Johansen, é preciso determinar a ordem do VAR, ou seja, o número de defasagens do modelo, a qual é determinada com base nos critérios AIC (critério de informação de Akaike) e SBIC (critério de informação de Schwarz).

2.3 MODELO ANALÍTICO

Na equação dois é apresentado o modelo que será usado neste trabalho, onde o fornecimento total de energia elétrica de cada companhia dependerá dos demais fornecimentos das três maiores companhias do estado, AES, CEEE e RGE.

$$F_t = A_0 + TRGE_i x_{t-i} + TAES_i x_{t-i} + TCEEE_i x_{t-i} + e_t \quad (2)$$

Onde, F_t é o fornecimento total da empresa em análise no período t , A_0 é a constante, $TRGE_i$, $TAES_i$ e $TCEEE_i$ são respectivamente as defasagens i das variáveis RGE, AES e CEEE (fornecimento total de energia de cada empresa) utilizadas no modelo de acordo com os critérios de informação nos períodos $t-i$.

A fonte de dados utilizada foi a FEE DADOS com periodicidade mensal de janeiro de 1998 até junho de 2013.

3 RESULTADOS

Na Figura 1 temos os resultados da concentração do fornecimento de energia elétrica no Rio Grande do Sul no período de 2006 a 2012 das três maiores fornecedoras de energia elétrica do estado, AES, CEEE e RGE em relação ao consumo total de energia elétrica no estado. Os resultados mostram que a concentração diminuiu de 2006 a 2007 passando de 88% para 86%, subindo até 2009 atingindo o pico de 88% novamente e então reduzindo consecutivamente até chegar em 2012 a 84%. Apesar de nos últimos anos, iniciando em 2009, ter reduzido a concentração no fornecimento de energia elétrica no estado, os valores ainda são muito altos, sobrando menos de 20% do mercado para as demais companhias fornecedoras de energia elétrica, indicando a grande parte do mercado que é dominada pelo oligopólio formado por AES, CEEE e RGE.

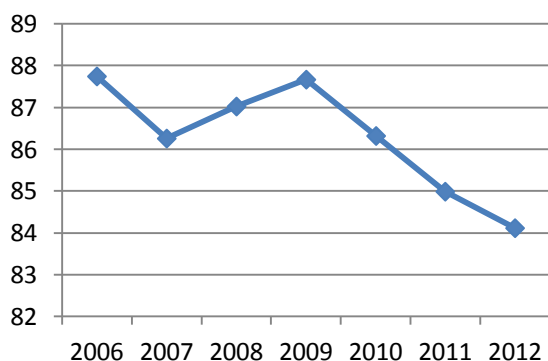


Figura 1 – Índice de concentração C3

Fonte: resultados da pesquisa.

Pelo significativo valor de energia fornecido pelas três companhias, as interações entre elas são de extrema importância, pois afetam quase 90% do fornecimento de energia no estado.

Na Tabela 1 apresentam-se os testes de estacionariedade realizados. Os resultados mostram que as três séries não são estacionárias em nível, já em primeira diferença elas apresentam-se estacionárias, o que se confirma pelos testes de DFA, PP e KPSS e chegaram às mesmas conclusões. Assim, todas as séries são de ordem um de integração, necessitando de uma diferença para serem estacionárias.

Tabela 1: Testes de Estacionariedade de DFA, Phillips-Perron e KPSS para os dados mensais totais.

Variável	DFA*	KPSS**
taes(13)	-1,42	1,16
tceee(11)	0,43	1,74
trge(13)	-1,98	1,73
dtaes(12)	-4,47	0,14
dtceee(10)	-12,80	0,07
dtrge(11)	-6,11	0,15

Fonte: Resultados da pesquisa. * Valor crítico a 1% de significância é de -3,46. ** Valor crítico a 1% de significância é de 0,739.

Como os testes de estacionariedade mostram que as séries não são estacionárias em nível, passa-se a realizar o teste de cointegração de Johansen o qual é apresentado na Tabela 2. Os resultados mostram existir pelo menos um vetor do cointegração no modelo, tanto pela estatística traço, quanto pela do autovalor, sendo assim, passa-se a estimar um modelo VEC.

Tabela 2: Estatísticas traço e autovalor máximo

Vetores de cointegração	Teste do Traço	Vetores de cointegração	Teste do autovalor
Nenhuma	44,069	r = 0	29,090
Pelo menos 1 integração	14,979*	r = 1	12,991*
Pelo menos 2 integrações	1,988*	r = 2	1,988*

* Valor crítico a 5% de significância maior que o valor calculado.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A seguir encontram-se listados as equações estimadas pelo modelo de correção de erros vetorial.

$$\text{DTAES} = 169.193^{\circ\circ} - 0.084^{\circ*}(\text{DTAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{DTCEEE}_{t-1} - 3.373^{\circ\circ\circ}\text{DTRGE}_{t-1} - 394308.4) - 0.049^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTAES}_{t-1}) + 0.138^{\circ} \text{ }^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTAES}_{t-2}) + 0.730^{\circ} \text{ }^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTCEEE}_{t-1}) - 0.031^{\circ} \text{ }^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTCEEE}_{t-2}) - 0.218^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTRGE}_{t-1}) - 0.250^{\circ} \text{ }^{\circ} (\text{DTRGE}_{t-2}) \quad (3)$$

$$\text{DTCEE} = 657.479^{\circ\circ\circ} - 0.098^{\circ*}(\text{DTAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{DTCEEE}_{t-1} - 3.373^{\circ\circ\circ}\text{DTRGE}_{t-1} - 394308.4) + 0.500^{\circ\circ}(\text{DTAES}_{t-1}) + 0.256^{\circ\circ}(\text{DTAES}_{t-2}) + 0.022^{\circ\circ}(\text{DTCEEE}_{t-1}) - 0.167^{\circ\circ}(\text{DTCEEE}_{t-2}) - 0.110^{\circ\circ}(\text{DTRGE}_{t-1}) - 0.126^{\circ\circ}(\text{DTRGE}_{t-2}) \quad (4)$$

$$\text{DRGE} = 2203.273^{\circ\circ\circ} + 0.034^{\circ*}(\text{DTAES}_{t-1} + 3.036^{\circ\circ\circ}\text{DTCEEE}_{t-1} - 3.373^{\circ\circ\circ}\text{DTRGE}_{t-1} - 394308.4) + 0.145^{\circ\circ}(\text{DTAES}_{t-1}) + 0.087^{\circ\circ}(\text{DTAES}_{t-2}) - 0.060^{\circ\circ}(\text{DTCEEE}_{t-1}) - 0.075^{\circ\circ\circ}(\text{DTCEEE}_{t-2}) - 0.480^{\circ\circ}(\text{DTRGE}_{t-1}) - 0.409^{\circ\circ}(\text{DTRGE}_{t-2}) \quad (5)$$

Onde, ° = significativo a 5% de significância, °° = significativo a 10% de significância e °°° = significativo a mais que 10% de significância.

Na Equação (3) os resultados significativos em até 10% de significância indicam uma relação negativa entre o fornecimento passado de energia pela RGE e o da AES, ou seja, a medida que a RGE aumenta seu fornecimento, nos períodos seguintes a AES tem uma queda no seu fornecimento, revelando a interação negativa existente entre as empresas.

Já na Equação (4) todos os parâmetros se revelaram significativos em até 10% de significância, mostrando que os valores passados da AES tem uma relação positiva com a CEEE, indicando que o fornecimento entre as duas companhias é complementar, ou seja, á

medida que aumenta o fornecimento da AES o da CEEE também aumenta. Já a RGE se mostra como uma concorrente, pois a medida que aumenta o seu fornecimento de energia o da CEEE diminui.

Enquanto que na Equação (5) os parâmetros significativos em até 10% de significância indicam que a AES é complementar em relação à RGE, a medida que aumenta o fornecimento pela AES o da RGE também aumenta, mostrando resultado oposto ao apresentado na Equação (3). Ou seja, quando a RGE passa a ser a variável dependente e a AES a explicativa, a relação entre as empresas apresenta resultados opostos do de quando é a AES a variável dependente, indicando que há uma relação de precedência entre as empresas para se verificar qual será o efeito verificado, dependendo de quem agir primeiro (preceder) o resultado será o oposto. Já a CEEE se revela como concorrente da RGE, pois um aumento no seu fornecimento diminui o da RGE corroborando com o resultado apresentado da Equação (4).

O Mecanismo de Correção de Erros (MCE) na Equação (3) e (4) ficou negativo indicando que no curto prazo o fornecimento de energia pela AES e CEEE está abaixo do equilíbrio do mercado. Já na Equação (5) o MCE ficou positivo indicando que no curto prazo o fornecimento de energia pela RGE está levemente acima do equilíbrio.

4 CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa refere-se às interações e influência existentes entre as três maiores empresas fornecedoras de energia elétrica no Rio Grande do Sul de janeiro de 1998 a junho de 2013 (TAES, TCEEE e TRGE). Para atender a tal objetivo, foi aplicada a metodologia VEC. Utilizando a modelagem VEC, testes de estacionariedade e cointegração, onde se observou que as variáveis são não estacionárias em nível, devendo ser diferenciadas uma vez para que se tornassem estacionárias (séries I(1)). Tendo em vista que foi detectado pelo menos um vetor de cointegração, estimou-se modelo de correção de erro para corrigir as relações de longo e curto prazo. A concentração do mercado nessas três empresas, mesmo que tenha diminuído nos últimos anos, ainda se mostra muito alta, sobrando menos de 20% do mercado para outras empresas de menor porte.

Como sugestão para futuros trabalhos, sugerimos um estudo desagregado do fornecimento de energia elétrica, o qual poderia ser dividido por setores, como o residencial, industrial e rural.

5 REFERÊNCIAS

BUENO, R. DE L. DA S. **Econometria de Séries Temporais**. 2ª Edição, São Paulo: CENGAG Learning, 2011.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. John Wiley & Sons, Inc., 2009.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**. Seção 3 Mercado Consumidor e Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, 2014.

FEE. **Fundação de Economia e Estatística**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br>>. Acessado em: 10 out. 2013.

HIROTA, H. H. **O mercado de concessão de transmissão de energia elétrica no Brasil**. 2006, Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP, 2006.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Contas Regionais do Brasil 2011. Rio de Janeiro, 2011.

LEITE, A. L. da S.; SANTANA, E. A. de. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Centro Tecnológico. **Concentração e desempenho competitivo no complexo industrial de papel e celulose 1987-1996**. Florianópolis, 1998. [105] f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Conheça o Sistema / O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, A. M.; et al. **Electrical energy supply for Rio Grande do Sul, Brazil, using forecast combination of weighted eigenvalues**. Bauru/SP: GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 6, nº 3, Jul-Set/2011, p. 23-39.

SOUZA, F. M.; SOUZA, A. M.; MENEZES, R. **Análise Empírica do Número de Consumidores e do Consumo de Energia Elétrica no Rio Grande do Sul por meio de Modelos Matemáticos**. Revista Online, Espacios. Vol. 34 (1) 2013. Pág. 2. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a13v34n01/13340102.html>>. Acessado em: 18 nov. 2013.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à Econometria: uma Abordagem Moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 701 p.