



## Concentração energética da indústria brasileira de cimento

**Luiz Moreira Coelho Junior<sup>1</sup>, Edvaldo Pereira Santos Júnior<sup>2</sup>, Flávio Melo de Luna<sup>3</sup>, Maria Luíza Coelho Cavalcanti<sup>4</sup>, Pablo Aurélio Lacerda de Almeida Pinto<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade Federal da Paraíba (luiz@cear.ufpb.br, edvaldo.junior@cear.ufpb.br, flavioluna3@gmail.com, malucoelhocavalcanti@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade de Pernambuco (pabloaurelioap@hotmail.com)

### Resumo

Este trabalho analisou o grau de concentração energética da indústria de cimento brasileira, no período de 1970 a 2013. Os dados utilizados foram obtidos no Balanço Energético Nacional (BEN). As medidas de concentração foram determinadas por meio dos indicadores de Razão de Concentração [ $CR(k)$ ], Índice de Herfindahl-Hirschman ( $HHI$ ), Índice de Entropia de Theil ( $E$ ), e Índice de Gini ( $G$ ). As conclusões foram que o setor de cimento apresentou duas fontes muito importantes para seu desenvolvimento, o óleo combustível até 1980 e a partir de 1999, o coque de petróleo, tornou-se a principal fonte energética desse tipo de indústria e fez com que a concentração em torno de si fosse crescente. Os indicadores apontam concentração elevada em todos os períodos. O  $CR(k)$  mostrou que está concentrado em duas fontes energéticas; O  $HHI$  se mostrou altamente concentrado; O  $E$  apontou uma concentração elevada; e o  $G$  demonstrou uma desigualdade média a forte com média de 0,60 para todo o período estudado.

Palavras-chave: economia da energia. matriz energética. indicadores concentração.

Área Temática: Energia e energias renováveis.

## Energy concentration of the Brazilian cement industry

### Abstract

*This work analyzed the degree of energy concentration of the Brazilian cement industry from 1970 to 2013. The data used were obtained in the National Energy Balance (BEN). Concentration measures were determined using the concentration ratios [ $CR(k)$ ], Herfindahl-Hirschman Index ( $HHI$ ), Theil Entropy Index ( $E$ ), and Gini Index ( $G$ ). The conclusions were that the cement sector presented two very important sources for its development, the fuel oil until 1980 and from 1999, petroleum coke, became the main energy source of this type of industry and made the concentration around him. Indicators indicate high concentration in all periods. The  $CR(k)$  showed that it is concentrated in two energetic sources;  $HHI$  was highly concentrated;  $E$  showed a high concentration; and  $G$  showed a mean to strong inequality with a mean of 0.60 for the entire period studied.*

*Key words: energy economics. energy matrix. indicators concentration.*

*Theme Area: Energy and renewable energy*



## 1 Introdução

A busca de estruturas de ambientes para se proteger das intempéries naturais, favoreceu o desenvolvimento de materiais capazes de proporcionar maior segurança. Em meados de 1830 o inglês Joseph Aspdin patenteou o processo de fabricação de um ligante, de calcário e argila, conhecido até hoje como, cimento. A partir daí, seu uso e sua comercialização cresceram de forma gradativa em todo o mundo (SNIC – Sindicato Nacional da Indústria de Cimento, 2013).

Em 2013, a China foi o maior produtor mundial de cimento com 2,3 bilhões de toneladas, 56,88% da produção total. O Brasil foi o 5º maior produtor mundial, com 70 mil toneladas e 1,73% da geração global. O sudeste brasileiro é a região com maior participação nacional, 44,46% no total (Cimento no Mundo, 2014).

O Brasil é importador de cimento. Em 2013, o país importou 1,02 milhões toneladas e os principais parceiros econômicos foram: Portugal (20,63%), Vietnã (18,85%) e Espanha (16,88%). As exportações nacionais foram de 22,15 mil toneladas destinados à Bolívia (44,76%), Paraguai (29,33%) e Colômbia (25,9%) (SNIC, 2014).

A Iniciativa para Sustentabilidade do Cimento - CSI (2002) afirma que para produzir uma tonelada de cimento deve consumir de 60 a 130 kg de combustível e 110 kWh de energia elétrica. Em 2013, a indústria brasileira de cimento consumiu 5,3 milhões toneladas equivalentes de petróleo (tep) e 8.15 GWh de eletricidade, assim o setor responsável pelo consumo de 2% da energia gerada no Brasil (EPE- Empresa de Pesquisa Energética, 2014).

Para Maríngolo (2001), na manufatura do cimento os processos de secagem, aquecimento e calcinação das matérias-primas são responsáveis por de 90% da demanda energética do setor. Os outros 10%, correspondem ao consumo de energia elétrica, utilizada no processo de moagem, operação de forno e resfriamento.

O consumo energético é decisivo no custo de fabricação do cimento. Com o objetivo de diminuir intuito de amenizá-los, são desenvolvidas técnicas de reutilização. Em 2010, a indústria nacional de cimento reciclou 900 mil toneladas de resíduos nos fornos das fábricas brasileiras, por meio de coprocessamento. Do total, 77% foi para cogeração energética e o restante transformou em matéria-prima para o cimento (CSI 2014).

Diante da necessidade de estudar o comportamento da demanda energética desta indústria, este trabalho analisou a concentração do uso de fontes energéticas na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013.

## 2 Material e métodos

### Dados utilizados

Os dados utilizados para mensuração da análise de mercado e concentração energética da indústria brasileira de cimento foram obtidos do Balanço Energético Nacional (BEN), em toneladas equivalentes de petróleo (tep), para o período de 1970 a 2013.

### Medidas de concentração e de desigualdade

Os indicadores de concentração e de desigualdade utilizados foram a razão de concentração, o índice de Hirschman-Herfindal, o índice de Entropia de Theil e o índice de Gini descritos a seguir.

A razão de concentração [CR(k)] considera a participação do consumo dos  $k$  (sendo  $k = 1, 2, \dots, n$ ) fontes energéticas de determinada indústria. Bain (1959) diz que a forma

algébrica da razão de concentração é  $CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i$ , em que,  $CR(k)$  = Razão de concentração



de  $k$  fontes energéticas;  $s_i = \text{Market share}$ , em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido total por determinada indústria.

O Índice Herfindahl-Hirschman ( $HHI$ ) mede a concentração industrial utilizando os dados de todos os países, em dada indústria, por meio de  $HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2$ , em que,  $n =$  número de fontes energéticas;  $s_i = \text{Market share}$ , em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria. Segundo Resende (1994) o limite inferior do índice é  $1/n$ , situação em que todas as fontes energéticas têm o mesmo tamanho. Já o limite superior do índice é igual a 1, indicando haver uma concentração máxima, quando há uma situação de monopólio.

Para o uso de análises comparativas, quando ocorre uma variação no número de fontes energéticas em dada indústria, Resende (1994) sugeriu um ajuste na fórmula do  $HHI$  como

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1); n > 1. \text{ A utilização dessa equação implica em um intervalo de}$$

variação entre 0 e 1 para o  $HHI$ . Assim, à medida que o índice se afasta de zero maior será a concentração. Ou seja, se a variação ocorre no intervalo  $0 \leq HHI' \leq 0,1$ , o mercado é desconcentrado. O intervalo  $0,1 \leq HHI' \leq 0,18$  indica um mercado pouco concentrado. Mas, quando  $HHI' > 0,18$ , o mercado é muito concentrado (RESENDE e BOFF, 2002).

Proposto por Theil (1967), o Índice de Entropia ( $E$ ) é  $E = \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i)$ , em que,  $n =$  número de fontes energéticas;  $s_i = \text{Market share}$ , em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria;  $\ln =$  logaritmo neperiano. O índice de *Entropia* mede o inverso da concentração. Em situações de monopólio, o valor da *Entropia* é igual a zero, o que significa concentração máxima. Já o limite superior do índice é igual a  $\ln(n)$ , isto é, as empresas possuem parcelas iguais de mercado e concentração mínima (RESENDE; BOFF, 2002).

De forma análoga ao sugerido para o  $HHI$ , Resende (1994) sugeriu que, para análises intertemporais, a expressão para o cálculo da *Entropia* seja ajustada da seguinte forma

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i). \text{ Assim, a entropia passa a variar entre 0, monopólio (concentração máxima), e 1, concorrência perfeita (concentração mínima).}$$

O Coeficiente de Gini ( $G$ ) é uma medida de desigualdade desenvolvida por Gini (1912)

$$\text{na obra “Variabilità e mutabilità”. O cálculo do índice é } G = 1 - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n}, \text{ em que, } n =$$

número de fontes energéticas;  $s_{ij} =$  participação cumulativa das fontes energéticas em ordem crescente;  $s_i = \text{Market share}$ , em porcentagem, da fonte energética  $i$  do total consumido da indústria.

O índice varia entre 0 e 1, classificado da seguinte forma: 0,101 – 0,250 desigualdade nula a fraca; 0,251 – 0,500 desigualdade fraca a média; 0,501 – 0,700 desigualdade média a forte; 0,701 – 0,900 desigualdade forte a muito forte; 0,900 – 1,000 desigualdade muito forte a absoluta.

### 3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta a evolução do consumo energético na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013. De 1970 a 2013 a indústria teve um consumo energético acumulado de 121,914 milhões tep e apresentou um crescimento médio de 3,26% a.a.. A



indústria brasileira de Cimento chegou a demandar 9 fontes na matriz energética. Estas fontes variaram de acordo com a necessidade devido aos aspectos econômicos, normas ambientais em busca por eficiência no setor.

De 1971 a 1980, a indústria cimenteira nacional consumiu inicialmente 1,39 milhões tep e fechou em 2,8 milhões tep e teve crescimento médio do consumo energético de 7% a.a.. Até 1974 o setor utilizou apenas 3 fontes energéticas que foram o óleo combustível, eletricidade e óleo diesel. A partir de 1975 houve inserção de outras fontes na matriz energética como, outras fontes não especificadas (1975), carvão mineral (1976), gás natural (1977) e carvão vegetal (1980). A principal fonte energética nesse período foi o óleo combustível.

Tabela 1 - Evolução do consumo energético por fonte, em 10<sup>3</sup> tep, na indústria brasileira de cimento (1970 a 2013).

IDENTIFICAÇÃO	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Coque de Petróleo	-	-	-	-	3	25	1.845	1.881	3.161	3.696
Óleo Combustível	1.180	1.878	2.045	85	982	1.270	510	23	8	17
Eletricidade	89	169	277	211	253	281	383	345	456	702
Óleo Diesel	23	26	28	19	11	16	24	35	45	68
Gás Natural	-	-	46	6	39	24	49	17	23	31
Carvão Mineral	-	-	252	1.002	583	406	184	6	52	133
Lenha	-	-	-	8	2	2	22	-	-	83
Carvão Vegetal	-	-	106	727	350	283	233	249	63	128
Outras Fontes	-	2	2	40	44	52	112	275	350	458
TOTAL	1.292	2.074	2.757	2.098	2.267	2.357	3.363	2.831	4.157	5.316

Fonte: BEN (2013).

Na década de 1980, houve decréscimo do consumo energético de 1,99% a.a.. De 1981 a 1985, como reflexo da Crise do Petróleo, o óleo combustível teve queda na participação de 45,20% a.a.. Até 1983, o setor de cimento contou com até 7 fontes energéticas. Em 1984, a lenha foi inserida na matriz energética e, em 1987, houve a inserção do coque de petróleo (0,5%). De 1983 a 1988, o carvão mineral e carvão vegetal foram as principais fontes energéticas do setor. De 1985 a 1990, a participação do óleo combustível voltou a subir a uma taxa média de 50,29% a.a..

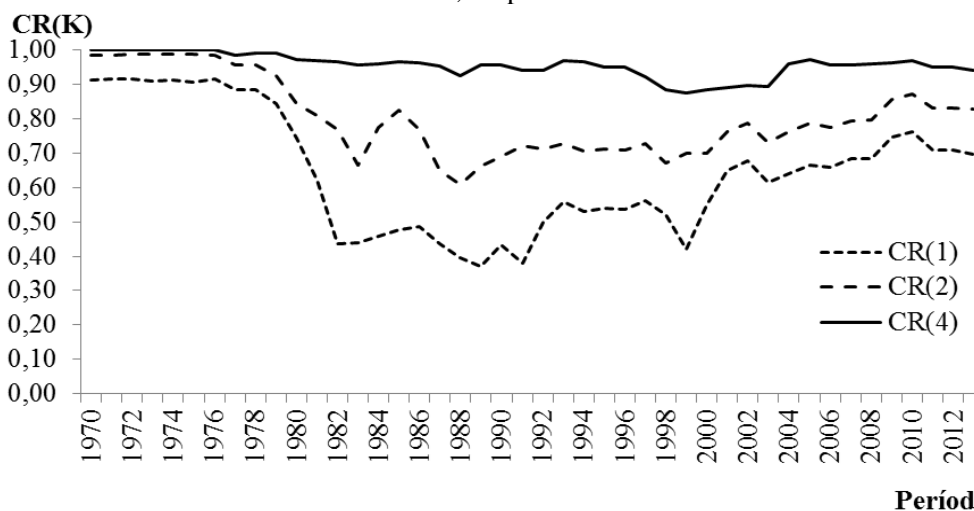
Em 1991, a indústria nacional de cimento consumiu 2,26 milhões tep e em 2000 consumiu 3,36 milhões tep, durante esta década o crescimento médio foi de 3,60% a.a. da demanda energética. Neste período foram utilizadas 9 fontes energéticas, com exceção 1991 (lenha) e 1993 (coque de petróleo). De 1996 a 2000, o uso do óleo combustível apresentou queda média de 10,25% a.a.. Em 1999, o coque de petróleo se tornou a principal fonte do setor. Em 2001, o consumo foi de 3,38 milhões tep e em 2010, 4,15 milhões tep. O crescimento médio nesse intervalo temporal foi de 2,08% a.a.. De 2001 a 2010, não houve uso da lenha na matriz energética da indústria de cimento. De 2002 a 2010, a indústria contou com 8 fontes de geração energética. O óleo combustível apresentou tendências de exclusão na matriz energética, o decréscimo foi de 28,42% a.a. até 2010.

No último triênio o consumo acumulado da indústria foi de 15,68 milhões de tep e o crescimento de 0,5% a.a.. Em 2011, a lenha recompôs a matriz energética do segmento de cimento. Em 2013, o coque de petróleo foi a fonte mais consumida, com 69,53% do total usado. A eletricidade tem participação importante no processo fabril e apresentou um crescimento médio de 4,79% a.a. a partir de 1970. Em 2013, foi responsável por 13,19% do total consumido na indústria.



A Figura 1 exibe a Razão Concentração [ $CR(k)$ ] do consumo das fontes energéticas da indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013. O  $CR(1)$  mostra que a indústria de cimento tem sua geração energética concentrada em uma fonte. O valor máximo de 0,9876 (98,76%) foi encontrado em 1974, quando o óleo combustível era a principal fonte do setor de cimento, o valor mínimo de 0,6093 foi observado, em 1988, com o carvão mineral como principal fonte. Durante o período de 1970 a 2013 o  $CR(1)$  teve média de 0,6425 e desvio padrão de 0,1749. Em 1983, houve a primeira mudança da fonte dominante no segmento, o óleo combustível, até então principal fonte de obtenção energética teve seu uso diminuído, motivado pela crise do petróleo. De 1983 a 1988, a média do  $CR(1)$  foi de 0,4488, caracterizando uma concentração moderada, nesse período o carvão mineral foi a principal fonte. A partir de 1988 o óleo combustível voltou a dominar o setor e a concentração cresceu a uma taxa média anual de 11,98%. No ano 1999 houve a substituição do óleo combustível pelo coque de petróleo, que atualmente é a principal fonte energética do setor, de 1999 a 2013 o  $CR(1)$  teve média de 0,6571, com crescimento médio de 6,67% a.a..

Figura 1 - Evolução do indicador Razão Concentração [ $CR(k)$ ] da demanda energética na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013.



Observando o  $CR(2)$  nota-se que setor brasileiro de cimento tem concentração muito elevada nas duas principais fontes energética. Em 1974, ano de maior concentração, o óleo combustível e a eletricidade representaram 98,76% do consumo energético nacional cimenteiro e em 1988, ano de menor concentração, o óleo combustível e o carvão mineral representaram 60,93%. De 1981 a 1997, o óleo combustível, carvão mineral e carvão vegetal foram alternadamente responsáveis pelo  $CR(2)$ , com maior concentração em 1981 (0,8095) e o óleo combustível e carvão mineral eram dominantes, a menor concentração em 1988 (0,6093), com carvão mineral e óleo combustível, a média para o período foi de 0,7191 e o desvio padrão de 0,0568. O período de 1998 a 2000, o óleo combustível junto ao coque de petróleo eram responsáveis por um valor médio de 0,689. De 2001 até 2013 coque de petróleo e eletricidade formam as duas maiores fontes de energia para o setor, o valor máximo de  $CR(2)$  foi 0,8699, em 2010, enquanto o menor foi 0,7610, em 2001. A média do período foi de 0,8015 classificando o setor como concentrado nas duas principais fontes energéticas.

De 1970 a 2013, o  $CR(4)$  apresentou média de 0,95, o que mostra um concentração muito alta. O valor máximo ocorreu no período de 1970 a 1976 quando a concentração foi de 100% sendo o óleo combustível, eletricidade, óleo diesel e gás natural as principais fontes. O valor mínimo foi de 87,31%, em 1999 (coque de petróleo, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal forneciam a maior parte da energia para o setor. O período de 1997 a 2003 foi

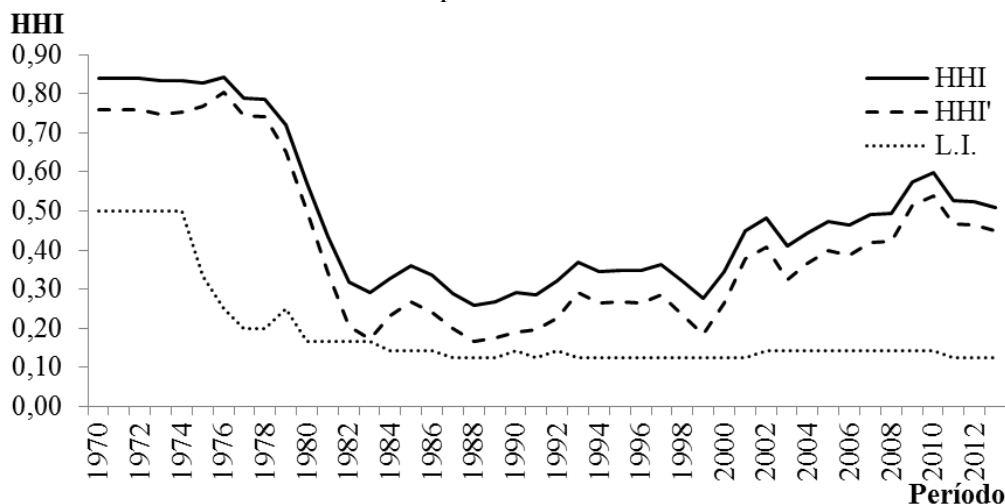




o de menor concentração, a média foi de 0,89. Durante esse intervalo o coque de petróleo, eletricidade, carvão mineral e vegetal eram as principais fontes do setor.

A Figura 2 mostra o comportamento do Índice Herfindahl-Hirschman (*HHI*) na indústria brasileira de cimento de 1970 à 2013. O indicador mostra que no período de 1970 à 1980 houve uma elevada concentração, o valor médio nesse intervalo foi de 0,8146 e o limite inferior de 0,3733, a diferença entre esses dois valores mostra uma elevada concentração. O *HHI'* teve média de 0,7485 no mesmo período.

Figura 2 - Evolução do índice Herfindahl-Hirschman da demanda energética na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013.



A partir de 1979 quando ocorreu a Crise do Petróleo, o setor teve de buscar fontes de energia alternativas, como o carvão vegetal ou mineral, isso fez com que a concentração diminuísse. De 1979 a 1999 a média do *HHI'* foi de 0,2648, o que é uma situação de concentração elevada, porém muito menor em comparação aos demais anos analisados. Em 2000 a concentração voltou a subir com a grande participação do coque de petróleo na matriz energética, o *HHI'* médio de 2000 à 2013 foi de 0,4146, enquanto a diferença média entre o *HHI* e o Limite Inferior para o mesmo período foi de 0,3484. O ano de maior concentração foi 1976, quando o *HHI'* foi de 0,8024 e o de menor concentração foi 1988 com *HHI'* de 0,1669. A média do *HHI* em todos os anos estudados foi de 0,4923, a do limite inferior foi 0,1909 e a do *HHI'* de 0,4136, o desvio padrão para este último foi de 0,2089.

A Figura 3 demonstra a evolução do Índice de Entropia para a indústria de cimento no período de 1970 a 2013, o indicador apontou uma concentração elevada na maioria dos anos estudados. A Entropia ajustada apontou no ano de 1976 a maior concentração de fontes no setor, com valor de 0,2114 e 1983 o de menor concentração com valor de 0,7320, de forma diferente aos demais indicadores quanto mais próximo de 0 for o valor da entropia maior será sua concentração. A média da entropia ajustada para todo o período proposto foi de 0,5260, este número reflete uma inconstância no uso de fontes, alternando entre períodos de grande concentração e de concentração mais moderada. Entre 1970 a 1979 a média da Entropia ajustada foi de 0,2894, mostra uma concentração elevada, com uso elevado de óleo combustível nos processos produtivos. De 1983 à 2000 a concentração foi elevada (0,6542) como reflexo da crise do petróleo que ocorreu na década de 70. A diferença entre a Entropia e o limite superior apontou também 1976 a maior concentração com 1,2691 e a menor concentração foi em 1983 com 0,5214.

A Figura 4 representa o indicador de desigualdade de Gini [*G*] para o período de 1970 a 2013 da indústria de cimento brasileira. O indicador demonstrou uma desigualdade média



a forte com média de 0,60 para todo o período estudado. O período de menor desigualdade foi de 1970 a 1976 com valor de 0,3637, a desigualdade é calculada com relação ao número de fontes que foram utilizadas no ano analisado. Esse período classifica-se como de desigualdade fraca à média. O de maior desigualdade foi de 2008 a 2013 com valor de 0,6908, esse período foi classificado como uma desigualdade forte. O indicador de Gini refletiu uma alta concentração principalmente a partir de 1976.

Figura 3 - Evolução da Entropia de Theil [E] da demanda energética na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013.

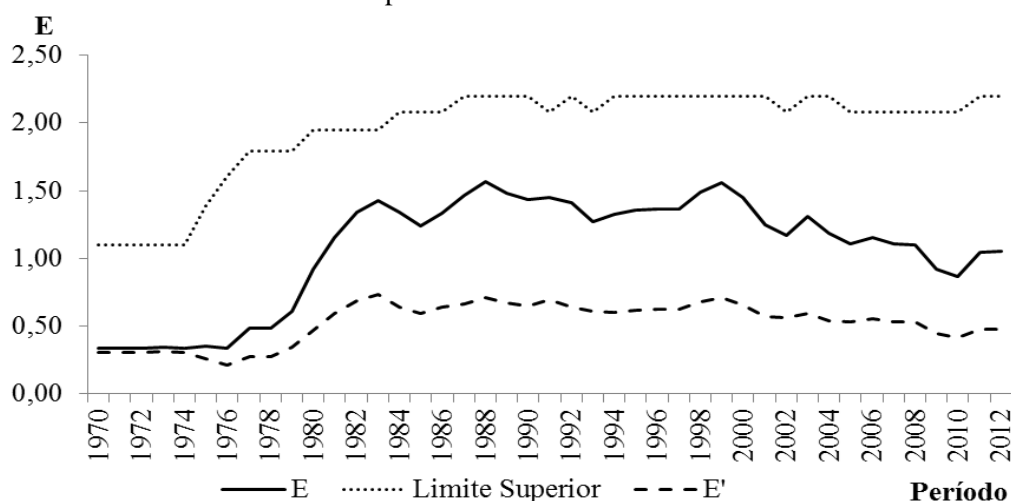
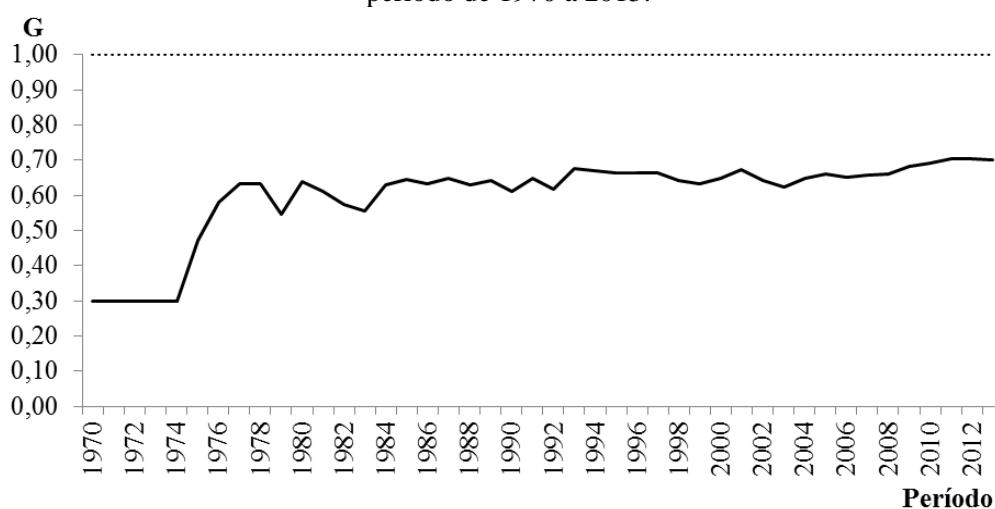


Figura 4 - Evolução do índice de Gini da demanda energética na indústria brasileira de cimento, no período de 1970 a 2013.



#### 4 Conclusão

A partir das análises realizadas, concluiu-se que a indústria brasileira de cimento apresenta uma concentração elevada no uso de suas fontes energéticas; O período de 1970 a 1976 mostrou grande concentração no uso do óleo combustível como fonte energética; As crises econômicas apontaram uma substituição de matéria-prima energética da indústria de cimento, do óleo combustível para os carvões, vegetais e minerais; No ano de 1999 o coque de petróleo se tornou a principal matéria-prima para o setor e continua sendo a mais importante fonte até os dias atuais; A razão de concentração mostrou que está concentrado em duas fontes energéticas; O Índice de Herfindahl-Hirschman se mostrou altamente



concentrado; O Índice de Entropia de Theil apontou uma concentração elevada; e o índice de Gini demonstrou uma desigualdade média a forte com média de 0,60 para todo o período estudado.

## Referências

BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BAJAY, S. V.. **Oportunidades de eficiência energética para indústria: relatório setorial: setor cimenteiro** – Brasília: CNI, 2009.64 p.

CIMENTO.ORG. **Cimento no mundo**. Disponível em: <<http://cimento.org/cimento-no-mundo/>>.2014. Acesso em: 15 de maio de 2015.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Indústria brasileira de cimento: Base para a construção do desenvolvimento**. Brasília, 2012.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

MARÍNGOLO, V. **Clínquero-processado: Produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade na indústria de cimento**.2001.Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 2001.22 p.

PETROBRAS. **Coque verde de petróleo**. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraindustriasetermeltricas/coqueveredepetroleo/>>. Acesso em: 01 de julho de 2015.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

SNIC - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>>. Acesso em: 20 de março de 2015.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

TOSTA, L. I.; SOUZA, A. C.; SILVA, R. J. **Gestão Da Energia Na Produção De Cimento Portland Com Uso De Mineralizadores E Combustíveis Alternativos**. 2007.XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade, Foz do Iguaçu-PR, 2007.