

METODOLOGIA

INDICADORES DO POTENCIAL POLUIDOR DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS NO RIO GRANDE DO SUL

Com o objetivo de se construir o Índice de Potencial Poluidor das Indústrias Extrativas e de Transformação (Inpp-Indústria) fez-se mister, primeiramente, a elaboração dos Indicadores de Potencial Poluidor da Indústria, do Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-Indústria) e do Índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria (IVAB-Indústria) conforme descrito abaixo.

1. Indicadores de Potencial Poluidor da Indústria

Os Indicadores de Potencial Poluidor da Indústria consistem nos percentuais da produção industrial oriundos das atividades econômicas por nível de potencial poluidor (alto, médio e baixo). Esses foram calculados para quatro níveis de unidades geográficas (municípios, Coredes, aglomerados urbanos e Estado) e são inspirados nos indicadores de potencial poluidor elaborados por Carvalho (2001) e Carvalho e Ferreira (1992), com uma metodologia distinta.

Apresentar-se-á agora, a seqüência de passos metodológicos seguidos até a obtenção desses indicadores:

1.1 Classificação das subclasses da CNAE quanto ao Potencial Poluidor

O primeiro passo consistiu em qualificar, quanto ao Potencial Poluidor, as subclasses das indústrias extrativas e de transformação na Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) (CONCLA, 2008). Fez-se imperativo utilizar-se as três versões da CNAE (CNAE-Fiscal 1.0, CNAE-Fiscal 1.1 e Subclasses da CNAE 2.0) visto que, na prática, constata-se que, apesar da abolição das duas primeiras versões, as três ainda estão em uso no Rio Grande do Sul.

Para qualificar a CNAE quanto ao Potencial Poluidor, adotou-se a classificação de Potencial Poluidor das atividades econômicas utilizadas pela Fundação Estadual de Proteção

Ambiental (FEPAM), no enquadramento dos empreendimentos para fins de licenciamento ambiental, constante em FEPAM/RS (Licenciamento, 2004).

Essa classificação tem origem em estudo de Perrit. (1981), que fornece de forma qualitativa a potencialidade poluidora segundo cinco parâmetros de poluição hídrica e de poluição atmosférica relativos às diferentes tipologias industriais do IBGE à época, pressupondo-se que cada tipo apresenta uma produção média e tecnologia convencional. Para cada parâmetro foram atribuídos pesos, de acordo com seus efeitos nocivos ao meio ambiente, e, a seguir, valores em função das características do ramo industrial, obtendo-se, ao final, as classificações qualitativas de potencial poluidor hídrico e atmosférico.

Posteriormente, a FEPAM uniu essas duas classificações, inserindo também um terceiro elemento, relativo aos efeitos dos resíduos sólidos, e associando a cada atividade econômica um grau de potencial poluidor (alto, médio ou baixo). Essa junção foi feita tomando-se, predominantemente, uma posição conservadora, ao se agregar em apenas uma as potencialidades poluidoras hídrica, atmosférica e de resíduos sólidos.

A classificação do potencial poluidor das atividades reflete o comportamento médio quanto ao risco de comprometimento no ambiente. A utilização da classificação de potencial poluidor de atividade não considera o porte do empreendimento, o grau de avanço tecnológico específico ou dos equipamentos de controle adotados. Outro fator limitante é o fato desta informação não ser desagregada por tipo de poluição ou poluente.

Quando da compatibilização da CNAE com a classificação da FEPAM, elas não se ajustaram de forma perfeita, havendo situações em que uma classe de atividade econômica da CNAE correspondia a mais de uma atividade econômica da FEPAM. Nesses casos, sempre se optou por classificar a atividade com o potencial poluidor mais alto das atividades econômicas correspondentes na classificação da FEPAM.

O arquivo [“CNAE FISCAL 1.0, 1.1 e SUBCLASSES DA CNAE 2.0 - Potencial Poluidor.xls”](#) disponível no *site* da FEE contém todas as subclasses das Indústrias Extrativa e de Transformação da CNAE-Fiscal 1.0, CNAE-Fiscal 1.1 e da CNAE 2.0 classificadas quanto ao Potencial Poluidor.

1.2 Obtenção do Valor da Produção Industrial

Para medir a produção industrial utilizou-se o seu Valor Adicionado Bruto (VAB). O VAB mede o valor do produto a preços básicos (produção total menos consumos intermediários) e está disponível ao nível das atividades econômicas para a totalidade dos

municípios do Estado. Os VAB setoriais dos municípios e do Estado do Rio Grande do Sul são calculados pela Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul FEE/RS em convênio com o IBGE. O VAB das demais unidades geográficas (Coredes, e aglomerados urbanos) são obtidos por agregação dos valores dos municípios que os compõem. O índice do VAB por unidade geográfica é obtido tomando-se o valor do Estado em 2001 como valor base.

1.3 Obtenção da Produção Industrial por Subclasses (CNAE) de Atividade Econômica

O valor da produção industrial, em cada unidade geográfica, foi rateado segundo as suas subclasses (agregação em sete dígitos) da CNAE. Utilizaram-se, como variáveis de rateio, as Saídas Contábeis Totais e o Valor Adicionado Fiscal (VAF)¹ das classes de atividade econômica industrial em cada unidade geográfica. Pelo fato das Saídas apresentarem algumas discrepâncias de um ano para o outro, utilizou-se o VAF como variável de controle para corrigi-las. Em situações em que as Saídas Contábeis Totais apresentassem valor inferior ao do VAF, elas tinham seus valores igualados ao VAF (uma vez que, teoricamente, este não pode superar as Saídas Contábeis Totais). Este procedimento corrigiu boa parte das discrepâncias, e, as restantes, não foram alteradas, pois não se pôde definir se as grandes variações realmente haviam ocorrido, ou se eram originadas por algum tipo de erro desconhecido. Todavia, essas situações foram raras.

1.4 Obtenção dos Indicadores de Potencial Poluidor

Uma vez qualificadas as subclasses da CNAE das indústrias extrativas e de transformação, de acordo com o seu potencial poluidor, e obtido os valores de produção industrial das mesmas por unidade geográfica, tornou-se simples o cálculo dos Indicadores de Potencial Poluidor, como definidos anteriormente.

¹ A fonte dos dados é a Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul.

2. Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-Indústria)

O Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-Indústria) foi elaborado para possibilitar a diferenciação entre unidades geográficas com níveis de potencial poluidor muito próximos. Essa necessidade se evidenciou quando da tentativa de analisar os municípios de Santa Cruz do Sul e Novo Hamburgo. Ao tentar-se estabelecer qual município estaria em uma situação melhor quanto ao potencial poluidor chegou-se a um impasse. Santa Cruz do Sul possuía o menor percentual de Alto Potencial Poluidor, porém, Novo Hamburgo apresentava um maior percentual de Baixo Potencial Poluidor. Qual estaria em melhor situação? Para resolver essa questão, e outras semelhantes, elaborou-se **um único índice**, com o qual fosse possível ordenar os municípios segundo a sua dependência das atividades potencialmente poluidoras.

Para resolver o dilema apontado acima, a princípio, necessitar-se-ia de um instrumento que apontasse o nível de concentração da produção industrial nas classes de potencial poluidor, ou seja, um índice que aferisse a concentração da produção nessas classes. Num primeiro momento, pensou-se em utilizar algum dos índices clássicos de concentração como, por exemplo, o índice de Hirschman-Herfindahl, Portocarreiro, Rosenbluth ou a entropia, bem detalhados em Hoffmann (1998) e Souza (1977). Esses índices são tradicionalmente utilizados em estudos de concentração industrial e podem ser aplicados, tanto para medir a concentração de um setor específico da indústria (utilizando dados de produção de cada empresa, por exemplo), quanto para a concentração da indústria como um todo (utilizando dados de produção de seus subsectores, por exemplo); ou mesmo em análises de concentração espacial (utilizando dados de produção de unidades geográficas, por ex.).

No entanto, para alcançar o objetivo proposto, a concentração não poderia ser mensurada exatamente da forma como descrita nos exemplos acima. Nenhum dos índices anteriormente citados possuía a característica desejada: medir a concentração da produção industrial **orientada segundo os níveis das classes** de potencial poluidor das atividades econômicas da mesma. Ou seja, mensurar, além do nível de concentração, a direção em que essa se dá, se no sentido das classes com mais alto ou mais baixo potencial poluidor. Com esse objetivo traçado, construiu-se o Indapp-Indústria, inspirado nos conceitos dos índices clássicos de concentração descritos acima, acrescentando-se a caracterização da direção dessa concentração.

Apresentar-se-á agora, de forma genérica, a seqüência de passos metodológicos seguidos na elaboração deste índice de concentração orientado. Posteriormente, esse foi utilizado com as variáveis de potencial poluidor das atividades econômicas da indústria e com o valor adicionado bruto dessas a fim de obter-se o Indapp-Indústria.

2.1 Obtenção do Índice de Concentração Orientado

Primeiramente precisou-se definir as duas variáveis com as quais se desejava trabalhar, quais sejam: a variável da qual se obteria a concentração orientada (o valor adicionado bruto da indústria), e a variável que daria a direção dessa concentração (o potencial poluidor). Nos índices clássicos de concentração essa última variável é sempre nominal (uma vez que não se necessitava de uma orientação para o cálculo da concentração). Exemplos dessas variáveis nominais foram descritos anteriormente (empresas de um determinado setor da indústria, unidades geográficas de uma determinada região, etc.). No presente desenvolvimento, no entanto, necessitava-se de uma variável mensurada em nível ordinal (o potencial poluidor) justamente para que a direção em que se calcularia a concentração fosse dada.

Definida as duas variáveis com as quais se trabalharia – **a variável de concentração** (o valor adicionado da indústria) e **a variável de direção** (o potencial poluidor) – tomou-se dos índices clássicos, citados anteriormente, o objeto de cálculo do pretendido índice de concentração orientado. A participação da variável de concentração nas classes da variável de direção é definida da seguinte forma:

$$y_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^k x_j} \quad (1)$$

onde:

y_i é a participação de X na classe z_i ;

X é a variável a qual a concentração será computada, ou seja, a variável de concentração;

Z é a variável de direção, que é mensurada, minimamente, em nível ordinal, possuindo assim k classes (z_1, z_2, \dots, z_k) as quais estão ordenadas segundo o seu nível de grandeza, de forma

que a primeira classe indique a classe de mais alto nível e a classe k indique a classe de mais baixo nível;

$X(z_i) = x_i$ é a função que define os valores de X nas k classes de Z .

Pretendia-se que esse novo índice tivesse valor máximo quando toda a concentração se desse na classe de mais alto nível da variável de direção. E de forma análoga, que tivesse valor mínimo quando toda concentração se desse na classe de mais baixo nível da variável de direção.

Inspirado no Gini, que toma as diferenças entre todas as observações da variável em estudo para efetuar o cálculo de seu índice de desigualdade, computaram-se todas as diferenças do tipo expresso em (2). Ou seja, todas as diferenças entre as participações da variável de concentração nas classes da variável de direção que atendessem a seguinte lei: são computadas somente diferenças de participação de uma classe mais alta para uma classe mais baixa da variável de direção. E é justamente essa regra **que introduz o caráter de orientação na formulação do índice**, e que faz atender as pretensões citadas no parágrafo anterior.

$$(y_i - y_j), \text{ com } i, j \in C \text{ e com } i < j \quad (2)$$

onde:

$C = \{1, 2, \dots, k\}$ é o conjunto dos índices das classes de Z .

Assim, a situação em que essas diferenças atingissem os maiores valores possíveis de forma simultânea, indicaria concentração completa na classe de mais alto nível da variável de direção. E de forma análoga, quando essas diferenças atingissem, simultaneamente, os menores valores possíveis, haveria concentração completa na classe de mais baixo nível da variável de direção.

Pretendia-se, também, que quando essas diferenças fossem, simultaneamente, as maiores possíveis, o índice construído atingisse seu valor máximo e, quando menores possíveis, o índice atingisse seu valor mínimo. Fez-se mister, então, escolher uma função que agregasse essas diferenças de tal forma que os pressupostos delineados fossem atendidos. A soma seria uma função que poderia ser usada para a construção do índice. No entanto, como se percebe na expressão (3), essa função introduziria pesos diferenciados nas participações (da variável de concentração na variável de direção) quando agregadas.

$$\begin{aligned}
I &= (y_1 - y_2) + \dots + (y_1 - y_k) + (y_2 - y_3) + \dots + (y_2 - y_k) + \dots + (y_{k-1} - y_k) = \\
I &= (k-1)y_1 + (k-3)y_2 + (k-5)y_3 + \dots + [k - (2k-1)]y_k = \sum_{i=1}^k (k-2i+1)y_i
\end{aligned} \tag{3}$$

onde:

I é o índice de concentração orientado.

Em vista disso, optou-se pelo produto como função agregativa das diferenças a fim de se compor o índice. Porém, como se tratava de diferenças de percentuais (participações), essas poderiam variar no intervalo $[-1;1]$, o que é uma inconveniência em se tratando de produtos, uma vez que não se poderia definir antecipadamente qual seria o sinal do resultado. Para garantir-se que as diferenças teriam sempre sinal positivo, somou-se uma constante a todas elas. Escolheu-se o número dois, o que se pode justificar de duas formas: primeiro porque eliminaria os sinais negativos e, segundo, porque faria com que as diferenças variassem no intervalo $[1;3]$, o que é extremamente desejável em se tratando de produtos. O limite inferior desse intervalo traz benefícios ao cômputo do índice, uma vez que, quando as diferenças fossem mínimas essas seriam iguais a um, que é o elemento neutro da multiplicação. Ou seja, o índice não seria incrementado quando as diferenças fossem mínimas, tendo seu valor aumentado somente quando isso não acontecesse.

Todavia, simplesmente efetuar-se o produto dessas diferenças acrescidas de dois afetaria a escala do índice. Em vista disso, optou-se por extrair a raiz C_k^2 (a raiz n -ésima, onde $n = C_k^2$, o total de diferenças computadas) do resultado do produto a fim de que a escala não fosse alterada. Dessa forma chegou-se a seguinte expressão (4):

$$I = C_k^2 \sqrt[\prod_{\{i,j \in C | i > j\}}]{(y_i - y_j + 2)} \tag{4}$$

O índice acima definido possui as seguintes propriedades:

1) Atinge valor máximo quando há concentração completa na classe de maior nível da variável de direção, e esse valor é igual a:

$$Máx(I) = \sqrt[C_k^2]{3^{(k-1)} 2^{(C_k^2 - (k-1))}} \tag{5}$$

2) Atinge valor mínimo quando há concentração completa na classe de menor nível da variável de direção, e esse valor é igual a:

$$Min(I) = \sqrt[k]{2^{(C_k^2 - (k-1))}} \quad (6)$$

Porém, como se desejava que o índice variasse no tradicional e mais “amigável” intervalo de zero a um, aplicou-se a seguinte transformação linear – mostrada na expressão (7) – a sua expressão anterior (4). Essa transformação utiliza os valores máximo (5) e mínimo (6) dá formulação anterior a fim de alterar os seus limites de variação:

$$I = \frac{\left(\sqrt[k]{\prod_{\{i,j \in C | i > j\}} (y_i - y_j + 2)} \right) - \left(\sqrt[k]{2^{(C_k^2 - (k-1))}} \right)}{\left(\sqrt[k]{3^{(k-1)} 2^{(C_k^2 - (k-1))}} \right) - \left(\sqrt[k]{2^{(C_k^2 - (k-1))}} \right)} \quad (7)$$

Dessa forma, obteve-se a expressão final do índice de concentração orientado, o qual varia no intervalo de zero a um, onde o valor de zero acontece quando a concentração se dá toda na classe mais baixa da variável de direção, e de um quando na classe de maior nível.

2.2 Obtenção do Índice de Dependência do Potencial Poluidor (Indapp)

Utilizando o índice acima definido com as variáveis de potencial poluidor das atividades econômicas da indústria como variável de direção, e o valor adicionado bruto da indústria como variável de concentração obtém-se o Indapp. Nessa contextualização, a variável de direção (o potencial poluidor) possui três ($k=3$) classes ordinais (alto, médio e baixo). Assim a forma de cálculo do Indapp fica:

$$Indapp_{i,t} = \frac{\sqrt[3]{(y_{A,i,t} - y_{M,i,t} + 2)(y_{A,i,t} - y_{B,i,t} + 2)(y_{M,i,t} - y_{B,i,t} + 2)} - \sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{18} - \sqrt[3]{2}} \quad (8)$$

onde:

$y_{A,i,t}$ é a participação do VAB das atividades econômicas da indústria de alto potencial poluidor da unidade geográfica i no tempo t ;

$y_{M,i,t}$ é a participação do VAB das atividades econômicas da indústria de médio potencial poluidor da unidade geográfica i no tempo t ;

$y_{B,i,t}$ é a participação do VAB das atividades econômicas da indústria de baixo potencial poluidor da unidade geográfica i no tempo t ;

A tabela 1 fornece uma espécie de guia para se compreender melhor os resultados fornecidos pelo Indapp-Indústria. Nela, constam valores extremos e intermediários dos Indicadores de Potencial Poluidor e seus respectivos Indapps para unidades geográficas fictícias. Com esses resultados, pode-se avaliar o critério analítico do índice, o qual não avalia apenas o Indicador de Alto Potencial Poluidor, mas também o Médio e o Baixo para que se possa indicar com maior objetividade que unidades geográficas estão em melhor ou pior situação quanto ao tema em estudo.

Tabela 1 – Indicadores de Potencial Poluidor por nível, Indapp-Indústria e ordem de classificação, por unidades geográficas fictícias.

Unidades Geográficas	Indicadores de Potencial Poluidor			Indapp - Indústria	
	Alto	Médio	Baixo	Índice	Ordem
A	100%	0%	0%	1,0000	1
B	70%	20%	10%	0,8304	2
C	50%	50%	0%	0,7796	3
D	70%	10%	20%	0,7727	4
E	20%	70%	10%	0,5554	5
F	33%	33%	33%	0,5438	6
G	50%	0%	50%	0,5126	7
H	10%	70%	10%	0,4984	8
I	0%	100%	0%	0,4095	9
J	0%	50%	50%	0,2874	10
K	20%	10%	70%	0,2792	11
L	10%	20%	70%	0,2397	12
M	0%	0%	100%	0,0000	13

Fonte: Elaboração própria.

3 Índice de Potencial Poluidor da Indústria (Inpp–Indústria) e Índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria (IVAB–Indústria)

O Índice de Potencial Poluidor da Indústria (Inpp-Indústria) foi elaborado visando atender uma lacuna de análise deixada pelo Indapp-Indústria. Este mostra a dependência de uma determinada unidade geográfica quanto às atividades industriais potencialmente poluidoras, mas essa dependência não é indicada de forma absoluta, mas sim relativa. Por exemplo, dois municípios podem ser totalmente distintos quanto ao tamanho de sua produção industrial, e ainda sim possuírem o mesmo Indapp-Indústria, uma vez que, como esse é um índice relativo, esses dois municípios podem ter o mesmo nível de dependência das atividades industriais potencialmente poluidoras, sem, no entanto, ter o mesmo potencial poluidor.

Dessa forma, fez-se necessário a mensuração do tamanho da indústria, através do Índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria (IVAB-Indústria), o qual é calculado como um número-índice tradicional com base igual ao valor do VAB do estado em 2002, como mostra a expressão (9):

$$\text{IVAB - Indústria}_{i,t} = \frac{\text{VAB - Indústria}_{i,t}}{\text{VAB - Indústria}_{\text{RS},2002}} \quad (9)$$

onde:

IVAB – Indústria $_{i,t}$ é o índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria da unidade geográfica i no tempo t ;

VAB - Indústria $_{i,t}$ é o Valor Adicionado Bruto da Indústria da unidade geográfica i no tempo t ;

VAB - Indústria $_{\text{RS},2001}$ é o Valor Adicionado Bruto da Indústria do estado do Rio Grande do Sul no ano de 2002.

Assim, o Inpp-Indústria foi obtido combinando-se o Indapp-Indústria com o IVAB-Indústria. Ou seja, construiu-se um índice que computasse, de forma conjunta, o tamanho da indústria com o nível de dependência das atividades industriais potencialmente poluidoras de uma determinada unidade geográfica. Esse cômputo consistiu no produto dos dois índices mencionados acima, como mostra a expressão 10:

$$\text{Inpp-Indústria}_{i,t} = \text{Indapp-Indústria}_{i,t} \times \text{IVAB-Indústria}_{i,t} \quad (10)$$

onde:

Inpp–Indústria $_{i,t}$ é o Índice de Potencial Poluidor da Indústria da unidade geográfica i no tempo t ;

Indapp–Indústria $_{i,t}$ é o Índice de Dependência do Potencial Poluidor da Indústria da unidade geográfica i no tempo t ;

IVAB–Indústria $_{i,t}$ é o índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria da unidade geográfica i no tempo t .

Assim, obteve-se de fato, uma medida do “tamanho” do potencial poluidor das atividades econômicas da indústria por unidade geográfica.

BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli de. **Potencial poluidor e intensidade do consumo de energia elétrica** – a construção de indicadores ambientais a partir da PIM-PF (IBGE). Trabalho apresentado no IV Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Belém do Pará, 2001.

CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli de; FERREIRA, Myriam Thereza. Poluição e crescimento na “década perdida”. **Políticas Governamentais** 80, maio/junho 1992, p. 10-12.

CONCLA: Comissão Nacional de Classificação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/concla/default.php> Acesso em: 10 de dezembro de 2008.

HOFFMANN, Rodolfo. **Distribuição de Renda: Medidas de Desigualdade e Pobreza**. Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 275 p.

JANNUZZI, Paulo de Martino. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, 36 (1), p.51-72, 2002.

JANNUZZI, Paulo de Martino; GRACIOSO, Luciana de Souza. Produção e disseminação da informação estatística – agências estaduais no Brasil. **São Paulo em Perspectiva** 16(3), p. 92-103, 2002.

LICENCIAMENTO Ambiental. FEPAM/RS. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/central/tab_enquadramento/tab_enq.asp. Acesso em: 01 de novembro de 2004.

PERRIT, Richard (Coord.). Critérios Ambientais para o zoneamento industrial. Porto Alegre: FEE, 1981.

SOUZA, Jorge de. **Estatística Econômica e Social**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1977. 229 p.