

O Índice Brasil de Inovação (IBI): uma discussão sobre seus aspectos metodológicos e conceituais

Edmundo Inácio Jr.^{1,2}
eijunior@ige.unicamp.br

André T. Furtado¹
furtado@ige.unicamp.br

Ruy Quadros¹
ruyqc@ige.unicamp.br

Silvia A. Domingues¹
silvia@ige.unicamp.br

Edilaine V. Camillo¹
edilaine@ige.unicamp.br

Sabine Righetti¹
sabine@ige.unicamp.br

¹ Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). ² Faculdade de Administração da Aeronáutica (FAAer) da Academia da Força Aérea (AFA).

Resumo

O artigo tem como objetivo apresentar a metodologia de construção do indicador composto chamado *Índice Brasil de Inovação (IBI)*. A justificativa para tal esforço reside na necessidade de se ter um indicador sintético que busque medir de forma abrangente a inovação tecnológica das empresas em suas diversas dimensões. A metodologia do trabalho consiste na apresentação dos diversos passos que levaram a construção do índice. Em um primeiro momento, faz-se uma revisão da literatura sobre indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Em seguida, apresentam-se as variáveis selecionadas que compõem os indicadores do IBI e as fontes de dados utilizadas em sua construção. Um terceiro momento aborda dois outros fatores importantes: a forma de normalização e os pesos adotados para cada um desses indicadores. Como resultado chegou-se a um índice composto de 15 variáveis, que formam dois grandes macro-indicadores, o Indicador Agregado de Esforço (IAE) e o Indicador Agregado de Resultado (IAR) do processo de geração de inovações. Estes dois macro-indicadores se desdobram em mais dois indicadores cada, sendo o Indicador de Atividade Inovativa (IAI) e o Indicador de Recursos Humanos (IRH) para os esforços e o Indicador de Receita de Vendas com produtos novos (IRV) e o Indicador de Patentes (IPT) para os resultados. Por fim, faz parte das considerações finais a discussão dos principais desafios para sua melhoria e consolidação.

1 Considerações iniciais

Muitos estudos sobre indicadores de inovação tecnológica (IT) na empresa apóiam-se em um número muito pequeno de indicadores (FREEMAN e SOETE, 2007). Esse procedimento é cada vez mais insatisfatório, como muitos estudiosos afirmam, dada a natureza complexa e multifacetada do processo de inovação (HAGEDOORN e CLOODT, 2003). Contribuindo para avançar no equacionamento dessa problemática, o presente artigo tem como objetivo apresentar a metodologia de construção do IBI. Esse índice busca medir de forma abrangente a inovação tecnológica das empresas. A justificativa para tal esforço reside na necessidade, expressada por diversos segmentos, de se ter um indicador que busque medir de forma sintética a inovação tecnológica em suas diversas dimensões.

No Brasil não há registro de outro esforço na construção de um indicador, tal como o aqui proposto, que possa ser utilizado como instrumento para ordenar as empresas industriais de acordo com seu grau de inovação. Além disso, espera-se que o IBI sirva como ferramenta de *benchmarking*, para que as empresas avaliem seu desempenho inovador, e de auxílio na

formulação de políticas públicas, por proporcionar um maior conhecimento das atividades inovativas das empresas. De maneira a explorar esse assunto, além das considerações iniciais e finais o artigo está dividido em mais cinco seções.

A seção 2 faz uma revisão da literatura, principalmente internacional, sobre indicadores de CT&I. Na seção 3 procede-se a apresentação das fontes de dados utilizados na construção do IBI. Em seguida, a seção 4, aborda um dos aspectos mais delicados do projeto que foi seleção de quais variáveis iriam compor cada subindicador. Esse é o ponto de partida para a construção de um indicador agregado e infelizmente, não está ausente de críticas e dificuldades inerentes ao processo. A seção 5 trata outros dois fatores importantes: a forma de normalização e os pesos atribuídos a cada um desses subindicadores. Faz parte das considerações finais uma discussão dos principais desafios para sua melhoria e consolidação.

2 Indicadores de inovação tecnológica e sua importância

Em todo o mundo, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, tem se acirrado o debate sobre o papel da ciência e da tecnologia na solução, não só de seus próprios problemas – alargamento de sua fronteira, de seu conhecimento – como também, cada vez mais, tem se esperado delas – como fatores-chave que são – ações concretas que permitam o desenvolvimento econômico e social dos países. Estes interesses, profunda e paulatinamente, têm estimulado o debate e ampliado políticas e ações voltadas à inovação, de maneira que os mais diversos envolvidos têm voltado suas atenções nas relações entre a aplicação dos recursos e os resultados por eles gerados.

Como qualquer outro indicador, os indicadores de IT também se baseiam na estatística como ferramenta para sua obtenção, e tratam sempre com grandes volumes de dados quantitativos. Inerente ao processo de construção dos indicadores de inovação, como sempre destacam os estudiosos da área – e.g., Sirilli (1998), está a dificuldade de coleta, análise e tomada de decisões a partir das informações obtidas. Fatores como a diversidade e disponibilidade dos dados, ferramentas e modos adequados para acessá-los, e as diferentes formas tomadas pela informação devido à necessidades distintas, são normalmente apontados como os responsáveis por tal dificuldade. Além desses fatores, o modelo teórico nos quais os indicadores estão embutidos e também a metodologia utilizada têm uma influência decisiva na validação ou na refutação destes indicadores.

Felizmente, tais fatores, apesar de dificultarem as tarefas, jamais as impedem que sejam levadas a cabo. A esse respeito Galileu (apud PEREIRA, 1999) já dizia que tudo é passível de mensuração e que se deve medir o mensurável e transformar em mensurável o que, à primeira vista, não o for. Além disso, como, destaca Freeman (1969), “*elas [as estatísticas] são melhores que nada*”. Cabe salientar também que os indicadores de IT representam um aspecto particular de um complexo sistema, e como tal, devem sempre ser vistos com precaução, pois nem sempre refletem a realidade das empresas, o desempenho da organização e outros elementos-chave no processo de inovação.

Recentemente, os indicadores estão alicerçados em um referencial teórico diferente do tão amplamente aceito sistema linear de inovação, que se adequou muito bem aos conceitos de *science push* e *demand pull*. Modelos interativos, como e.g., o Modelo de Elo de Cadeia (*Chain-link Model*), de Kline e Rosenberg (apud OCDE, 1992) descrevem melhor a realidade por enfatizar a concepção de que a inovação é resultado de um processo de interação entre

oportunidades de mercado e a base de conhecimentos e capacitações da firma, envolvendo inúmeros subprocessos sem uma seqüência claramente definida, e com resultados altamente incertos. Esse modelo teórico, por seu turno, exige uma nova abordagem na coleta, tratamento e interpretação dos indicadores.

Entre os indicadores mais utilizados (talvez pelo ponto de vista de sua importância, ou de sua disponibilidade) para avaliar a inovação tecnológica estão: os indicadores de intensidade de P&D, os *surveys* de inovação e os dados sobre patentes. Nesse ponto dar-se-á atenção aos *surveys* de inovação, uma vez que o projeto do IBI está alicerçado neste tipo de fonte de dados. Os *surveys* surgem como novos instrumentos de medida de inovação nas últimas duas décadas, em resposta ao modelo interativo de inovação, no qual as diferentes fases do processo são independentes e não hierarquicamente estruturadas como no modelo linear.

Até recentemente, esse tipo de pesquisa era realizado por agências governamentais, escritórios estatísticos ou instituições acadêmicas com finalidades específicas. Os resultados diferiam consideravelmente, não havendo nenhuma possibilidade de comparação. No início dos anos 90, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) fez um esforço para padronizar a metodologia de coleta das informações por essas pesquisas por meio da divulgação do Manual de Oslo (primeira edição em 1992). Em colaboração com a OCDE, a EUROSTAT preparou um questionário e em 1993-1994 a União Européia financiou a aplicação do *Community Innovation Survey* (CIS).

De acordo Sirilli (1998) as principais vantagens desse tipo de pesquisa reside no fato que os dados sobre as inovações, por serem relativas à estrutura industrial, detêm a mesma importância dos dados econômicos sobre a produção, valor adicionado, emprego etc. Essas pesquisas também abarcam tanto as firmas inovadoras, quanto as não inovadoras, o que permite identificar os fatores que contribuem para a ocorrência da inovação e produzir dados sobre as firmas que geram e aquelas que usam a inovação (processo de difusão da tecnologia).

Contudo, os indicadores obtidos através de *surveys* também são passíveis de questionamento. Vários aspectos relacionados à inovação, como o conhecimento tácito adquirido durante o processo de desenvolvimento da tecnologia, por exemplo, não são mensuráveis. Os *surveys* ainda não são comparáveis internacionalmente, apesar dos esforços para padronizá-los, e como se trata de uma iniciativa recente, não há como fazer análises de séries temporais de períodos mais longos (ARCHIBUGI e PIANITA, 1996; ARUNDEL *et al.*, 1998).

3 Fonte dos dados

As três fontes de dados utilizadas pelo projeto são provenientes de duas das principais agências governamentais brasileiras. A Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) e a Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa) são realizadas periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os dados relacionados às patentes provêm do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual¹.

¹ <http://www.ibge.gov.br> e <http://www.inpi.gov.br/>, respectivamente.

A PINTEC é único *survey* de inovação com abrangência nacional que se estende a todas as empresas que empregam 10 ou mais pessoas², que possuem registro no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica do Ministério da Fazenda - CNPJ, e que, no Cadastro Central de Empresas – CEMPRE do IBGE, estão classificadas como empresa industrial³; segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE.

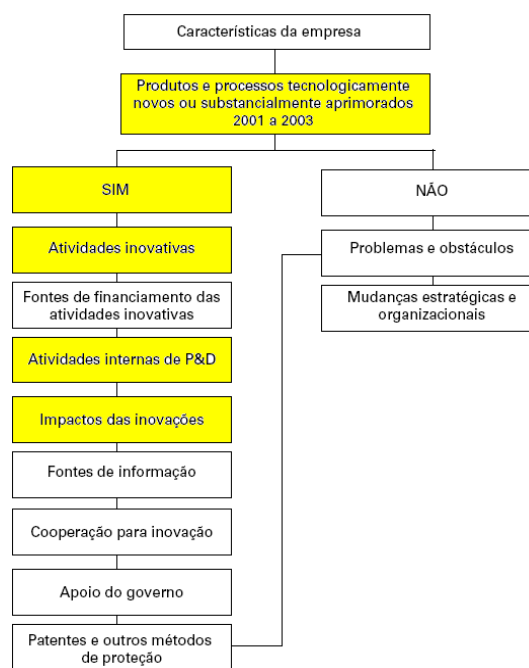
Seu principal objetivo é a construção de indicadores setoriais, nacionais e regionais, das atividades de inovação tecnológica nas empresas industriais brasileiras, compatíveis com as recomendações internacionais em termos conceituais e metodológicos, conforme descritos no Manual de Oslo (OCDE, 1997). Seu foco está no aprofundamento do tema da inovação tecnológica. Ao todo, o questionário conta com 196 perguntas que englobam diversas dimensões importantes do processo de inovação. Entre suas informações contam aquelas concernentes aos gastos com as atividades inovativas; as fontes de financiamento destes gastos; o impacto das inovações no desempenho das empresas; as fontes de informações utilizadas, os arranjos cooperativos estabelecidos; o papel dos incentivos governamentais; e os obstáculos encontrados às atividades de inovação.

A Figura 1 abaixo ilustra os vários temas abordados pela PINTEC e as variáveis investigadas bem como serve de orientação para o questionário, que segue uma divisão por blocos. O IBI-2003 refere-se a PINTEC-2003, que coletou informações referentes ao triênio 2001-2003. Os blocos em amarelo representam as variáveis selecionadas para compor o IBI. O detalhamento dessas variáveis está na próxima seção.

Uma das vantagens de se trabalhar com informações de pesquisas de inovação, como a PINTEC, é que ambas as dimensões do processo de inovação empresarial são amplamente consideradas na metodologia. Dessa forma, o projeto IBI utiliza as informações fornecidas pelas empresas, com base no questionário respondido para a PINTEC-2003.

A PINTEC não deu conta de reunir todas as variáveis necessárias para a composição do IBI. Assim, apenas uma variável foi buscada na PIA-Empresa 2003. Essa pesquisa, que desde 96 é anual, forma o núcleo central das estatísticas das indústrias extrativas e de transformação brasileiras, gerando informações que possibilitam o dimensionamento da produção, do consumo intermediário, dos gastos com a folha de pagamento, do volume de pessoas ocupadas e das despesas com formação de capital.

Figura 1: Temas abordados na PINTEC-2003



Fonte: IBGE, PINTEC-2003, p. 17

² De acordo com os dados da PIA - Empresa, em relação à população de empresas com cinco ou mais pessoas ocupadas, este corte representa cerca de 60% do número de empresas, 94% do número de pessoas ocupadas e 98% do valor da transformação industrial.

³ Principal receita derivada da atuação nas atividades das indústrias extrativas ou indústrias de transformação.

Tem como objetivo fornecer informações anuais sobre empresas industriais que empregam cinco ou mais pessoas, classificadas segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE. Como as bases de dados do IBGE estão vinculadas, articulações entre os dados provenientes das duas pesquisas, PINTEC e PIA, não foi problema.

Por fim, uma terceira base de dados utilizada foi a de patentes de empresas residentes no país, fornecida pelo INPI. Ela foi necessária porque a PINTEC não traz informações quantitativas sobre patentes. Para essa questão houve a trabalho adicional do IBGE de classificar as empresas da base de patentes de acordo com a CNAE, a dois dígitos, possibilitando assim o cruzamento com as informações da PINTEC para a construção de um dos indicadores propostos.

3.1 Forma de acesso aos dados

Os indicadores que são normalmente usados para medir as atividades de CT&I não estão disponíveis para o público, no nível da empresa. Mesmo quando existe levantamento de informações dessa natureza, como é o caso da PINTEC, essa informação está submetida a cláusulas de sigilo. Dessa maneira, não é possível obter os dados por empresa. No Brasil, a única informação pública disponível é a de patentes e marcas. Em decorrência, será feito um levantamento específico de informações com vistas à construção desse índice.

Dada a restrição das bases de dados disponíveis, optou-se por uma abordagem inicial que pudesse constituir-se em alternativa rápida e de baixo custo para a apresentação de resultados em curto prazo. Por isso o IBI-2003 baseou-se no fornecimento voluntário pelas empresas, das informações por elas prestadas ao IBGE, em resposta à coleta da PINTEC 2003. Mesmo com limitações, os indicadores das pesquisas de inovação estão ancorados em abordagem ampla e satisfatória para uma primeira aproximação do que seria a capacidade efetiva de inovação das empresas. Numa segunda etapa, novos indicadores, cuja elaboração demandaria produção de informações primárias, poderiam ser incorporados na construção do IBI, de modo a aperfeiçoá-lo.

O requisito para que tal possibilidade se viabilizasse era a concordância das empresas em fornecer as informações da PINTEC para a equipe responsável pela elaboração do IBI. Essa seria a forma de participarem do ranking das mais inovadoras a custo adicional zero, no que concerne a coletar, preparar e comunicar informações, com a garantia de sigilo sobre informações individuais uma vez que, sendo o IBI um índice composto, resultante do tratamento matemático de diversas informações das empresas, o mesmo não é revelador das informações que o alimentam.

4 Variáveis selecionadas

Esta seção traz o detalhamento do índice proposto. Iniciamos com a discussão das variáveis selecionadas para compor o IBI, seus pressupostos teóricos e práticos. Em seguida, explicitaremos o tratamento dado a cada uma delas, com respeito a forma de ponderação e a normalização para a construção dos subindicadores. Apesar de existir uma quantidade crescente de indicadores que servem para descrever o processo de inovação e para captar aspectos relevantes do mesmo, quase sempre, eles são parciais e incompletos. Por essa razão

justifica-se a criação de um índice composto como o IBI, que agrega diversos indicadores de IT.

A Tabela 1, abaixo, traz o detalhamento das 15 variáveis que foram selecionados para a composição do IBI, agrupadas segundo as duas principais dimensões do processo de inovação. Apesar da Tabela 1 também trazer informação de quais variáveis compõem quais indicadores, somente na próxima seção entraremos nos detalhes da forma de cálculo e agregação das variáveis que formam dois macro-indicadores (Indicador Agregado de Esforço e Indicador Agregado de Resultado), que por sua vez são compostos por dois meso-indicadores cada, dois que medem os esforços (Indicador de Atividade Inovativa – IAI e Indicador de Recursos Humanos – IRH) e dois que medem os resultados (Indicador de Receita de Vendas com produtos novos – IRV e Indicador de Patentes – IPT). Por ora, os parágrafos a seguir destinam-se a contextualizar e justificar a seleção dessas variáveis.

Tabela 1: Variáveis utilizadas na composição do IBI

	Sigla	Descrição	Questão PINTEC-2003	Escala	
Dimensão dos Esforços (Indicador Agregado de Esforço - IAE)					
Índice Brasil de Inovação (IBI)	PI	Dispêndios com P&D interna	31		
	PE	Dispêndios com P&D interna	32		
	OC	Dispêndios com outros conhecimentos externos	33		
	IAI	ME Dispêndios com máquinas e equipamentos	34	R\$ (mil)	
		TR Dispêndios com treinamento	35		
		LP Dispêndios com lançamento de produto	36		
		PR Dispêndio com projeto industrial	37		
		GR Total de graduados ocupados em P&D	48, 53 e 58		
		IRH	MT Total de mestres ocupados em P&D	47, 52, e 57	Unidades
		DR	Total de doutores ocupados em P&D	46, 51 e 56	
	Dimensão dos Resultados (Indicador Agregado de Resultado - IAR)				
		RE	Receita de vendas com produtos novos para a empresa	85 e 89	
		IRV	RN Receita de vendas com produtos novos para o mercado nacional	86 e 90	R\$ (mil)
			RM Receita de vendas com produtos novos para o mercado mundial	87 e 91	
		IPT	PD	Total de patentes depositadas no período de 2001-2003	INPI ¹
	PC		Total de patentes concedidas no período de 1994-2003	Unidades	

Obs.: ¹ Montou-se uma Base própria a partir dos dados do INPI.

4.1 Variáveis do Indicador Agregado de Esforço (IAE)

Os dois principais grupos de variáveis destinadas a mensurar o esforço das empresas em inovar dizem respeito aos dispêndios em atividades inovativas e aos recursos humanos mobilizados para as atividades de P&D⁴.

⁴ A P&D é definida como aquelas atividades dirigidas para a busca de conhecimento científico e tecnológico novo ou a aplicação de conhecimentos existentes de uma nova forma. De acordo com os critérios estabelecidos pelo Manual Frascati, da OCDE, essas atividades compreendem a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental.

4.1.1 Indicador de Atividade Inovativa (IAI)

A revisão de literatura mostrou que grande parte dos trabalhos sobre os esforços ou *inputs* para a inovação estão focados nas atividades de P&D (OCDE, 2002). A P&D representa uma das formas mais importantes de criação de conhecimento nas empresas, mas não exclusiva. Embora sua natureza de resolução de problemas a coloque como insumo crítico da inovação, a P&D não tem a mesma importância em todos os setores (EVANGELISTA *et al.*, 1997). Esse indicador tem se mostrado insuficiente para caracterizar a atividade tecnológica de setores menos intensivos em tecnologia e também de países em desenvolvimento, pois são poucas as empresas que a realizam.

Assim, outros aspectos da atividade de inovação, vinculados à tecnologia incorporada na aquisição de máquinas e equipamentos, licenciamentos, *royalties* etc, recebem cada vez mais importância nos sistemas inovativos das empresas uma vez que, através das várias dimensões de aprendizado (*learning-by-doing*, *learning-by-using*, *learning-by-interacting*), acabam por produzir inovações importantes, incrementais ou radicais, associadas ou não à tecnologia adquirida.

A metodologia do IBI se propôs a produzir um leque mais abrangente de indicadores para medir o esforço das várias atividades da empresa que contribuem como insumos ao processo de inovação: além da P&D interna e externa, a aquisição de direitos de propriedade de conhecimento codificado, a engenharia de projeto, a produção de ferramental e a produção experimental, o *marketing* de novos produtos e a aquisição de equipamentos e demais despesas de investimento requeridas na implementação de inovações de produto ou processo também são consideradas atividades inovativas. Utilizou todas as sete questões (31-37) da PINTEC-03 que medem o valor do dispêndio (em R\$ 1000) das empresas em atividades inovativas.

4.1.2 O Indicador de Recursos Humanos em P&D (IRH)

A aplicação de recursos humanos com alta qualificação constitui um fator fundamental para o desenvolvimento econômico e social. De acordo com o Manual Frascati, o pessoal ocupado em P&D inclui “*as pessoas que completaram o ensino pós-secundário ou que estejam trabalhando em uma ocupação associada à ciência e tecnologia, ainda que não tenham completado aquele nível de ensino*”. (OCDE, 1995). São o conjunto de indivíduos que têm a finalidade de gerar novos conhecimentos e pesquisar e desenvolver novos produtos e processos, ou seja, o contingente de pessoas que se dedicam às atividades de P&D. O Manual de Canberra, complementarmente, sugere que tais indicadores dimensionem o conjunto de pessoas com elevada qualificação, cujo papel de elo entre as práticas cotidianas e as atividades inovativas é decisivo. (FERREIRA, 2005)

Com base nisso, os recursos humanos destinados à P&D podem ser subdivididos em três categorias: cientistas e engenheiros, técnicos e pessoal de apoio. No questionário da PINTEC-03 também se expressa uma divisão de acordo com o nível de qualificação: técnicos de nível superior (doutores, mestres e graduados), técnicos de nível médio e outros de suporte. Assim, pensando na importância de se valorizar o pessoal com alta qualificação ocupado em P&D na indústria de transformação brasileira, o cálculo do IRH leva em consideração a quantidade de pessoal com nível superior nas categorias de doutores, mestres e graduados envolvidos na atividade de P&D.

Apesar de o IAI considerar o valor dos dispêndios em P&D, decidiu-se também incluir um indicador que medisse qualitativamente o pessoal ocupado em P&D porque nem sempre os setores que apresentam-se com maior intensidade de gastos em P&D são os mesmos com relação a qualificação de pessoal ocupado em P&D. Isso leva a crer que o IRH mede um aspecto complementar do esforço tecnológico das empresas que não necessariamente varia na mesma direção que a intensidade de P&D e, subseqüentemente, ao IAI. Esse aspecto também contribui para ressaltar a importância de indicadores compostos que mensurem as diversas variáveis de *input* da inovação.

4.2 Variáveis do Indicador Agregado de Resultados (IAR)

Os dois principais grupos de variáveis destinadas a mensurar o resultado das inovações nas empresas dizem respeito aos impactos econômicos sobre as vendas e as patentes criadas como fruto dos esforços inovativos.

4.2.1 Indicador de Patentes (IPT)

O uso da patente como indicador de inovação é objeto de um longo e antigo debate (ARCHIBUGI, 1988; GRILICHES, 1990; PAVITT, 1988), sendo considerada um produto intermediário do resultado da inovação. A variação no significado econômico das invenções, as diferenças setoriais e internacionais do processo de patenteamento, o peso idêntico atribuído a patentes de produtos, que foram lançados no mercado, e àquelas que são meramente invenções são alguns dos pontos mais discutidos na literatura (ERNST, 2001). Outra ressalva frequentemente colocada é o fato que nem todas as invenções são patenteáveis e nem todas as invenções patenteáveis são patenteadas. Há outros mecanismos como o segredo industrial, por exemplo, que asseguram a apropriabilidade das invenções, de forma que as patentes representam somente uma parte do volume total das inovações (BROUWER e KLEINKNECHT, 1999).

Apesar de todas essas limitações, as patentes são geralmente aceitas por uma grande parte da literatura como um indicador de resultados que permite comparar o desempenho inventivo e inovativo das empresas em termos de novas tecnologias, novos processos e novos produtos (PAVITT, 1988). No IBI as patentes, por empresa, foram classificadas e agregadas a dois dígitos de acordo com a CNAE. Os dados incluem as patentes de invenção (PI), de maior conteúdo tecnológico, e os modelos de utilidade (MU), que constituem aperfeiçoamentos sobre os bens já existentes. Decidiu-se incluir o MU, pois ele representa uma parcela significativa do esforço das empresas brasileira (MU em relação a PI é bem superior), refletindo de forma mais realista os resultados da inovação do país.

O segundo critério de coleta é o período. Embora o IBI tenha como ano-base 2003, optou-se por trabalhar com dados de registro de patentes – cujo direito de propriedade intelectual já foi concedido – de 1994 a 2003 e de depósitos de patentes – cujos pedidos de registro ainda não foram deferidos – de 2001 a 2003. Esse intervalo de uma década para os registros busca captar a propensão da empresa a patentear em um longo. Por outro lado, os pedidos de patentes cobrem, de forma mais fidedigna, os resultados da atividade inovativa realizada no país recentemente. A subdivisão dos dados em registros e depósitos determinou a estrutura do IPT que é composto pela soma de dois sub-indicadores: (i) o Indicador de Patente Concedida (PC), e o (ii) Indicador de Patente Depositada (PD).

4.2.2 O Indicador de Receita de vendas com produtos novos (IRV)

O indicador de receita líquida de vendas de produtos novos (IRV) tem por objetivo mensurar o impacto das inovações de produto sobre a receita líquida de vendas da empresa. A PINTEC solicita que as empresas meçam o impacto das inovações introduzidas por elas em suas vendas para o mercado interno e externo.

Por definição todas as inovações devem conter algum grau de novidade. A PINTEC-2003 identifica três categorias de novidade das inovações: novo para a empresa, novo para o país e novo para o mundo. Essa diferenciação é oriunda do *Community Innovation Survey* (CIS), da EUROSTAT, e busca captar não somente o impacto da inovação em si (criação), mas também o impacto da difusão. Uma inovação de produto pode já ter sido implementada por outras empresas, mas se ela é nova para a empresa, então trata-se de uma inovação para essa empresa. No sentido *strictu-sensu* trata-se do conceito de difusão.

Os conceitos de novo para o mercado e novo para o mundo dizem respeito ao fato de determinada inovação ter sido ou não implementada por outras empresas, ou de a empresa ter sido a primeira no mercado ou na indústria ou no mundo a implementar tal inovação.

5 Forma de ponderação e normalização

Índices compostos são amplamente utilizados para resumir uma grande quantidade de dados. Dois dos desafios a se vencer ao se construir um índice como o IBI são determinar o peso dado a cada subindicador e converter diferentes unidades de medidas em uma mesma unidade. Conforme pode ser visto na Tabela 2, todas as 15 variáveis utilizadas para compor o IBI são variáveis medidas em escala métrica, o que permite o maior poder de manipulação (operações matemáticas) e de extração de informações. Para compor o IBI é necessário multiplicar, somar e dividir esse conjunto de variáveis. Os passos abaixo descrevem em detalhe os procedimentos para o cálculo do IBI.

5.1 Primeiro Fator: Ponderação pelo Tamanho da empresa

Essa ponderação tem como objetivo transformar as variáveis originais em medidas de intensidade, que levem em consideração as diferenças de tamanho entre as empresas (seja em termos monetários ou de pessoal). Dessa forma, dois critérios foram utilizados, as variáveis monetárias (R\$) foram divididas pela receita líquida de vendas (RLV) da empresa, e as variáveis medidas em unidades foram divididas pelo total de pessoal ocupado da empresa (TPO). Isso faz com que as novas variáveis surgidas dessa ponderação reflitam o grau de intensidade desses valores e não mais o valor absoluto em si⁵. A Tabela 2, a seguir, detalha o denominador utilizado para cada variável.

⁵ Tome como exemplo o caso de uma empresa A tenha R\$1.000 de dispêndios em P&D interno e R\$ 10.000 em RLV e outra empresa B que tenha R\$ 400 e R\$ 1.000, respectivamente. Apesar da empresa A gastar 2,5x mais em P&D interno do que B, se levarmos em consideração esse gasto em relação a sua RLV, teremos que, na verdade, a empresa B é 4x mais intensiva em P&D do que a empresa A, tendo um indicador de 0,4, enquanto que a empresa A de apenas 0,1.

Tabela 2: Cálculo para transformação das variáveis originais e medidas de intensidade

Macro-Indicadores	Índice Brasil de Inovação (IBI)														
	Indicador Agregado de Esforço (IAE)						Indicador Agregado de Resultado (IAR)								
	(IAI)			(IRH)			(IRV)			(IPT)					
Variáveis	PI	PE	OC	ME	TR	LP	PR	GR	MT	DR	RE	RN	RM	PD	PC
Escala	Reais (mil)						Unidades			Reais (mil)			Unidades		
Denominador	RLV (mil)						TPO			RLV (mil)			TPO		

Fonte: elaboração própria.

5.2 Segundo Fator: Normalização

Existem vários métodos que podem ser utilizados para normalizar indicadores, ou seja, trazê-los para uma mesma base, unidade de medida. O relatório metodológico do “Painel de Inovação Europeu” (*European Innovation Scoreboard*) da Comissão Européia responsável pela elaboração do “Índice de Inovação Sumário” (*Summary Innovation Index*) traz cinco formas diferentes de se proceder ao cálculo da normalização. Todos apresentam suas vantagens e desvantagens, como pode ser visto na Tabela 3 abaixo. Para o projeto do IBI, foi escolhido o método 2. Para o caso do IBI, o valor médio ao qual o método 2 se refere corresponde à média agregada de todas as empresas pertencentes a uma determinada divisão da CNAE, a dois dígitos, para a indústria de transformação brasileira.

Tabela 3: Cinco métodos para se calcular um indicador agregado

Método	Vantagens	Desvantagens
1. Número de indicadores acima da média menos o número de indicadores abaixo da média	Método mais simples, não afetado por observações atípicas (<i>outliers</i>)	Perda de informação intervalar, deixando somente dados ordinais para cada indicador; natureza arbitrária do teto (<i>thresholds</i>)
$IA_i = \frac{y_i}{\sum_{j=1}^m q_j}, \text{ onde } y_i = \# \left\{ j \text{ s. t. } \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} > 1 + p \right\} - \# \left\{ j \text{ s. t. } \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} < 1 - p \right\}$		
2. Soma da percentagem de diferença da média	Simple para se construir	Valores abaixo da média contribuem menos do que valores acima da média. Como resultado, valores positivos grandes contam consideravelmente mais do que os valores negativos pequenos. Isto efetivamente destrói o caso em que as variáveis recebem o mesmo valor de peso e faz o índice sensível a observações atípicas positivas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}, \text{ onde } y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$		
3. Padronização Z para cada indicador.	Mantém informação no nível intervalar.	Variáveis com uma grande variância tem <i>de facto</i> um grande peso; índice sensível a observações típicas positivas e negativas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}, \text{ onde } y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$		
4. Valores re-escalados. O valor re-escalado varia dentro de um intervalo idêntico para cada indicador (0 a 1).	Mantém informação no nível intervalar; dos métodos que mantêm informação no nível intervalar é o menos sensível as observações atípicas.	Estatisticamente mais complexo do que outros métodos.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}, \text{ onde } y_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}(x_j)}{\text{Max}(x_j) - \text{Min}(x_j)}$		

Tabela 4: Cinco métodos para se calcular um indicador agregado

(continuação)		
Método	Vantagens	Desvantagens
5. Melhor desempenho (caso especial do método 4).	Mantém informação no nível intervalar; versão simplificado do método 4.	Sensível a observações atípicas positivas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}, \text{ onde} \quad y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\text{Max}(x_j)}$		

Notas: x_{ij} é o valor do indicador j para a empresa i . q_j é o peso dado para o indicador j no indicador agregado. y_{ij} corresponde ao valor transformado do indicador j da empresa i . Na equação 1, p é igual a um valor teto (limite) arbitrariamente escolhido acima e abaixo da média.

Fonte: 2003 European Innovation Scoreboard: Technical paper No 6, Methodology Report (European Trend Chart on Innovation, 2003, p. 3-4).

Assim, cada uma das 15 variáveis, já transformadas em medidas de intensidade, de cada empresa é dividida pela média agregada do setor ao qual essa empresa pertence. Vale lembrar que a média agregada é diferente da média aritmética simples. A primeira compreende uma ponderação de cada valor pela sua participação no total. Optou-se por utilizar a média agregada por ela ser menos sensível a observações atípicas. O exemplo da Tabela 5, a seguir, elucida as diferenças entre a duas médias e a Tabela 6 traz os 22 setores da indústria de transformação brasileira.

Tabela 5: Exemplo de cálculo da média agregada

Colunas →	(1)	(2)	(3)	(2) / (3) = (4)
	Empresa	Dispêndio em P&D mil reais	Receita Líquida de Vendas mil reais	Intensidade P&D (%)
	A	80	6.000	1,33
	B	75	500	15,00*
	C	90	7.500	1,20
	D	82	5.000	1,64
Σ	4	327	19.000	19,17
	Média aritmética simples = Total de (4) / Total de (1) = 6,05 / 4 =			4,79
	Média agregada = Total (2) / Total (3) =			1,72

* = observação atípica.

Tabela 6: Grupos setoriais segundo grau de intensidade tecnológica

35- Outros equipamentos de transporte	18- Confecção de artigos do vestuário e acessórios
30- Máquinas para escritório e equipamentos de informática	36- Móveis e indústrias diversas
34- Veículos, reboques e carrocerias	27- Metalurgia básica
33- Instrumentação e automação industrial	28- Produtos de metal
32- Eletrônica e telecomunicações	21- Celulose, papel e produtos de papel
29- Máquinas e equipamentos	26- Produtos de minerais não-metálicos
31- Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	17- Produtos têxteis
23- Refino de petróleo e álcool	19- Couro e calçados
24- Produtos químicos	20- Produtos de Madeira
16- Produtos do fumo	15- Produtos alimentícios e bebidas
25- Artigos de borracha e plástico	22- Edição, impressão e reprodução de gravações

Fonte: CNAE-IBGE.

5.3 Terceiro Fator: Peso de cada subindicador

Três métodos podem ser utilizados para a atribuição de pesos. O primeiro deles consiste do uso de ferramentas estatísticas como a análise fatorial e a regressão multivariada, onde as cargas fatoriais ou os coeficientes betas, respectivamente, poderiam assumir os valores dos pesos. Um segundo método lança mão da interpretação que um painel de especialistas pode atribuir a cada variável. Este método é mais orientado a formação de *policies*, uma vez que leva em consideração determinados objetivos e pressupostos de seus julgadores. Por fim, um terceiro método consiste em atribuir pesos iguais a todas as variáveis.

Os pesos dos 15 subindicadores do IBI originaram-se da aplicação do segundo método. Assim, diferentes pesos foram atribuídos a cada subindicador considerando o nível tecnológico do Brasil e de seu parque industrial (FURTADO, QUADROS e FRANCO, 2005). Por exemplo, considerou-se que os esforços internos feitos pelas empresas em P&D para a implementação de novos produtos ou processos são mais importantes do que os esforços representados pelos dispêndios em máquinas e equipamentos. Dessa maneira, essa diferença se refletiu num peso maior atribuído ao primeiro indicador. A Tabela 7 traz os valores que foram atribuídos a todos os indicadores do IBI-2003.

O indicador de atividades inovativas (IAI) recebeu o maior peso (0,75) no IAE, porque ele embute o maior número de variáveis de esforço tecnológico. Entre essas variáveis, atribuiu-se maior peso à P&D interna (0,30). A P&D externa, os dispêndios em máquinas e equipamentos necessários em produtos e processos inovadores e os dispêndios em projeto industrial receberam um peso intermediário no IAI (0,15). O indicador de recursos humanos (IRH) agrega informações importantes por meio da valorização do nível de qualificação do pessoal ocupado em P&D. Assim, a variável relacionada ao número de doutores recebe um peso de 0,50 nesse indicador, o número de mestres recebe 0,35 e o de graduados, 0,15. Na busca por valorizar as empresas que procuram introduzir inovações no mercado nacional e mundial, ou seja, aquelas que desenvolvem inovações com maior conteúdo tecnológico, são maiores os pesos dos indicadores referentes às receitas de vendas com produtos novos para os mercados nacional (RN) e mundial (RM). O IRV, por sua vez, possui peso maior que o indicador de patentes (IP) em consideração à natureza das empresas brasileiras, que pouco se utilizam dos recursos de patentes.

Tabela 7: Valores do pesos atribuído aos sub e macro-indicadores

Macro-Indicadores	Índice Brasil de Inovação (IBI)														
	IAE = 0,40							IAR = 0,40							
	IAI = 0,75				IRH = 0,25			IRV = 0,60			IPT = 0,40				
Subindi-cadores	PI	PE	OC	ME	TR	LP	PR	GR	MT	DR	RE	RN	RM	PD	PC
Pesos	0,30	0,15	0,10	0,15	0,05	0,10	0,15	0,15	0,35	0,50	0,10	0,40	0,50	0,50	0,50

5.4 Quarto fator: Épsilon (ϵ)

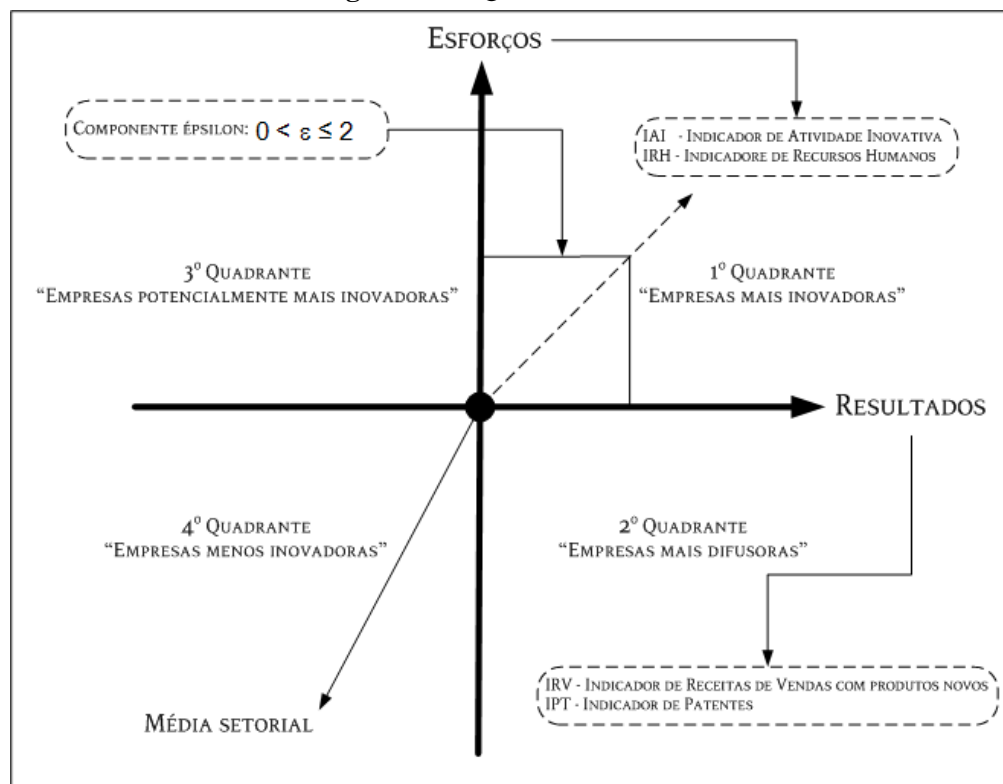
O IBI dá igual importância para os macro-indicadores de esforços (IAE) e resultados (IAR) e, por essa razão, seus pesos receberam o mesmo valor de 0,40. No entanto, a soma dos dois é menor que um, devido à introdução de uma variável de ajuste (ϵ), que busca valorizar o equilíbrio entre esses dois macro-indicadores. Essa variável de ajuste recebe o peso de 0,20 no cálculo do IBI e opera da seguinte forma: quanto mais próximos os valores obtidos por uma

empresa nesses dois indicadores (IAE e IAR), mais próximo de 2 será o valor de épsilon, tal que $0 < \varepsilon \leq 2$.

6 Interpretação do IBI

A Figura 2 auxilia na interpretação do significado do IBI. O eixo das abscissas corresponde aos indicadores de resultados, mais especificamente ao seu agregado (IAR). O eixo das coordenadas corresponde ao agregado dos indicadores de esforços (IAE). Garantidos igual importância e balanceamento entre o IAE e o IAR, a figura indica que as empresas mais inovadoras são as que se encontram no 1º quadrante, porque apresentam esforços para inovação e resultados da inovação acima da média do seu setor. O Anexo A contém a fórmula completa do IBI de forma didática. A figura está dividida em três grandes níveis de agrupamento. No primeiro pode ser visto os três grandes macro-indicadores do IBI. No segundo nível, tem-se o detalhamento dos componentes de cada um dos macro-indicadores e no terceiro nível, todas as 15 variáveis estão listadas. Todos os pesos utilizados também podem ser visualizados.

Figura 2: O Quadrante do IBI



Fonte: Elaboração própria.

7 Considerações finais

A primeira edição do IBI demonstrou que as escolhas realizadas pela equipe orientaram-se na direção certa. A adoção de um indicador composto, que contempla os diversos aspectos das atividades inovativas é uma escolha muito mais correta para ordenar empresas por grau de inovatividade do que o uso de apenas um deles. O uso de indicadores de intensidade foi uma forma correta de eliminar as diferenças existentes entre as pequenas e as grandes empresas e o uso de médias setoriais eliminou as diferenças setoriais que dificultam as comparações de empresas de distintos setores. O recurso às bases de dados existentes, que se apóiam em metodologias de levantamento estabelecidas, foi uma escolha correta por duas razões importantes.

Grande parte dos indicadores construídos já são conhecidos e estabelecidos. Por outro lado, o levantamento de dados exigiu um esforço apenas marginal por parte das empresas que aderiram ao índice. No entanto, existem alguns aspectos que precisam ser aprimorados. Um desses aspectos diz respeito à existência de grandes variações de comportamento entre as empresas pertencentes a um mesmo setor. Esses desvios têm se apresentado de forma mais intensa com as pequenas empresas, que na maior parte das vezes têm estrutura produtiva e organizacional muito distinta da grande empresa. Na pequena empresa, a atividade produtiva pode estar restrita apenas a um único produto inovador. Nesse caso, uma inovação pode afetar 100% de suas vendas, o que tende a magnificar seus indicadores de resultado, tornando-os mais significativos do que nas grandes empresas. Isto leva à conclusão de que, na próxima edição do IBI, será necessário separar as pequenas das grandes empresas. Porém, para que isso seja viável o número de empresas aderentes terá de ser significativamente maior.

A divisão setorial a dois dígitos nem sempre é satisfatória. A heterogeneidade da composição de determinados setores tende a favorecer o segmento mais intensivo em tecnologia. A possibilidade de desagregação a três dígitos de alguns setores chaves da indústria, como o farmacêutico, pode ser útil porque as empresas desse setor acabam se destacando em relação às demais do setor químico. Por outro lado, há o problema da grande empresa que ocupa uma parte expressiva da atividade econômica do seu setor. Essa empresa não se sobressai em relação ao seu setor embora ela possa se destacar muito em relação ao conjunto da indústria. Esse tipo de empresa inovadora não estaria sendo favorecida pela metodologia do IBI.

A fórmula de normalização do índice através da simples divisão pela média setorial nem sempre consiste na melhor maneira de reduzir a variância entre os extremos. A metodologia terá que se esforçar em reduzir a amplitude entre os extremos sem abrir mão de se apoiar em bases de dados consolidadas. Todas essas críticas deverão ser incorporadas em uma nova edição aperfeiçoada do IBI. A equipe também pretende ampliar o IBI para empresas do setor de serviços, considerando que muitas delas se mostraram interessadas em aderir ao Índice e que a PINTEC incluiu, pela primeira vez, alguns segmentos desse setor no questionário da pesquisa de 2005.

8 Referências bibliográfica

ARCHIBUGI, D. In Search of a Useful Measure of Technological Innovation, **Technological Forecasting and Social Change** **34**, 253-277, 1988.

ARCHIBUGI, D., PIANTA, M. Measuring technological change through patents and innovation surveys, **Technovation** **16** (9), 451-468, 1996.

ARUNDEL, A., SMITH, K., PATEL, P., SIRILLI, G. The Future of Innovation Measurement in Europe – Concepts, Problems and Practical Directions, **IDEA Paper Series**, Idea Report 3/1998, 1998. Disponível em: < <http://www.step.no/old/Projectarea/IDEA/papers.htm>>. Acesso em: 01 maio 2007.

BROUWER, E., KLEINKNECHT, A. Innovative output, and a firm's propensity to patent. An exploration of CIS micro data, **Research Policy** **28**, 615-624, 1999.

ERNST, H. Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level, **Research Policy** **30**, 143-157, 2001.

EVANGELISTA, R., PERANI, G., RAPITI, F.; ARCHIBUGI, D. Nature and impact e innovation in manufacturing industry: some evidence form the Italian innovation survey, **Research Policy** **26**, 521-536, 1997.

FERREIRA, S. P. (coord.) Recursos Humanos disponíveis em Ciência e Tecnologia. *In*: LANDI, F. R. (coord.) **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004**. São Paulo: Fapesp, 2005.

FREEMAN, C., SOETE, F. Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past, **Working Paper Series**, United Nations University – UNU-MERIT, January 2007.

FREEMAN, C. Measurement of output of research and experimental development, Paris, **UNESCO**, 1969.

FURTADO, A.; QUADROS, R.; FRANCO, E. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais, **São Paulo em Perspectiva**, v.19, no. 1, pág. 70-84, jan/mar. 2005.

GRILICHES, Z. Patent Statistics an Economic Indicator: Survey part I, **NBER Working Paper Series**, Working Paper no. 3301, National Bureau of Economic Research, Cambridge, March 1990.

HAGEDOORN, J. and CLOODT, M. Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators? *Research Policy*, 32, p.1365-1379, 2003.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development .Technology/Economy Programme, Technology and the economy – the key relationships, OECD, Paris, 1992.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. The measurement of scientific and technological activities: manual of the measurement of human resources devoted to S&T – Canberra Manual. Paris, 1995.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. Proposed standard practice for surveys of research and experimental development: Frascati Manual. Paris, 2002.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. The measurement of scientific and technological activities - Oslo manual, 3th ed, OECD and Eurostat, Paris, 1997.

PAVITT, K. Uses and abuses of patents statistics In: van Raan, A.F.J. (Ed.), **Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology**. Elsevier, Amsterdam, pp. 509–536, 1988.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos**: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais. São Paulo: Ed. Universidade Estadual de São Paulo, 1999.

SIRILLI, Giorgio. Conceptualizing and measuring technological innovation. **Idea Papers Series**, Idea report 1/1998, 1998. Disponível em: < <http://www.step.no/old/Projectarea/IDEA/papers.htm>>. Acesso em: 01 maio 2007.

Anexo A - Fórmula detalhada do IBI

$$\begin{aligned}
 IBI &= \{IAE\} \times 0,40 + \{JAR\} \times 0,40 + \{\epsilon\} \times 0,20 \\
 IBI &= \left\{ \left[\frac{PI_{ij}}{PI_j} \times 0,30 + \frac{PE_{ij}}{PE_j} \times 0,15 + \frac{OC_{ij}}{OC_j} \times 0,10 + \frac{ME_{ij}}{ME_j} \times 0,15 + \frac{TR_{ij}}{TR_j} \times 0,05 + \frac{LP_{ij}}{LP_j} \times 0,10 + \frac{PR_{ij}}{PR_j} \times 0,15 \right] \times 0,75 + \left[\frac{GR_{ij}}{GR_j} \times 0,15 + \frac{MT_{ij}}{MT_j} \times 0,35 + \frac{DR_{ij}}{DR_j} \times 0,50 \right] \times 0,25 \right\} \times 0,40 \\
 IBI &= \left\{ \left[\frac{RE_{ij}}{RE_j} \times 0,10 + \frac{RN_{ij}}{RN_j} \times 0,40 + \frac{RM_{ij}}{RM_j} \times 0,50 \right] \times 0,60 + \left[\frac{PD_{ij}}{PD_j} \times 0,50 + \frac{PC_{ij}}{PC_j} \times 0,50 \right] \times 0,40 \right\} \times 0,40 \\
 IBI &= \left\{ \frac{1}{2 \times \left(\frac{|IAE - IAR|}{IAE + IAR} + 0,50 \right)} \right\} \times 0,20
 \end{aligned}$$