



BJRS

BRAZILIAN JOURNAL
OF
RADIATION SCIENCES
04-01 (2016) 01-21



Indicadores de sustentabilidade para institutos de pesquisa e inovação da área nuclear

S. F. Alves^a; A. A. Barreto^b; P. C. H. Rodrigues^c; V. M. D. Feliciano^d

^{a, b, c, d} *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) / Comissão Nacional de Energia Nuclear*

(CNEN) / Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627

Campus da UFMG – Pampulha, 30161-970, Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil

^a sfa@cdtn.br; ^b aab@cdtn.br; ^c pchr@cdtn.br; ^d vmfj@cdtn.br

RESUMO

Indicadores são ferramentas relevantes no processo de mensuração da sustentabilidade. No presente estudo é discutida a relevância de indicadores de sustentabilidade apropriados para institutos de pesquisa e inovação no Brasil. Como estudo de caso foram adotados como referência institutos de pesquisa e inovação da área de tecnologia nuclear. Foram considerados 69 indicadores de sustentabilidade, alguns desses foram obtidos através de listas de indicadores a partir de revisão da literatura, distribuídos entre as dimensões ambiental, econômica, social, cultural e institucional. Outros indicadores foram construídos por meio de discussões com grupos da área nuclear, ambiental, econômica e sociocultural. Dentre o conjunto dos indicadores investigados, 32 foram selecionados como sendo os mais relevantes. Foram detectadas discrepâncias na análise dos especialistas em relação aos indicadores de uma determinada dimensão em detrimento aos indicadores de outra dimensão.

Palavras-chave: indicadores de sustentabilidade; método Delphi; tecnologia nuclear.

ABSTRACT

Indicators are relevant tools for measuring sustainability process. In this study, the relevance of sustainability indicators appropriate for research and innovation institutes in Brazil is discussed. As reference for case study, nuclear research and innovation institutes were chosen. Sixty-nine sustainability indicators were considered. Some of these indicators were obtained from lists in the literature review, distributed between the dimensions environmental, economic, social, cultural and institutional. The other indicators were developed through discussions between professionals from nuclear, environmental, economic, social and cultural areas. Among the investigated indicators, 32 were selected as being the most relevant. Discrepancies were found during the analysis the opinions of the experts in relation to sustainability dimensions proposed.

Keywords: sustainability indicators, Delphi method, nuclear technology.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação em relação ao meio ambiente é uma das consequências das várias transformações que marcaram a segunda metade do século XX. Entre as décadas de 60 e 80, alguns acidentes ambientais como o da Baía de Minamata, no Japão, e o acidente de Bhopal, na Índia, impulsionaram um grande avanço nos debates sobre os problemas ambientais, principalmente na Europa (VAN BELLEN, 2006).

A expressão Desenvolvimento Sustentável foi primeiramente discutida pela *World Conservation Union* no documento intitulado “*World’s conservation strategy*” (IUCN, 1980), o qual estabeleceu que aspectos referentes às dimensões social e ambiental, bem como fatores econômicos devem ser considerados para que o desenvolvimento seja sustentável.

O foco do conceito, nesse documento, estava centrado na integridade ambiental. A partir da definição do Relatório Brundtland (1987), a ênfase se desloca para o elemento humano, gerando um equilíbrio entre as dimensões econômica, ambiental e social. Nos dias atuais acrescenta-se a esse conceito a ideia de se ter um ambiente ecologicamente equilibrado, economicamente viável, socialmente justo, culturalmente aceito e institucionalmente capacitado.

Uma das aplicações práticas do conceito de Desenvolvimento Sustentável é a utilização de indicadores que podem proporcionar a mensuração do desempenho de um sistema em termos de sustentabilidade (AGENDA 21, CAP.40). Indicadores de sustentabilidade podem constituir uma importante ferramenta de gestão ambiental, econômica, social, cultural e institucional à medida que consigam orientar e mensurar a sustentabilidade, avaliando o comprometimento de empresas públicas e privadas com o desenvolvimento sustentável.

O objetivo principal do desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade foi definido pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Alguns estudos como os de Claro e Claro (2004), Krajnc; Glavic (2005), Labuschagne; Brent; van Erck (2005), Dahl (2007), Singh et al. (2009), entre outros, foram desenvolvidos antes da publicação da Agenda 21. Contudo, a Agenda 21 constitui um marco no desenvolvimento de pesquisas e trabalhos a respeito de indicadores de sustentabilidade (CALLADO; FENSTERSEIFER, 2010).

Os indicadores desempenham muitas funções e são úteis para comunicar ideias e valores. Eles podem levar a decisões e ações mais eficazes por simplificar, clarear e apresentar as informações de forma agregada para os tomadores de decisão política (CNUMAD, 2001).

No entanto, existem poucos estudos relacionados ao desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade específicos para institutos de pesquisa e inovação. Estudos desenvolvidos, por exemplo, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) são pioneiros nessa área e servem de referência para outras instituições (EMBRAPA, 2003).

Frente a esse cenário percebe-se a necessidade de construção de indicadores que contribuam para a avaliação dos desempenhos ambiental, social, cultural, econômico e institucional para institutos de pesquisa e inovação, uma vez que esses preconizam a geração e difusão de conhecimentos e a disponibilização de produtos e serviços tecnológicos em benefício da sociedade.

Neste artigo são discutidos os resultados da construção de indicadores de sustentabilidade apropriados para institutos de pesquisa e inovação da área de tecnologia nuclear.

Sabe-se que temas relacionados à área nuclear geram posicionamentos prós e contras, assim como temas que envolvem mineração e transgênicos, acarretando uma visão do público, em geral, negativa. Dessa forma, percebe-se a necessidade de um melhor esclarecimento para a sociedade, uma vez que assuntos ligados a esses temas são debatidos na mídia - maior formadora de opinião da nossa sociedade, e quase sempre, de forma negativa.

Um dos processos metodológicos adotado nesta pesquisa foi a utilização do método Delphi. Esse método consiste em uma técnica de processo em grupo que tem por finalidade obter, comparar e direcionar o julgamento de especialistas para um consenso sobre a área de estudo, promovendo a convergência de opiniões (SPÍNOLA, 1984). Sua aplicação nesse trabalho permitiu a obtenção de opiniões de especialistas coletadas por meio de questionário.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira fase deste estudo constituiu de uma busca na literatura sobre indicadores de sustentabilidade em geral. Foram também buscadas informações sobre aspectos da sustentabilidade das tecnologias da área nuclear, assim como o modelo de gestão adotado pelos

institutos de pesquisa e inovação. Indicadores de sustentabilidade de instituições federais, - como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a EMBRAPA, como também da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) – foram adaptados para compor o quadro dos indicadores deste trabalho. Ao final foram consolidados 17 indicadores da dimensão ambiental (IDA); 7 indicadores da dimensão econômica (IDE); 10 indicadores da dimensão social (IDS); 8 indicadores da dimensão cultural (IDC) e 27 indicadores da dimensão institucional (IDI), totalizado 69 indicadores.

Procedimentos de coleta de dados

A metodologia utilizada para estabelecer o elenco dos indicadores apontados nesta pesquisa foi a elaboração de um questionário, que consistiu em uma lista de indicadores separados por dimensão: ambiental, econômico, social, cultural e institucional. Para cada dimensão os indicadores foram agrupados por temas, sendo apresentados também o código (identificação), o nome (indicador), a escala de aferição (unidade) e o grau de importância a ser estabelecido pelos especialistas. Para atribuir pesos aos indicadores optou-se por utilizar a Escala Likert - tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, sendo uma escala usualmente utilizada em pesquisas de opinião: 1- Dispensável; 2- Não prioritário; 3- Desejável; 4- Importante; 5- Muito importante (DALMORO; VIEIRA, 2013). Essa estrutura de questionário foi submetida aos especialistas, aos quais foi permitida a inserção de comentários sobre os indicadores sugeridos, bem como propor novos, caso entendessem ser necessário.

O método de amostragem utilizado durante a consulta aos especialistas foi a não probabilística intencional (ou por tipicidade) (RICHARDSON, 1999). De acordo com Callado e Fensterseifer (2010), apud Gil (1999), esse tipo de amostragem consiste em selecionar um subgrupo da população que, com base nas informações disponíveis, possa ser considerado representativo de toda a população.

As características relevantes atribuídas aos especialistas escolhidos para compor a amostra foram as seguintes: possuir sólida formação e experiência profissional (acadêmica ou técnica) em aspectos associados às dimensões da sustentabilidade ou à área nuclear.

Dos especialistas selecionados 3 são da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 3 do

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e 2 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Desses 10 especialistas, 7 responderam ao questionário. Os 2 especialistas do IBGE alegaram não ter conhecimento suficiente para avaliar os indicadores, uma vez que esses eram para ser utilizados em instituições de pesquisa da área nuclear, e 1 especialista do IBAMA não retornou o questionário. Foi disponibilizado um prazo de 15 dias úteis para o respondendo enviar sua avaliação. Contudo, esse prazo foi estendido para um período de mais um mês a fim de facilitar um maior índice de respostas.

É relevante mencionar que a consulta aos especialistas foi realizada em três etapas, a saber: contato, entrevistas e envio do questionário. Inicialmente, os especialistas foram contatados por meio de e-mail eletrônico. A segunda etapa incidiu na realização de entrevistas pessoais com os especialistas tendo por objetivo explicar a natureza e o objetivo do estudo. No entanto, em decorrência da distância geográfica, não foi possível realizar entrevistas com todos, mas foram enviadas, junto com o questionário, instruções detalhadas sobre a pesquisa, bem como feito contato via telefone.

Análise dos dados

Os dados coletados foram analisados a partir de três diferentes perspectivas:

- **Discrepância entre dimensões:** buscou-se com essa análise verificar a existência ou não de discrepância nas opiniões dos especialistas no que se refere às dimensões da sustentabilidade.
- **Relevância atribuída aos indicadores:** foram analisados os pesos atribuídos pelos especialistas aos 69 indicadores propostos: (1 a 5), sendo 5 o mais relevante nessa escala.
- **Indicadores selecionados:** após as análises estatísticas realizadas foram selecionados os indicadores que obtiveram moda igual ou superior a 4.

Para a escolha ou descarte dos indicadores o critério utilizado foi analisando a moda, por ser o mais empregado na literatura pesquisada (Ribeiro, 2006; Magalhães Jr.,2012) além de ser o valor que ocorre com maior frequência, ou seja, é o valor mais comum em um conjunto de valores. Um conjunto de observações pode não ter moda (amodal), pode ter uma única moda (unimodal), pode ter duas modas (bimodal) ou ter mais de duas modas (multimodal).

Aqueles indicadores que obtiveram a moda 4 (importante) e 5 (muito importante) foram selecionados, e os indicadores com moda igual ou inferior 3 foram descartados. No entanto, alguns indicadores tiveram valores bimodais e multimodais. Nesse caso, o critério utilizado para a escolha ou descarte foi a análise da média. O indicador com média igual ou superior a 4 foi selecionado, e o indicador que obteve média inferior a 4 foi descartado.

A fim de uniformizar terminologia e conceitos, os indicadores foram agrupados segundo os temas correspondentes aos da Agenda 21, IBGE (2012) e IAEA (2005), nas suas cinco dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social, cultural e institucional. Na sequência, esses agrupamentos foram enviados aos especialistas em uma nova rodada de consulta, conforme consta nos Quadros 1, 2, 3, 4 e 5, sendo explicitados os temas e a codificação de cada indicador.

Quadro 1: Dimensão ambiental.

Tema	Indicador
Atmosfera	A1 a A4
Água	A5 a A10
Solo	A11 a A15
Biodiversidade	A16 a A17

Quadro 2: Dimensão Econômica.

Tema	Indicador
Desempenho financeiro	E1 a E7

Quadro 3: Dimensão social.

Tema	Indicador
Demografia	S1
Trabalho e rendimento	S2 a S4
Saúde	S5
Educação	S6 a S7
Segurança	S8 a S10

Quadro 4: Dimensão cultural.

Tema	Indicador
Percepção do risco	C1 a C8

Quadro 5: Dimensão institucional.

Tema	Indicador
Produção técnico-científica	I1 a I19
Recursos humanos	I20 a I27

Cabe aqui ressaltar que segundo o IBGE (2012), os indicadores propostos apresentados neste trabalho reportam-se a fenômenos de curto, médio e longo prazo. Servem, portanto, para identificar consistentemente variações, comportamentos, processos e tendências, viabilizando também informar características comparáveis entre Institutos de Pesquisa e Inovação, além de indicar necessidades e prioridades para a formulação, monitoramento e avaliação de políticas que reflitam o comprometimento desses empreendimentos na preocupação com a sustentabilidade.

Observa-se que a distribuição quantitativa dos indicadores não é homogênea, por exemplo, a dimensão institucional, apresentada no Quadro 5, possui um número maior em comparação com outras dimensões apresentadas nos Quadros 1, 2, 3, e 4. É relevante mencionar que outros trabalhos pesquisados (Ribeiro, 2006; Magalhães Jr., 2012; IBGE, 2012; IAEA, 2005) também seguem essa padronização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse de todos os dados retornados foi realizada uma análise comparativa entre as dimensões investigadas e, em seguida, os resultados foram associados à avaliação dos especialistas sobre a relevância dos indicadores de sustentabilidade por cada dimensão investigada. E por último, são apresentados os indicadores selecionados como sendo importantes ou muito importantes.

Discrepância entre dimensões

As figuras 1 a 5 apresentam os histogramas para cada dimensão da sustentabilidade considerada no presente estudo.

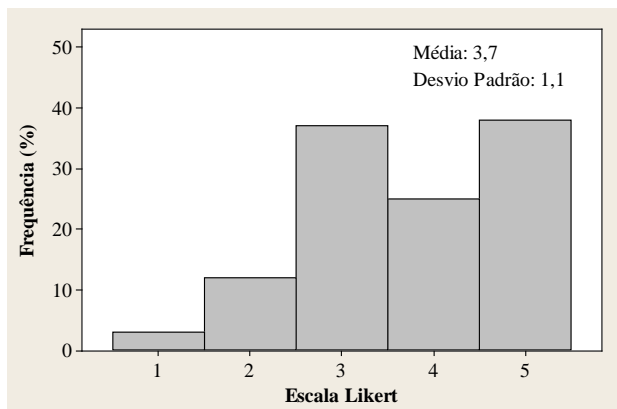


Figura 1: Histograma da Dimensão Ambiental (DA).

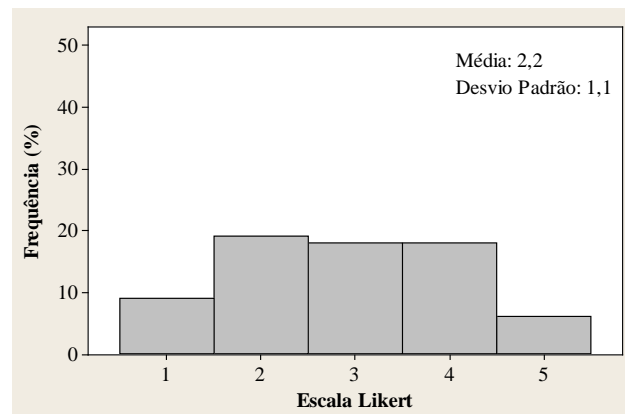


Figura 3: Histograma da Dimensão Social (DS).

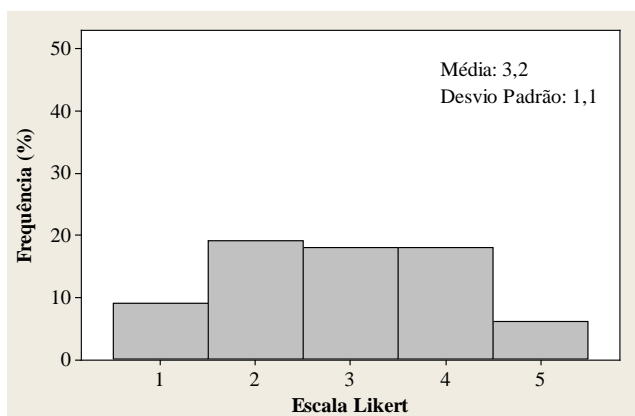


Figura 2: Histograma da Dimensão Econômica (DE).

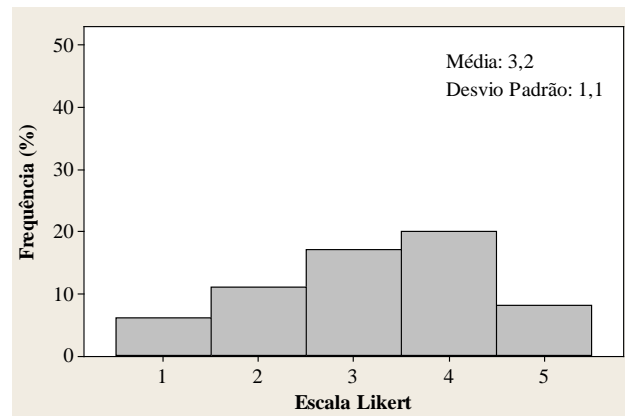


Figura 4: Histograma da Dimensão Cultural (DC).

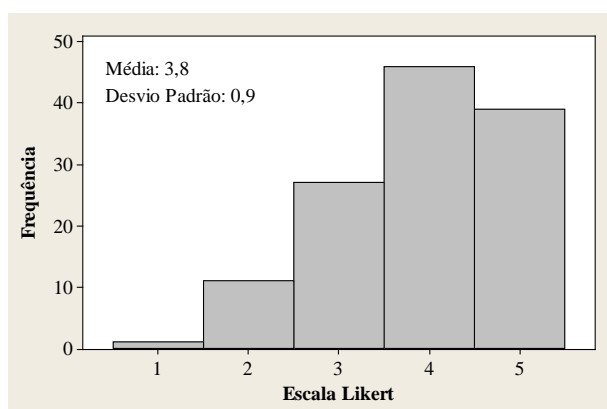


Figura 5: Histograma da Dimensão Institucional (DI).

Dos histogramas apresentados pode-se afirmar que os Indicadores Institucionais foram os que obtiveram maior relevância, já que ocorreu o predomínio dos pesos 4 (importante) e 5 (muito importante). Esse resultado vai ao encontro das considerações da ONU, que aponta que indicadores institucionais têm crescido em relevância (UNITED NATIONS, 2007). De acordo com van Bellen (2006), esse tipo de indicador serve como um instrumento relevante para a tomada de decisão, tanto pela administração pública quanto pela privada, na medida em que servem para mensurar seus sucessos e dimensionar seus fracassos de forma sistemática, tecnicamente quantificada e qualificada.

No que tange à Dimensão Ambiental, apresentada na Figura 1, foi observada a predominância dos pesos 3 (desejável) e 4 (importante). Indicadores dessa dimensão estão associados ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, bem como estão relacionados à importância da preservação e conservação do meio ambiente. Estas questões aparecem organizadas nos temas atmosfera, terra, água, solo e biodiversidade. O resultado obtido demonstra crescente preocupação em encontrar um equilíbrio entre o meio ambiente e as atividades humanas. Embora o resultado tenha apontado para a importância acentuada da Dimensão Institucional é possível verificar que a Dimensão Ambiental também teve uma grande aceitação. Esse resultado pode ser comparado com o trabalho de Leukhardt e Allen (2013), os quais afirmam que a Dimensão Ambiental parece ser uma das mais importantes, pois o desenvolvimento socioeconômico depende da capacidade de carga do planeta e o bem-estar humano depende do funcionamento adequado dos ecossistemas.

Ao observar os Indicadores Econômicos, apresentados na Figura 2, percebe-se que existe uma predominância dos pesos 2 (não prioritário), 3 (desejável) e 4 (importante). Nesse caso, foi notada uma maior divergência de opinião entre os especialistas. O resultado aponta para a conveniência de se desenvolverem Indicadores Econômicos que permitam compreender a atual situação de uma instituição, assim como direcionar seus objetivos e passos futuros.

A Figura 3 apresenta os indicadores da Dimensão Social. Analisando seus resultados percebe-se que existe uma predominância do peso 2, o que aponta para uma rejeição dos indicadores propostos. Esse resultado pode ser comparado com o esforço que a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) está tendo em desenvolver indicadores sociais que reflitam na melhoria da qualidade de vida (MENDES, 2009). Outros trabalhos, como o “*Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*”, publicado em 2009, também mencionam a dificuldade em se construir esse tipo de indicador (STIGLITZ et al., 2009).

Assim como os indicadores da Dimensão Ambiental, os indicadores da Dimensão Cultural, apresentados na Figura 4, também resultaram em uma maior frequência dos pesos 3 e 4. A Dimensão Cultural em muitos aspectos confunde-se com a Social, tendo em vista que cultura e sociedade são na maioria das vezes elementos indissociáveis (MENDES, 2009). No entanto, a dimensão cultural busca o respeito à cultura de cada local, importante fator quando se trabalha com temas polêmicos, como a área de tecnologia nuclear. O resultado indica a relevância de construir indicadores dessa Dimensão, o que também foi observado por Mendes (2009) quando verificou que desenvolver indicadores culturais é relevante para o bem-estar social garantindo, dessa forma, oportunidades de acesso a informação e ao conhecimento a todos, bem como pode ser um instrumento de conhecimento, capaz de explicitar valores e ideias que poderão, ou não, ser incorporadas pelos gestores na elaboração de políticas, programas e projetos culturais.

Relevância atribuída aos Indicadores

Os indicadores que apresentaram um maior nível de aceitação foram os indicadores da Dimensão Institucional ($15/27 = 55\%$ dos indicadores), seguido dos indicadores da Dimensão Cultural ($4/8 = 50\%$ dos indicadores), Dimensão Econômica ($3/7 = 42\%$ dos indicadores), Dimensão Ambiental ($7/17 = 41\%$ indicadores). Enquanto que os indicadores da Dimensão Social foram os que tiveram maior percentual de rejeição ($3/10 = 30\%$ indicadores). Esses dados são apresentados sucintamente no Quadro 6.

Quadro 6: Síntese dos indicadores

Indicadores	IDA	IDE	IDS	IDC	IDI	TOTAL
Propostos	17	7	10	8	27	69
Selecionados	7	3	3	4	15	32

As figuras 6 a 10 apresentam a moda e a média de cada indicador por dimensão (ambiental, econômica, social, cultural e institucional). Foi utilizado um intervalo de confiança de 95%.

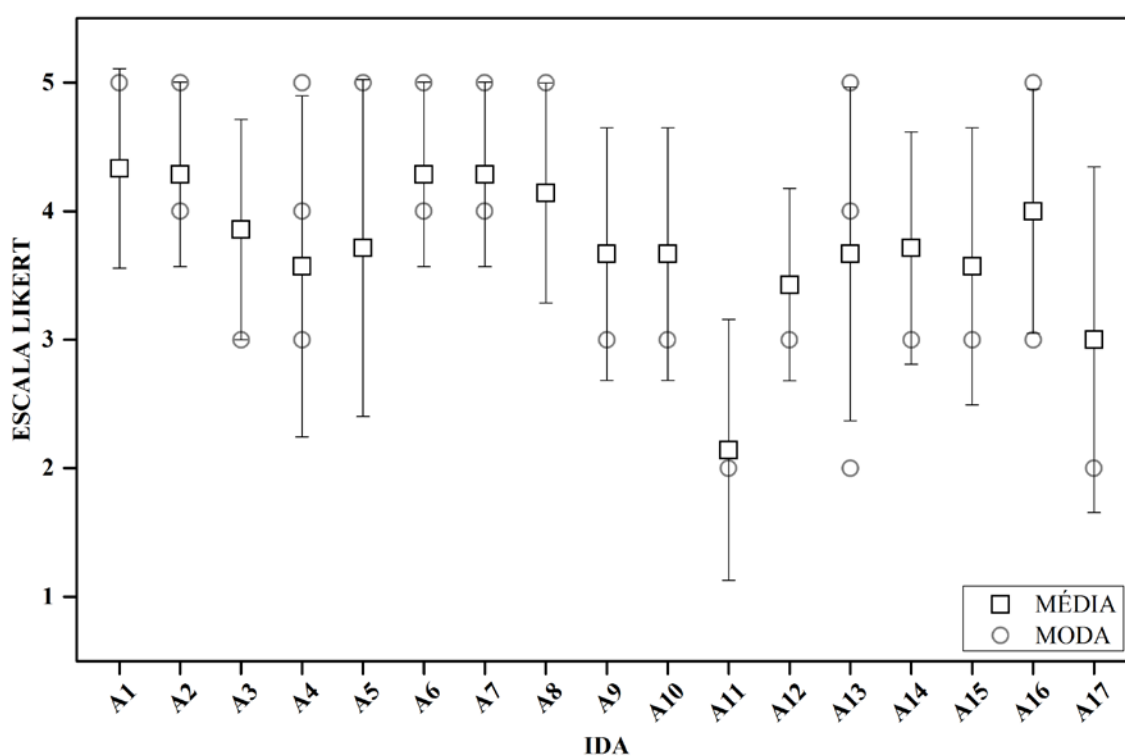


Figura 6: Valores modais para cada indicador – IDA.

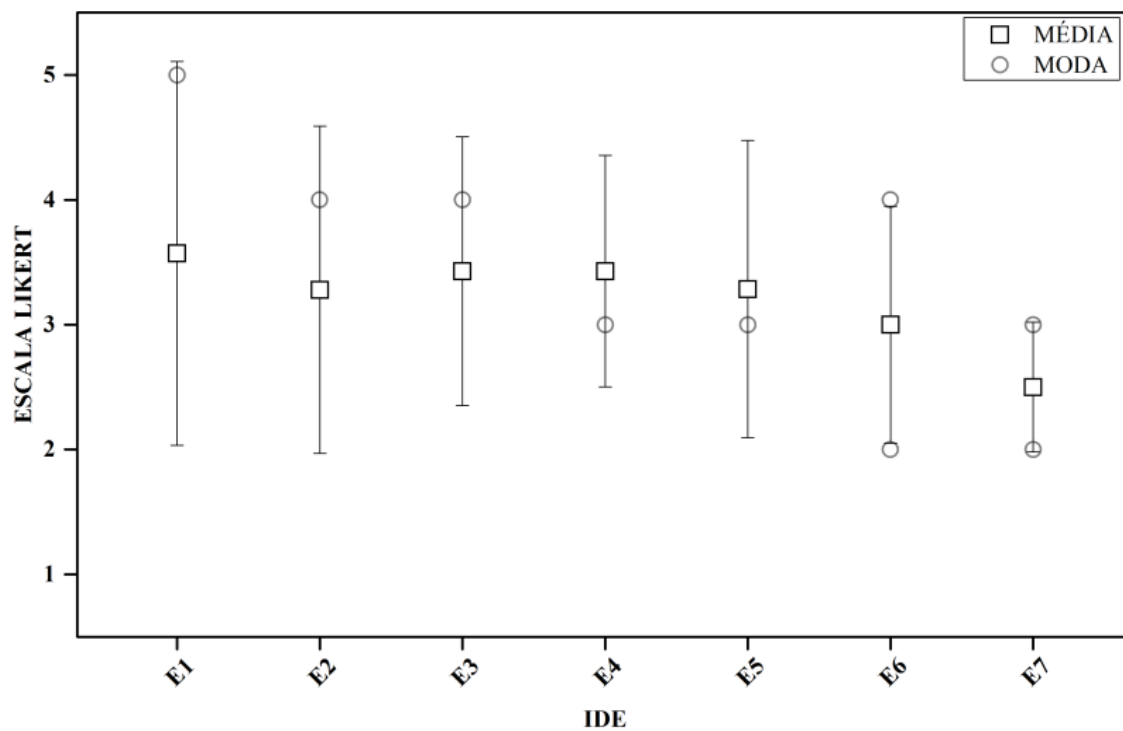


Figura 7: Valores modais para cada indicador - IDE.

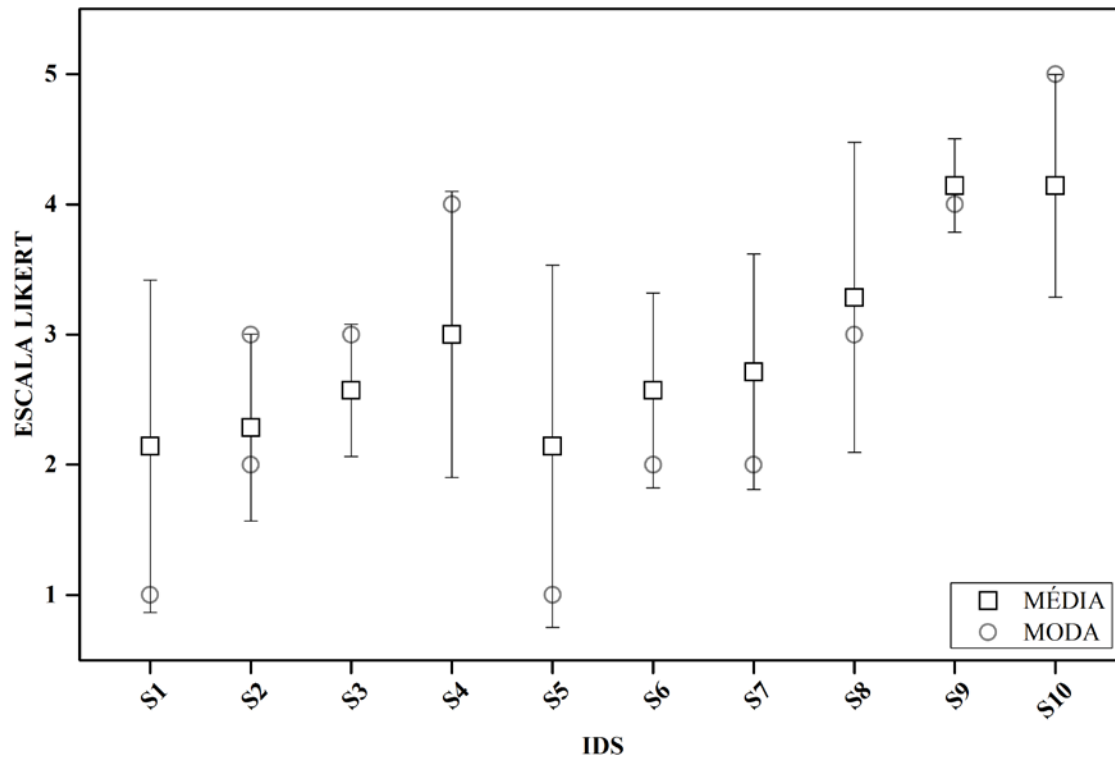


Figura 8: Valores modais para cada indicador - IDS.

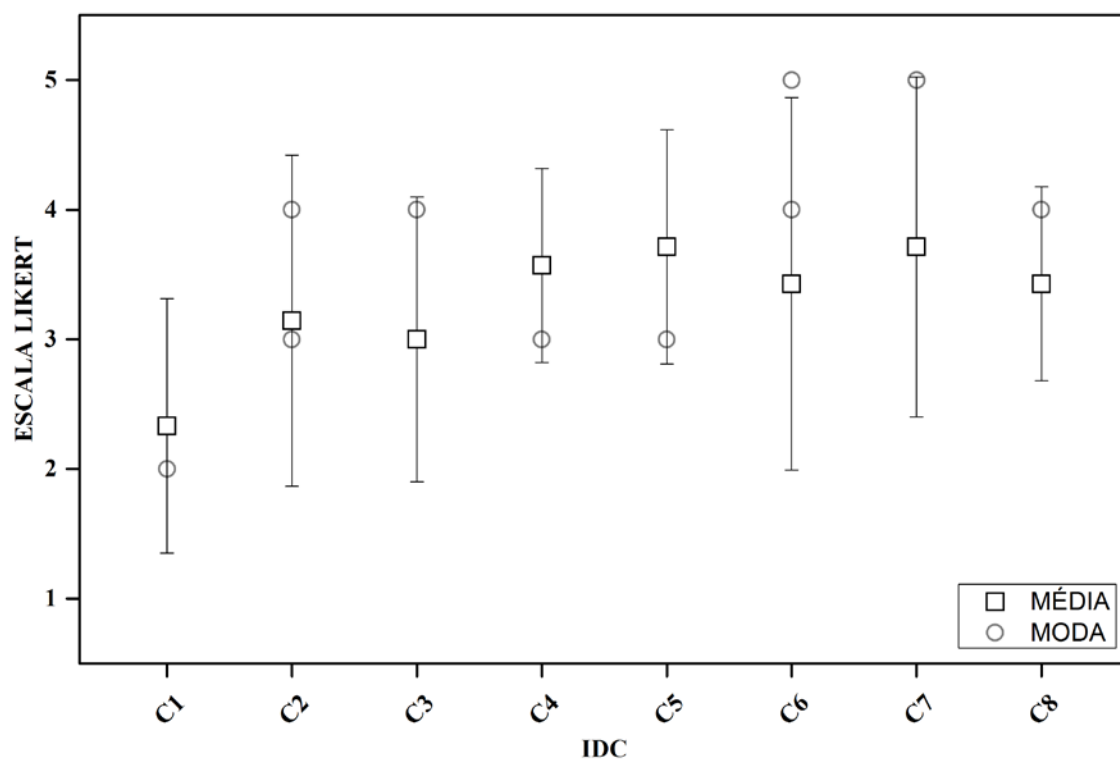


Figura 9: Valores modais para cada indicador - IDC.

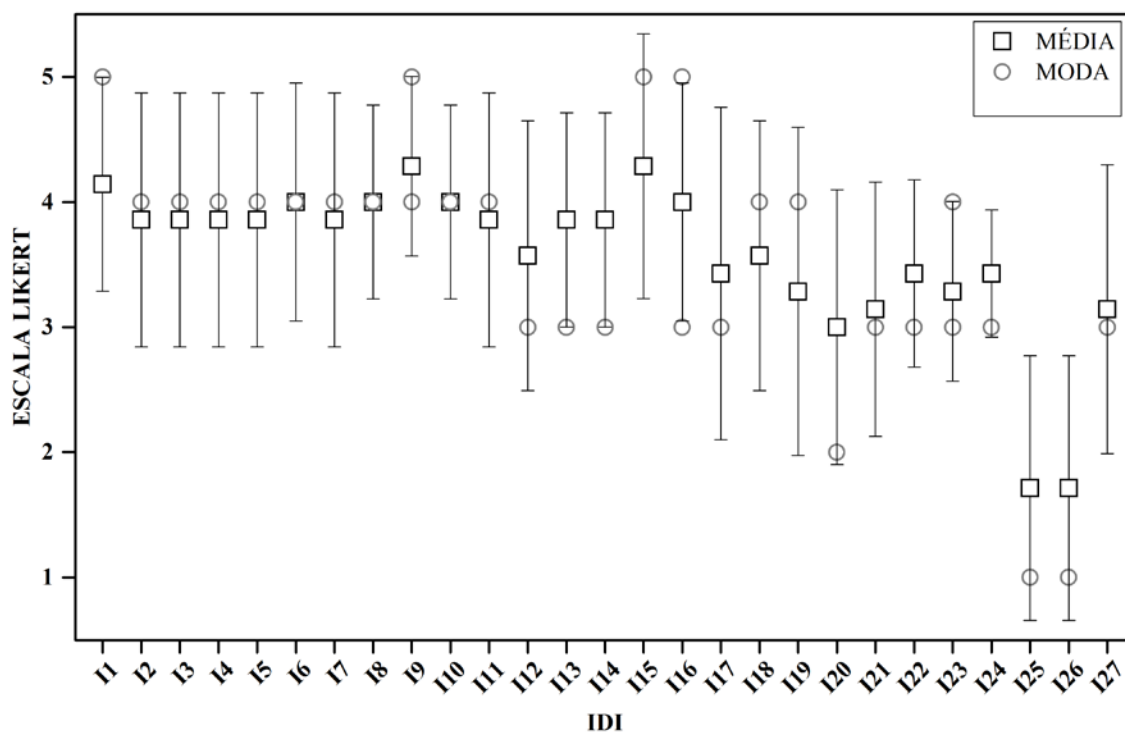


Figura 10: Valores modais para cada indicador - IDI.

Ao analisar a Figura 7 verifica-se que as opiniões dos especialistas foram mais discrepantes que aquelas da Figura 6. Os indicadores E2 e E3 apresentam uma leve discrepância entre a moda e a média. As opiniões dos especialistas em relação aos indicadores E1, E2 e E5 foram mais divergentes. A causa dessa divergência de opiniões pode ser devido à complexidade na construção de IDE. De acordo com Foladori (2002), muitas das vezes o desenvolvimento de indicadores econômicos pode ser complexo devido à dificuldade que algumas organizações possuem em mensurar aquilo que se pretende gerenciar. Os IDEs devem extrapolar o acúmulo de riquezas, bem como o crescimento econômico e englobar a geração de trabalho de forma digna, possibilitando uma distribuição de renda, promovendo o desenvolvimento das potencialidades locais e da diversificação de setores, por exemplo, de instituições de pesquisa e inovação.

No que se refere aos Indicadores Sociais, apresentados na Figura 8, a moda e a média, em sua maioria, são bem diferentes. É importante salientar que o indicador S10 obteve uma alta aceitabilidade – peso 5. Esse indicador representa o tema Segurança. Uma das hipóteses prováveis se deve ao fato desse indicador fazer parte de um tema tão preocupante no que tange às questões da área nuclear. Esse resultado está de acordo com a tendência mundial de destacar temas de segurança quando se trata da área nuclear.

A busca pela segurança é da natureza humana e é natural que as pessoas tenham maior receio de situações desconhecidas (BIRKMANN, 2007). Esse sentimento causa incômodo às pessoas quando lidam com eventos ou processos sobre os quais têm pouca informação ou não conseguem entender, ou que não foram suficientemente desmistificados e aceitos pela sociedade (AQUINO et al., 2010).

Observa-se ainda que os indicadores pertencentes aos temas Demografia, Saúde e Educação não foram selecionados. Uma das hipóteses levantadas pode ser que esses indicadores não foram formulados corretamente, o que gera dúvidas ou mal interpretação. Como afirma van Bellen (2006), quando o indicador não é formulado de maneira clara, o especialista pode optar por não achá-lo relevante.

Em relação aos indicadores que fazem parte da Dimensão Cultural, apresentados na Figura 9, observa-se que as opiniões não são uniformes. Contudo, verifica-se que esses indicadores foram bem aceitos. Essa dimensão possui um único tema “percepção do risco”. Em resposta ao

seu nível de aceitação ter sido grande, se compararmos, por exemplo, aos indicadores da Dimensão Social, pode-se pressupor que a participação da população para tomadas de decisões vem se tornando cada vez mais importante (ALMEIDA, 2011).

Os dados apresentados na Figura 10 indicam que a moda e a média são bastante similares, o que evidencia a grande aceitabilidade dos indicadores da Dimensão Institucional. É interessante ressaltar que o indicador I16 possui valores bimodais destoantes (5 e 3). A esse fato pode ser atribuído a divergência de opiniões entre os especialistas. Os indicadores que representavam o tema “recursos humanos” não foram escolhidos. Este comportamento não era esperado, uma vez que esse tema tem trazido muito debate no que se refere à sustentabilidade (VAN BELLEN, 2006). No entanto, nota-se uma preocupação maior no que diz respeito às produções técnico-científicas que se constituem em um importante indicador da qualidade da pesquisa. O IBGE (2012) destaca a importância desse tipo de indicador afirmando que a busca por alternativas que conduzam à sustentabilidade depende do investimento em ciência e novas tecnologias de processos e produtos.

Indicadores selecionados

Nos Quadros 7, 8, 9, 10 e 11 são apresentados os indicadores selecionados por dimensão e tema pelos especialistas.

Os indicadores da Dimensão Ambiental selecionados, apresentados no Quadro 7, refletem a preocupação da liberação de efluentes e gerenciamento de rejeitos radioativos. Nessa pesquisa esses indicadores mostraram ser significativos para a avaliação ambiental (DEPONTI et al., 2002).

O Quadro 8 apresenta os indicadores da Dimensão Econômica selecionados. Esses refletem a autosustentabilidade do empreendimento.

Os indicadores Sociais selecionados, apresentados no Quadro 9, foram aqueles relacionados ao tema trabalho e rendimento e ao tema segurança. Nota-se que os indicadores pertencentes ao tema Demografia, Saúde e Educação não foram selecionados pelos especialistas.

Quadro 7: Indicadores selecionados pelos especialistas por tema - dimensão ambiental.**Tema: Atmosfera**

A1 - % de medições indicativas da qualidade do ar acima dos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais.
 A2 - % dos valores estimados de dose anual recebida pelos indivíduos do público em decorrência da liberação de efluentes atmosféricos radioativos acima do limite estabelecido pelas normas de proteção radiológica.

Tema: Água

A5 - % do volume recirculado de água de processo industrial em relação ao total captado anualmente.
 A6 - % da eficiência dos sistemas de tratamento de efluentes líquidos radioativos.
 A7 - % dos valores estimados de dose anual recebida pelos indivíduos do público em decorrência da liberação de efluentes líquidos radioativos acima do limite estabelecido pelas normas de proteção radiológica.
 A8 - % de medições de parâmetros físico-químicos e biológicos de efluentes líquidos acima dos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

Tema: Biodiversidade

A16 - % de medições da concentração de atividade de radionuclídeos presentes em amostras ambientais (água, solo e ar) acima dos valores obtidos na fase pré-operacional ou em pontos de referência localizados na região circunvizinha do centro de pesquisa e inovação da área nuclear.

Quadro 8: Indicadores selecionados pelos especialistas por tema - dimensão econômica.**Tema: Desempenho financeiro**

E1 - % de recursos externos disponíveis em relação ao total de recursos orçamentários captados anualmente.
 E2 - % de recursos financeiros provenientes de organismos mantenedores em relação aos recursos financeiros totais captados anualmente.
 E3 - % recursos financeiros provenientes de órgãos de fomento em relação aos recursos financeiros totais captados anualmente.

Quadro 9: Indicadores selecionados pelos especialistas por tema - dimensão social.**Tema: Trabalho e rendimento**

S4 - % dos trabalhadores contratados por nível de escolaridade (médio, técnico e superior), faixa etária e gênero na comunidade local em relação ao número total de empregos diretos disponibilizados pelo IPIAN¹.

Tema: Segurança

S9 - % dos valores estimados de dose anual recebida pelos indivíduos do público acima do limite anual estabelecido pelas normas de proteção radiológica.
 S10 - % de instalações nucleares e radioativas do empreendimento licenciadas juntos aos órgãos reguladores (ambiental e nuclear) em relação ao número total de instalações nucleares e radioativas.

Quadro 10: Indicadores selecionados pelos especialistas por tema - dimensão cultural.**Tema: Percepção do risco**

C3 - % de habitantes que associam energia nuclear à inovação tecnológica em relação ao número total de habitantes existentes na região do entorno do empreendimento
 C6 - % da população que acredita que a energia nuclear traz benefícios para comunidade onde vive em relação ao número total de habitantes na região do entorno do empreendimento.
 C7 - % de habitantes que associam energia nuclear ao gerenciamento adequado de rejeitos radioativos em relação ao número total de habitantes existentes na região do entorno do empreendimento.
 C8 - % de habitantes que associam energia nuclear com melhoria de qualidade de vida em relação ao número total de habitantes existentes na região do entorno do empreendimento.

¹ Instituição de Pesquisa e Inovação da área nuclear.

Quadro 11: Indicadores selecionados pelos especialistas por tema - dimensão institucional.

Tema: Produção técnico-científica

- I1 - % de instalações certificadas pelos órgãos competentes (IBAMA, INMETRO, CNEN, entre outros) em relação ao número total de instalações existentes no empreendimento.
- I2 - % de artigos completos publicados anualmente em periódicos nacionais (fator A1 e A2) em relação ao total de TNS² existentes no empreendimento.
- I3 - % de artigos completos publicados anualmente em periódicos nacionais e internacionais (fator A1 e A2) em relação ao total de TNS* existentes.
- I4 - % de trabalhos completos publicados em anais de eventos científicos e/ou tecnológicos nacionais com ISSN em relação ao total de TNS existentes.
- I5 - % de trabalhos completos publicados em anais de eventos científicos e/ou tecnológicos internacionais com ISSN em relação ao total de TNS existentes.
- I6 - % de livros técnico-científico publicados anualmente com ISBN em relação ao total de TNS existentes.
- I7 - % de orientações de dissertação de mestrado concluídas em relação ao total de TNS com doutorado e/ou pós-doutorado do centro de pesquisa da área nuclear.
- I8 - % de orientações de tese de doutorado concluídas em relação ao total de TNS com doutorado e/ou pós-doutorado do centro de pesquisa da área nuclear.
- I9 - % de projetos aprovados por órgãos de fomento em relação ao número total de projetos submetidos.
- I10 - % de bolsas de pós-graduação aprovadas em relação ao número de projetos submetidos.
- I11 - % de capítulos de livros técnico-científicos publicados anualmente com ISBN em relação ao total de TNS existentes.
- I15 - % de projetos desenvolvidos anualmente que acarretaram em patentes obtidas no Brasil em relação total de projetos aprovados.
- I16 - % de projetos desenvolvidos anualmente que acarretaram em patentes obtidas no Exterior em relação total de projetos aprovados.
- I18 - % de ações socioambientais realizadas em relação ao total de ações socioambientais planejadas.
- I19 - % de pessoas diretamente beneficiadas em ações socioambientais em relação ao total de projetos e programas socioambientais executados.
-

Em relação aos indicadores Culturais, aqueles selecionados parecem estar associados à visão da comunidade em relação ao empreendimento e como a população percebe a tecnologia nuclear voltada para melhoria de vida, avanço tecnológico e um adequado gerenciamento dos rejeitos radioativos. Esses indicadores, apresentados no Quadro 10, são relevantes para o entendimento da percepção pública de risco (AQUINO et al., 2005).

Os indicadores Institucionais selecionados, mostrados no Quadro 11, fazem parte do tema produção técnico-científica. Esses indicadores buscam avaliar a produtividade das instituições de pesquisa e inovação da área nuclear no que diz respeito às suas produções tecnológicas e o seu retorno à sociedade.

² Técnicos de nível superior da força de trabalho da organização (excluindo bolsistas e terceirizados) envolvidos exclusivamente em atividades técnico-científicas.

CONCLUSÕES

O estudo aqui proposto cumpriu sua finalidade – indicar e discutir Indicadores de Sustentabilidade para Institutos de Pesquisa e Inovação e ao mesmo tempo oferecer uma metodologia de avaliação, incluindo seu grau de importância, segundo as dimensões ambiental, econômica, social, cultural e institucional.

A consulta aos especialistas, além de alicerce para a metodologia utilizada, foi enriquecedora. Por terem ponderado os indicadores propostos, tecendo várias críticas e sugestões para a construção de novos indicadores depreende-se que o estudo escolhido suscita notável interesse da área acadêmica e de instituições especializadas.

O método Delphi atingiu as expectativas e possibilitou a participação de especialistas localizados em diversas áreas regionais, sem a necessidade de uma presença física, reduzindo consideravelmente o custo comparado à realização de participação presencial.

Apesar dos avanços em pesquisas relacionadas ao universo específico dos institutos de pesquisa da área nuclear, entretanto, pode-se inferir que indicadores que mensuram a sustentabilidade dessas instituições, no contexto proposto, ainda não estão consolidados cientificamente, caracterizando-se como um tema ainda controverso mesmo dentre os especialistas. Sugere-se, portanto, que sejam realizados esforços em levantar, discutir e apontar aspectos ainda pouco explorados, para que se possa no futuro construir e difundir um conhecimento científico sólido acerca de uma área considerada aparentemente ainda polêmica.

Os resultados obtidos mostraram, complementarmente, que os indicadores institucionais foram os mais aceitos, seguidos dos indicadores ambientais e culturais. Pode-se atribuir esse resultado ao fato de essa dimensão ser composta pelo maior número de indicadores - 27. Outra hipótese que pode explicar esse comportamento é o fato do estudo estar voltado para institutos de pesquisa, por isso a escolha dos especialistas e sua preocupação em desenvolver indicadores que demonstrem a produtividade institucional (técnica e acadêmica). Os resultados indicaram também a importância da divulgação do conhecimento entre pesquisadores da área, bem como a necessidade da interação entre ciência-tecnologia-sociedade.

Os resultados mostraram ainda que a avaliação da sustentabilidade de empreendimentos baseados em temas polêmicos, como por exemplo, tecnologia nuclear, deve levar em consideração os anseios da sociedade, em especial, a influência dos institutos de pesquisa e inovação na vida das comunidades que residem nas suas proximidades. Os especialistas consultados ressaltaram a importância dos indicadores relacionados à percepção de risco. Isso converge com os estudos como de Viana (2012), o qual construiu indicadores e índice de sustentabilidade da mineração, ao demonstrar o quanto é relevante levar em consideração a percepção de risco e os anseios populacionais da comunidade circunvizinha, principalmente quando se trata de temas polêmicos.

Vale ressaltar que essa pesquisa não tem a pretensão de ser um produto acabado, muito pelo contrário: trata-se de uma metodologia ainda aberta à ampliações, aperfeiçoamentos e a adaptações. Os resultados alcançados nesse trabalho representam uma contribuição para o avanço dos estudos sobre um tema atual e socialmente muito relevante: a mensuração da sustentabilidade de institutos de pesquisa e inovação da área da tecnologia nuclear.

Ainda, a partir dos resultados obtidos indiretamente é possível afirmar que não é tão difícil elencar os critérios a serem satisfeitos pelos empreendimentos da área de tecnologia nuclear para impulsioná-la no rumo da sustentabilidade, tampouco avaliá-la.

A análise de outras iniciativas também associadas a temas fortemente controversos, tais como o uso de células-tronco embrionárias humanas, o desenvolvimento de alimentos transgênicos, transposição de águas entre grandes bacias hidrográficas, modelo macroeconômico pautado em commodities também poderão se beneficiar do ferramental aqui desenvolvido e apresentado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.A. (2011) **Um estudo simplificado sobre a percepção pública na área nuclear: sugestões para campanhas educativas para os diferentes segmentos da sociedade.** Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia Nucleares) Instituto de Engenharia Nuclear, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ien.gov.br/posien/teses/dissertacao_mestrado_ien_2011_03.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2013.

AQUINO, A.R. *et al.*. (2012) Percepção e gestão de risco em instalação de repositório de rejeitos nucleares. In: GUIMARÃES, Solange T. de Lima *et al.* (orgs). **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. 1ª ed. Rio Claro.

BIRKMANN, J. (2007) **Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications**. Environmental Hazards, Beijing, v. 7, n. 1, p. 20-31.

BRÛSEKE, F. J. (1995) O problema do desenvolvimento sustentável. In: *Cavalcanti, C. (Org.)*. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez.

BRUNDTLAN, Relatório. **Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: o nosso futuro comum**. Universidade de Oxford. Nova Iorque, 1987. Disponível em: <http://eubios.info/BetCD/Bt14.doc>. Acesso em: 14 maio 2015.

CALLADO, A. L. C.; FENSTERSEIFER, J. E. (2010) Indicadores de sustentabilidade: uma abordagem empírica a partir de uma perspectiva de especialistas. In: **SIMPOI 2010**. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2010/artigos/E2010_T00146_PCN40018.pdf? Acesso em 02 fev. 2015.

CLARO, P. B. O; CLARO, D. P. (2004) **Desenvolvimento de indicadores para monitoramento da sustentabilidade: o caso do café orgânico**. Revista de Administração, v.39, n.1, p.18-29.

CNUMAD - CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CNUMAD. **Agenda 21 global: Capítulo 8 - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisões**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap08.pdf. Acesso em: 14 julho 2014.

CNUMAD - CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21 global: Capítulo 40 - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisões**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap08.pdf. Acesso em: 14 julho 2014.

DAHL, A. L. (2007) The big picture: comprehensive approaches. In: *MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Org.)*. **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development**. Chichester: John Willey and Sons.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. (2013) **Dilemas na construção de escalas tipo likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?** Revista gestão organizacional | vol. 6 - edição especial.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. (2002) **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistema**. Agroecologia e Desenvolvimento. Rural. Sustentável, v. 3, n. 4, p. 44-52.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2003). **Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária: AMBITEC-AGRO**.

Jaguariúna, SP. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_34.pdf>. Acesso em: 15 março 2014.

FOLADORI, G. (2002) **Avances y límites de la sustentabilidad social. In: Economía, Sociedad y Territorio.** vol. III, num. 12, 2002, p. 621-637.

GAO, Y. (2008) **A Comparative Study of Port Environmental Management in Canada and China.** Department of Planning. Universidade de Waterloo, Canadá. Disponível em: <<http://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/3594>>. Acesso em: 14 maio 2015.

GIL, A. C. (1999) **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. (2001) **Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment.** Vienna. (Safety Reports Series, nº19).

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. (2005) **Energy indicators for sustainable development : guidelines and methodologies.** - Vienna : International Atomic Energy Agency, p. ; 24 cm. ISBN 92-0-116204-9.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2012) **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2012.** Estudos e pesquisas informação geográfica, n. 9. Rio de Janeiro.

IUCN/UNEP/WWF. (1980) World conservation strategy: living resource conservation for sustainable development. *Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN); United Nations Environment Programme (Unep); World Wildlife Fund (WWF).

KRAJNC, D.; GLAVIC, P. (2005) A model for integrated assessment of sustainable development. In: **Resources, Conservation and Recycling**, v.43, n.2, p.189-208.

LABUSCHAGNE, C.; BRENT, A. C.; VAN ERCK, R. P. G. (2005) **Assessing the sustainability performances of industries.** Journal of Cleaner Production, v.13, n.4, p.373-385.

LEUKHARDT, F.; ALLEN, S. (2013) **How environmentally focused is the German sustainability strategy? A critical discussion of the indicators used to measure sustainable development in Germany.** Environment, Development and Sustainability, v. 15, n. 1, p. 149-166.

MAGALHÃES Jr., A. P. (2012) **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** 4ª e. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

MENDES, J. M. G. (2009) **Dimensões da sustentabilidade.** Revista das Faculdades Santa Cruz, v. 7, n. 2, julho/dezembro.

RIBEIRO, J. C. J. (2006) **Indicadores Ambientais: avaliando a política de meio ambiente no Estado de Minas Gerais.** Ed. Segrac Editora e Gráfica Ltda. Belo Horizonte: Semad.

- RICHARDSON, R. J. *et al.* Pesquisa social: Métodos e técnicas. 3º ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. **An overview of sustainability assessment methodologies.** Ecological Indicators, v.9, n.2, p.189-212, 2009.
- SPÍNOLA, A. W. P. (1984) **Delfos: proposta tecnológica alternativa.** São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 91p.
- STIGLITZ, J.; SEN, A.; FITOUSSI, J. P. **Report of the measurement of economic performance and social progress.** Paris, 14 set., 2009.
- UN - UNITED NATIONS. (2007) **Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.** THIRD EDITION, UN Sales Publication New York. Disponível em: <http://www.uneca.org/eca_programmes/sdd/events/Rio20/WorkshopSDIndicator/SustainableDevelopmentIndicators.pdf>. Acesso em: 14 julho 2014.
- Van BELLEN, H. M. (2006) **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** 2.ed. Rio de Janeiro: FGV.
- VERGARA, S. C. (2009) **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 10ª ed. São Paulo: Atlas.
- VIANA, M. B. (2012) **Avaliando Minas: índice de sustentabilidade da mineração.** Tese (Doutorando em desenvolvimento sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília, DF.