

POTENCIALIDADE E LIMITE DO USO DE INDICADORES ENERGÉTICOS COMO CONTRIBUIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Adriana Ripka¹

Christian Luiz da Silva²

Alain Hernández Santoyo³

Weimar Freire da Rocha Junior⁴

Mayra Casas Vilardell⁵

Resumo

Os indicadores energéticos constituem instrumentos de apoio a processos de tomada de decisão sobre energia. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é analisar contribuições e limitações de tais indicadores no apoio à proposição de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável a partir da incorporação de informações socioambientais. O presente estudo analisa 55 indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (Energy Indicator for Sustainable Development –

¹ Mestre em Tecnologia. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil. E-mail: a_ripka@hotmail.com. **Grupo de Trabalho: Potencialidades e Limites das Políticas Públicas de Gestão do Território**

² Doutor em Engenharia de Produção. Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil. E-mail: christiansilva@utfpr.edu.br . **Grupo de Trabalho: Potencialidades e Limites das Políticas Públicas de Gestão do Território**

³ Doutor em Ciências Econômicas. Professor do Programa em Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (PGDRA). Universidade Estadual do Oeste de Paraná (UNIOESTE), Toledo, Brasil. E-mail: santoyocuba@gmail.com . **Grupo de Trabalho: Potencialidades e Limites das Políticas Públicas de Gestão do Território**

⁴ Doutor em Engenharia de Produção. Professor Coordenador do Programa em Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (PGDRA). Universidade Estadual do Oeste de Paraná (UNIOESTE), Toledo, Brasil. E-mail: wrochajr2000@gmail.com . **Grupo de Trabalho: Potencialidades e Limites das Políticas Públicas de Gestão do Território**

⁵ Doutora em Ciências Econômicas. Diretora do Centro de Estudos de Meio Ambiente e Recursos Naturais (CEMARNA). Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. E-mail: mcasas@upr.edu.cu. **Grupo de Trabalho: Potencialidades e Limites das Políticas Públicas de Gestão do Território**

EISD), sendo estes identificados a partir das instituições International Atomic Energy Agency (IAEA), Helio International e World Energy Council (WEC). Durante a análise, percebeu-se que a maioria, 19 EISDs (34,54%), se concentra na dimensão econômica, seguidos de dez EISDs (18,18%), na dimensão ambiental, nove EISDs (16,36%), na dimensão social, sete EISDs (12,45%) são classificados em resiliência, quatro EISDs (7,27%), em governança, três EISDs (5,45%), em vulnerabilidade e três EISDs (5,45%), em política. Apesar dos EISDs ampliarem a disponibilidade de informações aos tomadores de decisão para o desenvolvimento sustentável, foram identificadas limitações, como o desconhecimento de componentes que formam alguns indicadores e o uso direcionado a ações não propriamente ligadas ao desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Energia. Indicadores energéticos. Desenvolvimento sustentável.

Introdução

O aumento do consumo de energia, pela intensificação do uso das tecnologias e das reservas energéticas a partir dos anos de 1960, gerou um aumento das externalidades negativas, que foram sentidos pela sociedade (BELLEN, 2006).

Neste contexto, a busca por soluções em atender a crescente demanda de energia, tornou-se mais complexa, pois os efeitos deletérios se intensificaram devido o aumento da extração de matérias-primas, como petróleo e carvão para manter o ritmo de crescimento econômico, negligenciando as questões socioambientais (CIMA, 2006).

Dada as dificuldades em equilibrar os potenciais ganhos econômicos, advindos do uso crescente de fontes energéticas, com a carga poluente que produz os mais variados problemas de saúde humana e animal; e degrada os ativos ambientais, o uso de indicadores energéticos abre possibilidades para a tomada de decisão, que pode amenizar e mitigar os impactos negativos à sociedade.

Os indicadores energéticos, voltados para o desenvolvimento sustentável, constituem uma ferramenta para o levantamento de dados que se traduzem em planejamento energético (PHILIPPI JUNIOR; MALHEIROS, 2012).

Na busca de alternativas para a construção de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) iniciou a construção destes indicadores com o objetivo de atender à Agenda 21 global (PEREIRA JUNIOR et al., 2013, p. 51).

Em 2005, em parceria com a Agência Internacional de Energia (IEA) e outras instituições, foi apresentado um conjunto de trinta (30) indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável – Energy Indicator for Sustainable Development (EISDs), os quais foram divididos nas dimensões econômica, social e ambiental (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2005).

Parte-se do pressuposto que os EISDs são utilizados para direcionar políticas públicas, em prol de um processo de desenvolvimento sustentável, por apresentarem informações que podem identificar problemas coletivos. Adota-se aqui o conceito de desenvolvimento sustentável apresentado por Silva (2008, p. 18), que define como “um processo de transformação que ocorre de forma harmoniosa nas dimensões espacial, social, ambiental, cultural e econômica a partir do individual para o global”. Para que esse processo aconteça usa-se o conceito de política pública de Dye (1984), em que sintetiza dizendo que se trata de todas as ações que o governo escolhe fazer ou não. Neste aspecto os indicadores servem para orientar as decisões dos governos em vista a um processo de desenvolvimento sustentável. Contudo, há que se discutir de que maneira estes indicadores contribuem para este fim. Neste sentido, o objetivo geral é analisar as contribuições e limitações dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio à proposição de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável.

A pesquisa é composta por quatro seções, sendo elas intituladas: “Conceito e a importância dos indicadores energéticos”, compreendendo os principais conceitos e significação dos EISDs; “Procedimentos metodológicos”, apresentando detalhadamente como a pesquisa foi desenvolvida; “Resultados e discussões”,

incluindo a apresentação dos EISDs e a análise geral dos mesmos. Após são apresentadas as “Considerações finais”.

2. Conceito e a importância dos indicadores

A Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organisation for Economic Co-Operation and Development* – OECD, 2005, p.143) define indicador como sendo “um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros, que objetiva fornecer informações com um significado que ultrapassa a associação direta a um valor de parâmetro”. Vale ressaltar que não somente o valor apresentado pelo indicador deve ser considerado, mas o seu significado no todo, para poder fazer as aferições de forma completa.

Van Bellen (2006, p. 42) afirma que o objetivo dos indicadores é “agregar e quantificar informações” de modo a torna-las mais evidentes pela simplificação das informações sobre fenômenos complexos, deixando-as mais acessíveis.

Apesar de comparativamente os indicadores econômicos serem em maior número e, em geral, com metodologias mais consolidadas, do que as dimensões ambientais e sociais, Philippi Jr e Malheiros (2012, p. 82) destacam que “há uma grande diversidade de indicadores sociais, econômicos e ambientais em uso”, mas, que parte da dificuldade é que “a sua utilização sem estudos e critérios adequados poderá dificultar a avaliação e a comunicação do processo de desenvolvimento sustentável”. Desta forma, estudos mais aprofundados, não só na elaboração de indicadores, mas também na coleta de dados e análise dos resultados, podem fazer com que os indicadores se tornem mais compreensivos.

No caso da energia, os indicadores energéticos, antes voltados para questões econômicas, ou de eficiência energética, tiveram seus objetivos ampliados para buscar o atendimento às demais dimensões. Segundo Pereira Junior et al. (2013, p. 51), em 1999 a “Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) iniciou um programa de longo prazo para a construção de Indicadores para o Desenvolvimento Energético Sustentável”, que se concretizou em 2005 com a divulgação de um conjunto composto por trinta (30) EISDs.

A construção dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISD) foi um avanço para se ampliar o conhecimento sobre energia, em diferentes dimensões. Fornecendo base para o fortalecimento destes indicadores, para aplicação global, e até mesmo, a adaptação destes, para a sua utilização em escalas menores, tão necessárias para harmonizarem os programas socioambientais em escala global.

Segundo Silva e Wiens (2010), da mesma forma que o desenvolvimento sustentável é dinâmico, os indicadores também devem ser. Tal dinamicidade, ou adaptabilidade, possibilita que as informações, geradas pelos EISDs, sejam alinhadas às necessidades dos tomadores de decisão, minimizando as incertezas para a resolução de problemas.

4. Procedimentos metodológicos

O presente artigo se classifica segundo a área de conhecimento como interdisciplinar, com base nas classificações de pesquisa, apresentadas por Gil (2010, p. 25-29). Quanto ao objetivo, trata-se de uma pesquisa descritiva, empregando como método o levantamento bibliográfico/documental.

Para o levantamento bibliográfico utilizou-se de: livros, artigos e teses/dissertações, e ferramenta de pesquisa EBSCO Discovery Service – disponibilizada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, a qual, apresentou resultados das principais bases de dados, como a Web of Science, Scielo, Science Direct, Academic OneFile, Scopus e repositórios acadêmicos. Isto possibilitou uma pesquisa ampla e integrada.

Com relação à seleção dos indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável (EISDs), e identificação das metodologias aplicadas na elaboração destes, além da pesquisa bibliográfica, foi feita uma pesquisa documental, conforme indicada por Marconi e Lakatos (2012, p. 48-57), a partir de fontes escritas secundárias. Os principais documentos utilizados nesta pesquisa foram relatórios disponibilizados por organizações como: International Atomic Energy Agency (IAEA), Helio International e World Energy Council (WEC), das quais foram selecionados os conjuntos de EISDs para a análise.

Para a seleção e classificação destes documentos, foi utilizada como técnica a análise de conteúdo apresentada por Bardin (2011), aplicada nos documentos de instituições ligadas à pesquisa energética, de origens diversas como Brasil (Agência Nacional de Energia Elétrica; Petrobrás; Empresa de Energia Elétrica; e Ministério de Minas e Energia), França (Helio International), Canadá (Hydro-Québec), Japão (Agency for Natural Resources and Energy; Federation of Electric Power Companies of Japan; e Ministry of Economy, Trade and Industry), China (Energy Foundation China), Índia (Shakti Sustainable Energy Foundation), Europa (European Statistics), Nações Unidas (International Atomic Energy Agency; International Energy Agency; Intergovernmental Panel on Climate Change; United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy; e World Energy Council), Estados Unidos (Tennessee Valley Authority) e América Latina e Caribe (Organización Latinoamericana de Energía).

Essa pesquisa foi dividida em quatro principais etapas:

(I). Pesquisa bibliográfica – Mapeamento das principais referências e conceitos de base relacionados aos indicadores energéticos, tecnologia e desenvolvimento sustentável;

(II). Categorização – Definição das categorias e critérios para a análise dos indicadores energéticos selecionados;

(III). Pesquisa documental – Seleção dos principais indicadores energéticos e identificação das metodologias aplicadas na elaboração dos indicadores;

(IV). Análise – Análise das contribuições e limitações dos EISDs como instrumento de apoio à proposição de políticas públicas.

5. Resultados e Discussões

5.1. Apresentação dos Indicadores Energéticos

O conjunto de indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs), divulgado pela International Atomic Energy Agency (IAEA), é composto por

trinta (30) EISDs, os quais, a partir da análise, são apontados como sendo utilizados pela maioria das organizações científicas da área de energia. Após a análise de dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa energética, de diversos países, verificou-se que os conjuntos de EISDs da Helio International e da World Energy Council (WEC) apresentavam indicadores que não constam no conjunto divulgado pela IAEA. Assim, vinte e cinco (25) EISDs foram somados ao conjunto divulgado pela IAEA, para a análise das contribuições e limitações destes indicadores como instrumentos de apoio à proposição de políticas públicas. Os EISDs analisados são:

(a). IAEA: ECO1 - Uso de energia per capita; ECO2 - Uso de energia por unidade do PIB; ECO3 - Eficiência da conversão e distribuição de energia; ECO4 - Relação reservas/ produção; ECO5 - Relação recursos/ produção; ECO6 - Intensidades energéticas da indústria; ECO7 - Intensidades energéticas do setor agrícola; ECO8 - Intensidades energéticas do setor de serviços/ comercial; ECO9 - Intensidade energética residencial; ECO10 - Intensidades energéticas do transporte; ECO11 - Porcentagens de combustíveis na energia e eletricidade; ECO12 - Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade; ECO13 - Porcentagem de energias renováveis na energia e eletricidade; ECO14 - Preços da energia de uso final por combustível e setor; ECO15 - Dependência líquida de importações de energia; ECO16 - Reservas de combustíveis críticos por consumo do combustível correspondente; SOC1 - Porcentagem de residências (ou de população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais; SOC2 - Porcentagem do rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade; SOC3 - Uso residencial de energia por faixa de renda e correspondente combinação de combustíveis utilizados. SOC4 - Vítimas mortais de acidentes por energia produzida por cadeia de combustíveis; AMB1 - Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia, per capita e por unidade do PIB; AMB2 - Concentrações ambientais de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas; AMB3 - Emissões de poluentes atmosféricos procedentes dos sistemas energéticos; AMB4 - Descargas de contaminantes em efluentes líquidos procedentes dos sistemas energéticos, incluindo as descargas de petróleo; AMB5 - Área de solo onde a acidificação excede carga crítica; AMB6 - Taxa de desflorestamento atribuída ao uso de energia; AMB7 - Relação entre a geração de resíduos sólidos e unidade de energia produzida; AMB8 - Relação entre os resíduos sólidos descartados

adequadamente pelo total de resíduos sólidos gerados; AMB9 - Relação entre os resíduos sólidos radioativos e unidade de energia produzida; AMB10 - Relação entre os resíduos sólidos radioativos em espera de destinação e o total de resíduos sólidos radioativos gerados.

(b). Helio International: GOV1 - Controle de receita; GOV2 - Consulta informada; GOV3 - Participação dos cidadãos; GOV4 - Administração equilibrada; VUL1 - Vulnerabilidade no fornecimento de energia térmica; VUL2 - Vulnerabilidade no sistema de energia renovável; VUL3 - Vulnerabilidade nas linhas de transmissão; RES1 - Ativos de investimento; RES2 - Mobilização do potencial energético renovável; RES3 - Capacidade técnica local; RES4 - Informação científica; RES5 - Diretrizes de instalação de usinas; RES6 - Gerenciamento de crise; RES7 – Seguro.

(c). WEC: ECO17 - Exportações de combustível como uma porcentagem do PIB; POL1 - Estabilidade política; POL2 - Qualidade regulatória; POL3 - Eficácia do governo; SOC5 - Controle da corrupção; SOC6 - Estado de Direito; SOC7 - Qualidade da educação; SOC8 - Qualidade de saúde; SOC9 - Custo de vida; ECO18 - Estabilidade macroeconômica; ECO19 - Disponibilidade de crédito para o setor privado.

Seguindo a classificação original da IAEA, foi utilizado o prefixo ECO para indicadores da dimensão econômica, o prefixo SOC para indicadores da dimensão social e o prefixo AMB para indicadores da dimensão ambiental. Foram acrescentados a partir da Helio International (2014, p. 12) os indicadores da dimensão governança (GOV), vulnerabilidade (VUL) e resiliência (RES). A governança remete-se à competência técnica e cívica, a vulnerabilidade está ligada diretamente a impactos relacionados a alterações climáticas e a resiliência dos sistemas de energia. Os indicadores utilizados pela World Energy Council (WEC) (2005), estão classificados em fortalecimento Social (SOC), fortalecimento político (POL) e fortalecimento econômico (ECO).

A adição dos EISDs da Helio International e da WEC enriquece a análise por trazer indicadores que elevam a complexidade interpretativa devido ao aumento de informações a serem consideradas para uma tomada de decisão. Possibilitando que a construção de políticas energéticas, viáveis no longo prazo, sejam pensadas com

elementos além dos indicadores quantitativos elaborados antes da crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável. No Quadro 1, no apêndice, são apresentados os componentes dos cinquenta e cinco (55) EISDs analisados.

5.2. Análise geral dos EISDs por dimensões

A representatividade dos EISDs divulgados pela IAEA pode ser verificada a partir da comparação dos indicadores que compõem os conjuntos de EISDs das dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia. Desta comparação, tem-se a participação de quatro (4) instituições na criação dos EISDs divulgados pela IAEA, correspondendo à aproximadamente 21%. Do total, dez (10) instituições, além das que participaram da criação dos EISDs, os utilizam, correspondendo a 52,6%. Ao todo são aproximadamente 73,6%, do total de instituições, utilizando este conjunto de indicadores. No Gráfico 1 podem ser verificados estes dados.

As cinco (5) instituições, que apresentam outros conjuntos de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável, possuem indicadores equivalentes, ou de correspondência parcial, aos EISDs, divulgados pela IAEA. Destas, duas (2) instituições apresentam indicadores que diferem dos EISDs e que foram selecionados para análise, Helio International e World Energy Council (WEC).

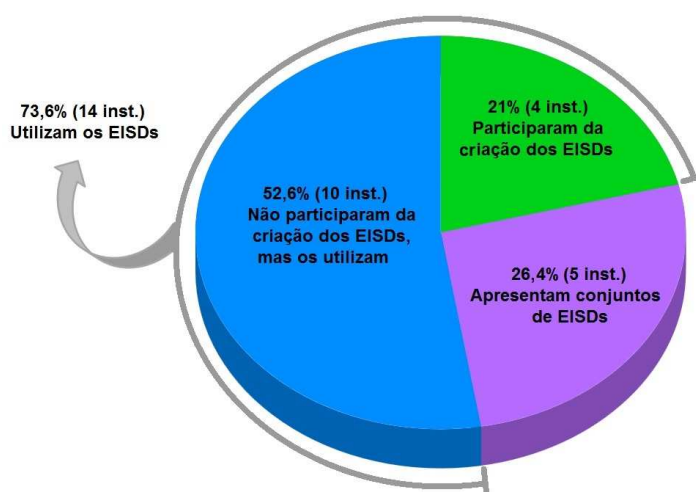


Gráfico 1. Proporção das instituições que utilizam o conjunto de EISDs, divulgados pela IAEA, e instituições que possuem conjuntos de EISDs próprios.

Fonte: Almeida (2016).

Se que ao longo do tempo houve uma sensível preocupação com o quesito desenvolvimento sustentável, que engloba um conjunto de indicadores que vão além da análise puramente econômica. Neste contexto, a formação do conjunto de EISDs, apresentados pela IAEA, foi uma tentativa de se observar de forma conjunta as informações da dimensão ambiental (AMB), social (SOC) e econômica (ECO). No Gráfico 2, é apresentado o conjunto com os trinta (30) indicadores, da IAEA, classificados nas três dimensões, apesar de representar um “passo” na busca do desenvolvimento sustentável ainda é composto por uma quantidade maior de indicadores econômicos do que ambientais, e a diferença é ainda maior no que se refere aos indicadores sociais.

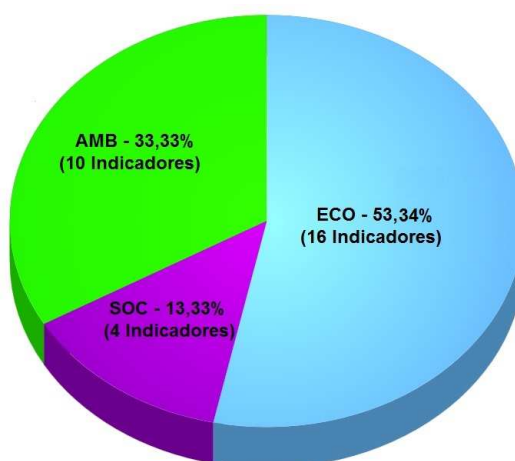


Gráfico 1. Distribuição dos indicadores energéticos da IAEA nas dimensões econômica (ECO), ambiental (AMB) e social (SOC).
Fonte: Almeida (2016).

Com a inclusão dos indicadores da Helio International e da WEC, passando para o total de cinquenta e cinco (55) indicadores, as porcentagens se diluem, fazendo com que a dimensão social não seja a dimensão com o menor número de indicadores, contudo o maior número destes ainda concentra-se na dimensão econômica, com dezenove (19) EISDs, seguidos de: dez (10) indicadores na dimensão ambiental; nove (9) na dimensão social; sete (7) em resiliência; quatro (4) em governança; três (3) em vulnerabilidade; e três (3) indicadores em política, apresentados no Gráfico 3.

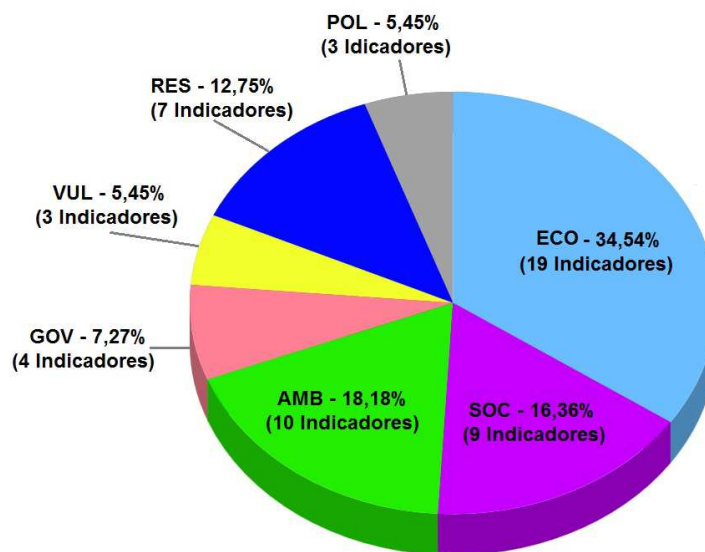


Gráfico 2. Distribuição dos indicadores energéticos nas dimensões apresentadas pela IAEA, HELIO e WEC.
Fonte: Almeida (2016).

Dos dezenove (19) EISDs da dimensão econômica, observa-se que em sua maioria não foram construídos focados para o desenvolvimento sustentável. Tal observação pode ser feita porque quando estes são utilizados individualmente, desconsiderando a associação com EISDs de outras dimensões, podem estimular ações que se distanciam do resultado da sustentabilidade, que podem agravar os processos de geração de impactos socioambientais negativos. Isto pode ser reflexo do redirecionamento da utilização de indicadores energéticos, desenvolvidos para eficiência energética e crescimento econômico, para objetivos ligados ao desenvolvimento sustentável.

Os dez (10) EISDs que compõem a dimensão ambiental, ao contrário dos indicadores da dimensão econômica, apresentam resultados que apresentam a sustentabilidade (ou insustentabilidade) do desenvolvimento, indiferente se analisados individualmente ou em conjunto com outros indicadores. Isto se deve à construção destes ter se dado diante da busca de informações sobre poluição e degradação do ambiente, que na construção do conjunto de EISDs, estes funcionam

como “bons”⁶ parâmetros para acompanhar os impactos ambientais resultantes da extração e utilização de uma ou outra fonte energética.

Os EISDs da dimensão social trazem informações relacionadas ao perfil socioeconômico da população, acesso à energia, mortalidade em decorrência da cadeia de combustíveis e elementos mais abrangentes envolvendo questões institucionais da dinâmica social. Assim como os indicadores da dimensão econômica, para que estes contribuam para o planejamento de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável, há a necessidade de que estes sejam analisados pelos tomadores de decisão associados a outros indicadores, como os da dimensão ambiental. Desta forma, a associação dos EISDs da dimensão social aos indicadores da dimensão econômica, pode induzir ações distantes de objetivos sustentáveis.

As categorias governança, vulnerabilidade, resiliência e política, apresentadas pela Helio e WEC, contribuem para a geração de informações que podem ser associadas às dimensões espacial / geográfica e cultural indicadas por Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008). Isto se deve fato de indicadores destas dimensões envolverem a relação do governo com a sociedade, regulamentos e leis, e a capacidade de resolução de problemas, implicando assim em elementos como território, poder e costumes da sociedade. Ao todo, os cinquenta e cinco (55) EISDs estão agrupados em sete (7) categorias: econômica (ECO), ambiental (AMB), social (SOC), governança (GOV), vulnerabilidade política (POL), e resiliência (RES).

Com relação aos parâmetros, ou componentes, apresentados no Quadro 1, no apêndice, percebe-se que muitos foram determinados a partir dos que apresentam maior acessibilidade, por serem coletados em períodos anteriores à preocupação como o desenvolvimento sustentável, com por exemplo o “Uso de energia (fornecimento total de energia primária, consumo final total e uso de eletricidade)” e “PIB”, que são parâmetros para o indicador ECO2 (uso de energia por unidade do PIB). A utilização de parâmetros de maior complexidade no que se refere à coleta de dados, pode-se citar “Emissão de poluentes atmosféricos”, “Descarte de contaminantes em efluentes líquidos” e outros que podem ser

⁶ O termo “bons” se refere à utilização destes EISDs trazer informações que possam estimular a busca por fontes energéticas que propiciem um desenvolvimento alinhado a objetivos sustentáveis. Não indica ausência de limitação, seja em coleta de dados ou na interpretação dos mesmos.

subestimados devido à dificuldade de coleta de dados, por ocultamento ou distorção das informações por parte dos responsáveis dos poluentes.

5.3. Contribuições para Desenvolvimento Sustentável

Dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs), selecionados para esta pesquisa, podem-se destacar algumas diferenças na forma de contribuição destes para os tomadores de decisão e, conseqüentemente, no que se refere à elaboração de políticas públicas. Tais diferenças podem ser decorrentes do seu tempo de existência, ou mesmo, da simplicidade de seu cálculo, permitindo que o tomador de decisão tenha mais, ou menos, segurança sobre o significado do resultado de cada indicador, como discutido por Martínez (2007).

Os indicadores relacionados à dimensão econômica são, em geral, de conhecimento e utilização anterior à discussão sobre desenvolvimento sustentável. Este fator influencia no “amadurecimento” destes indicadores, tornando-os de cálculo mais difundido e consolidado do que indicadores de construção mais recente, isto se deve à necessidade de pesquisa e deliberação de quais componentes propiciariam um resultado compatível com a realidade.

Apesar de, dos dezenove (19) EISDs da dimensão econômica, dezesseis (16) serem adaptados de conjuntos voltados inicialmente apenas para crescimento econômico, focado em eficiência energética, foram identificados dois (2) EISDs que apresentam contribuição mais integrada com o desenvolvimento sustentável sem exigência de análise em conjunto com outros indicadores. São eles o ECO4 – Relação reservas/ produção – e o ECO12 – Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.

O ECO4 ao ter em sua base de cálculo as “reservas recuperáveis comprovadas”, demonstra a preocupação com a capacidade de recuperação das reservas energéticas, a qual em períodos anteriores não era destacada. Este indicador, mesmo analisado isoladamente, contribui para o tomador de decisão com a informação sobre a disponibilidade das fontes energéticas envolvidas neste cálculo.

O ECO12 traz ao tomador de decisão o “fornecimento primário, geração de eletricidade e capacidade de geração por energia não baseada no carbono”, ou seja, mesmo que analisado individualmente, este indicador contribui com o desenvolvimento sustentável, apresentando aos decisores a proporção específica do fornecimento de energia não baseada no carbono. Assim a informação sobre energias que geram menor poluição do ar, auxilia na possível escolha de fontes energéticas que reduzem os impactos negativos decorrentes da emissão de carbono. Neste ponto, o conhecimento das diferentes fontes energéticas faz-se necessário para a seleção das fontes que compõem o cálculo deste EISD. Como pode ser verificado em Hinrichs et al. (2014) e Reis et al. (2012).

Passando aos EISDs da dimensão social, no início desta pesquisa esperava-se identificar um número maior de indicadores desta dimensão, devido à inter-relação da sociedade com as demais dimensões e por essa também sofrer com os impactos negativos atmosféricos, na água e no solo. Contudo a seleção apresentou quatro (4) EISDs divulgados pela IAEA e cinco (5) divulgados pela WEC.

Os indicadores do SOC1 ao SOC3 geram informações relacionadas à demanda energética, renda e despesas com energia, ou seja, informações necessárias à compreensão da dimensão social, como indicado por Pereira Junior et al. (2013) e International... (2005). Estes indicadores, de forma similar aos EISDs da dimensão econômica, possuem informações de coleta com frequência já estabelecida e de componentes já consolidados, contribuindo com resultados próximos à realidade e tendo como limitação a necessidade de associação a indicadores de outras dimensões, para evitar análises voltadas apenas para o crescimento econômico.

No caso do SOC4, este traz uma contagem das vítimas mortais por ano relacionadas a cadeias de combustíveis, sendo um resultado de interesse para a busca pela redução deste indicador e consequentemente contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Contudo, a não atribuição correta de uma morte à uma cadeia de combustíveis, faz com este indicador possa gerar informações subestimadas, prejudicando assim a tomada de medidas para esta redução. Além disso, observando Hinrichs et al. (2014) sobre os impactos das diversas fontes de

energia existentes, vítimas mortais relacionadas a outras fontes energéticas, além da cadeia de combustíveis, também deveriam ser contabilizadas.

Os indicadores selecionados a partir da WEC e classificados em política, do POL1 ao POL3, respectivamente, “estabilidade política”, “qualidade regulatória” e “eficácia do governo”, possuem contribuições e limitações similares aos cinco (5) últimos EISDs da dimensão social, destacando que seus cálculos podem também ser prejudicados pelas armadilhas citadas por Meadows (1998). Pode-se, ainda, ressaltar o peso da abordagem institucional na construção destes indicadores, devido ao fato de as instituições afetarem o comportamento de atores sociais, dentre estes a população, empresas, instituições diversas e governo, envolvidos de alguma forma nos indicadores do POL1 ao POL3 e do SOC5 ao SOC9.

A dimensão ambiental é uma das que possui maior número de indicadores, à exceção da econômica; são dez (10) EISDs ao todo. Por terem sido construídos dentro do contexto em que já se envolviam questões ligadas ao desenvolvimento sustentável, os indicadores do AMB1 ao AMB10 podem ser analisados em conjunto com EISDs de outras dimensões ou individualmente, pois foram construídos com o intuito de se gerar informações para o desenvolvimento sustentável. Dentre os temas abordados por estes indicadores estão a mensuração da emissão e concentração de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes atmosféricos, diferentes tipos de contaminação por resíduos sólido, líquido ou radioativo, e o descarte adequado dos diferentes tipos de resíduos, pontos destacados por Sachs (1993; 2002), Van Bellen (2006) e Montibeler-Filho (2008), a serem considerados em se tratando da dimensão ambiental.

Os indicadores divulgados pela IAEA, comparados aos indicadores selecionados a partir da Helio e WEC, possuem um potencial menor para gerar informações que contribuam com os critérios para o desenvolvimento sustentável (SACHS, 1993; 2002; e MONTIBELLER-FILHO, 2008), contudo sua mensuração possui menos subjetividade quanto aos componentes que os formam, resultando em uma proximidade maior aos valores reais. A inclusão dos indicadores da Helio e WEC à seleção de EISDs analisada agregou à pesquisa por apresentar possibilidades de indicadores ainda sem componentes especificados, apesar de isto também poder revelar uma fragilidade do resultado.

A inclusão de classificações diferentes das dimensões citadas na literatura como direcionadas para o desenvolvimento sustentável, contribuiu para corroborar que este é um tema complexo e que não se prende a uma ou outra dimensão isolada e sim constrói-se a partir da inter-relação destas. O potencial de geração de informações que podem contribuir com os critérios para o desenvolvimento sustentável, elencados nas dimensões ambiental, social, econômica, espacial/geográfica e cultural, sendo atribuído às classificações política, governança e resiliência também fortalece a ideia de que estes devem ser observados quando se objetiva o desenvolvimento sustentável.

Considerações Finais

A criação, em 2005, dos trinta (30) indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável (EISDs), divulgados pela IAEA, foi um avanço para as possibilidades de planejamento de políticas públicas e tomada de decisões “mais sustentáveis” na área energética. Até o desenvolvimento deste trabalho, este conjunto tem se mostrado com representatividade global, considerando que a maioria das instituições ligadas à energia o utilizam, 73,6% das 19 instituições identificadas.

A presente pesquisa possibilitou a seleção de cinquenta e cinco (55) EISDs, resultado da mescla dos indicadores da IAEA, Helio International e WEC, a partir da comparação dos conjuntos de EISDs de diversas instituições, ligadas à pesquisa sobre energia, de vários países, sendo eles Brasil, Estados Unidos, Nações Unidas, França, Canadá, Japão, Europa, América Latina e Caribe, China e Índia.

Deve-se destacar que com a seleção de indicadores, aqui analisados, não se sugere que seja um conjunto que deva ser utilizado em sua totalidade, por todos os países, e sim que a análise de cada indicador possibilite que os tomadores de decisão possam deliberar sobre qual indicador energético mostra-se mais alinhado com as necessidades energéticas, e disponibilidade de recursos, de cada região, considerando um planejamento com objetivo de desenvolvimento sustentável.

Dos EISDs da dimensão econômica e social, principalmente os quantificados em unidades monetárias, apresentaram dentre as limitações a vulnerabilidade da

sua contribuição para o desenvolvimento sustentável, diante da dependência de que a interpretação do tomador de decisão seja voltada para este objetivo, quando estes EISDs são analisados de forma individual e dissociada de indicadores, ou informação, ligadas aos impactos negativos da fonte energética avaliada.

Sobre os indicadores da dimensão ambiental, estes apresentam informações que, mesmo analisadas individualmente, contribuem para o conhecimento sobre parte dos impactos negativos que fontes de energia específicas podem causar ao ambiente e conseqüentemente à sociedade. Contudo, grande parte destes EISDs referem-se à geração dos resíduos, não considerando elementos ligados aos danos à biodiversidade, por exemplo.

Apesar das limitações, os conjuntos de EISDs funcionam como apoio à proposição de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável, ampliando a quantidade de dados para que o planejamento, ou a própria tomada de decisão, seja baseada na busca da minimização da assimetria de informações e maior conhecimento sobre os problemas relacionados à energia. Contudo, tais conjuntos ainda devem ser aprimorados, na busca de aumentar a quantidade e qualidade dos dados coletados, pois, a disponibilidade de informações com qualidade à cerca das questões socioambientais possibilita identificar quais fontes são mais, ou menos, prejudiciais ao desenvolvimento sustentável.

A seleção dos cinquenta e cinco (55) indicadores energéticos, apesar de ser em uma quantidade maior do que o conjunto divulgado pela IAEA, permite que o tomador de decisão reflita sobre a utilização de indicadores além dos comumente citados, e voltados para a dimensão econômica, podendo assim considerar a adaptabilidade de conjuntos de EISDs para a região ou país em planejamento.

Outro ponto a ser observado é que, no resultado da análise do conjunto de EISDs selecionado, o fator econômico predomina, mas vivendo em uma economia capitalista é relevante que estes ainda sejam destacados, dado que dificilmente conseguimos dissociar as decisões públicas dos custos envolvidos. Mesmo existindo a necessidade de equacionar os demais, ou seja, elevar os indicadores ambiental, social, vulnerabilidade, resiliência, governança e política, a este último deveria ser

dada atenção especial, inclusive no Brasil, uma vez que as decisões políticas suplantam as demais nas mais variadas esferas, inclusive a energética.

Considera-se, ainda, que as barreiras associadas à disponibilidade de informação devam ser as primeiras a serem transpostas, para que seja então possível lidar com as demais limitações, consideradas aqui como de transposição mais difícil, como a coleta de dados, a análise e a utilização dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio efetivos para o desenvolvimento sustentável. Sem ter esta clareza e indicadores apropriados a um processo mais holístico da transformação possível a partir de uma ação ou intervenção do governo, limita-se o uso dos indicadores para a proposição de uma política pública.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Adriana Ripka de. **Indicadores energéticos: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://prospeccaoenergiasrenovaveis.files.wordpress.com/2016/03/ct_ppgte_m_almeida-adriana-ripka-de_2016.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2016.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2011.

CIMA, Fernando Monteiro. **Utilização de indicadores energéticos no planejamento energético integrado**. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/fmcima.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

DYE, Thomas D. **Understanding public policy**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. 1984

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HELIO INTERNATIONAL. **Traitement de l'information pour des politiques énergétiques favorisant l'écodéveloppement (TIPEE)**. Disponível em: <http://www.helio-international.org/wp-content/uploads/HELIO_Guide_TIPEE-FR.pdf>. Acesso em: 15 set.2015.

HINRICHS, Roger A. et al. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Energy indicators for sustainable development-guidelines and methodologies**. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222_web.pdf>. Acesso em: 12 mar 2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MARTÍNEZ, Rayén Quiroga. **Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe**. Santiago, Chile: CEPAL, 2007. Disponível em: <://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5498/S0700589_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul 2016.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 3 ed. Florianópolis: UFSC, 2008.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Environment at a Glance: OECD environmental indicators**. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/environment/environment-at-a-glance-2015_9789264235199-en;jsessionid=6dlo0jengl2n4.x-oecd-live-02>. Acesso em: 12 ago 2016.

PEREIRA JUNIOR, Amaro Olimpio *et al.* Indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Plano Nacional de Energia. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (org.). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, 2013.

PHILIPPI JR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2012.

REIS, Lineu Belico dos *et al.* **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Barueri: Manole, 2012.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SILVA, C. L. Proposta de um modelo de monitoramento e avaliação do desenvolvimento sustentável. In: Christian Luiz da Silva. (org.). **Desenvolvimento sustentável**: um modelo analítico integrado e adaptativo. 2ed. Petrópolis/ RJ: Vozes, 2008. p. 15-28.

_____; WIENS, Simone. Indicadores: conceitos e aplicações. In: _____. **Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Saraiva, 2010.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

WORLD ENERGY COUNCIL. **Energy trilemma index world energy council**: 2015. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/20151030-Index-report-PDF.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2015

APÊNDICE I: INDICADORES SELECIONADOS E SEUS COMPONENTES

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
1	IAEA	ECO1	Uso de energia per capita	- Uso de energia (fornecimento total de energia primária, consumo final total e uso de eletricidade) - População total
2	IAEA	ECO2	Uso de energia por unidade do PIB	- Uso de energia (fornecimento total de energia primária, consumo final total e uso de eletricidade) - PIB
3	IAEA	ECO3	Eficiência da conversão e distribuição de energia	- Perdas nos sistemas de transformação incluídas as perdas na geração, transmissão e distribuição de eletricidade
4	IAEA	ECO4	Relação reservas/ produção	- Reservas recuperáveis comprovadas - Produção total de energia
5	IAEA	ECO5	Relação recursos/ produção	- Total de recursos estimados - Produção total de energia
6	IAEA	ECO6	Intensidades energéticas da indústria	- Uso de energia no setor industrial e por ramos de manufaturas - Valor agregado correspondente
7	IAEA	ECO7	Intensidades energéticas do setor agrícola	- Uso de energia no setor agrícola - Valor agregado correspondente
8	IAEA	ECO8	Intensidades energéticas do setor de serviços/ comercial	- Uso de energia no setor de serviços/comercial - Valor agregado correspondente
9	IAEA	ECO9	Intensidade energética residencial	- Uso de energia residencial e por usos finais-chaves - Número de residências, superfície edificada, pessoas por residência, propriedade de aparelhos elétricos
10	IAEA	ECO10	Intensidades energéticas do transporte	- Uso de energia nos setores de transporte de passageiros e de carga, por modalidade - Passageiros/km percorridos e toneladas/km de carga transportada, por modalidade
11	IAEA	ECO11	Porcentagens de combustíveis na energia e eletricidade	- Fornecimento de energia primária e consumo final, geração de eletricidade e capacidade de geração por tipo de combustível - Fornecimento total de energia primária, consumo final total de energia, geração de eletricidade total e capacidade total de geração
12	IAEA	ECO12	Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.	- Fornecimento primário, geração de eletricidade e capacidade de geração por energia não baseada no carbono - Fornecimento total de energia primária, geração total de eletricidade e capacidade total de geração
13	IAEA	ECO13	Porcentagem de energias renováveis na energia e eletricidade	- Fornecimento de energia primária, consumo final e geração de eletricidade e capacidade de geração por energias renováveis - Fornecimento total de energia primária e consumo final total de energia, geração de eletricidade total e capacidade de geração total
14	IAEA	ECO14	Preços da energia de uso final por combustível e setor	- Preços da energia (com e sem impostos/subsídios)

15	IAEA	ECO15	Dependência líquida de importações de energia	- Importações de energia - Fornecimento total de energia primária
16	IAEA	ECO16	Reservas de combustíveis críticos por consumo do combustível correspondente	- Reservas de combustíveis críticos (por exemplo, petróleo, gás, etc.) - Consumo de combustíveis críticos
17	IAEA	SOC1	Porcentagem de residências (ou de população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais	- Residências (ou população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais - Número total de residências ou população total
18	IAEA	SOC2	Porcentagem do rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade	- Rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade - Rendimento familiar (total e 20% mais pobres da população)
19	IAEA	SOC3	Uso residencial de energia por faixa de renda e correspondente combinação de combustíveis utilizados.	- Uso de energia por residência para cada faixa de renda (quintis) ⁷ - Renda familiar por cada faixa de renda (quintis) - Combinação de combustíveis utilizada por cada faixa de renda (quintis)
20	IAEA	SOC4	Vítimas mortais de acidentes por energia produzida por cadeia de combustíveis	- Vítimas mortais anuais por cadeias de combustíveis - Produção anual de energia
21	IAEA	AMB1	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia, per capita e por unidade do PIB	- Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia - População e PIB
22	IAEA	AMB2	Concentrações ambientais de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas	- Concentração de poluentes atmosféricos
23	IAEA	AMB3	Emissões de poluentes atmosféricos procedentes dos sistemas energéticos	- Emissões de poluentes atmosféricos
24	IAEA	AMB4	Descargas de contaminantes em efluentes líquidos procedentes dos sistemas energéticos, incluindo as descargas de petróleo	- Descargas de contaminantes em efluentes líquidos
25	IAEA	AMB5	Área de solo onde a acidificação excede carga crítica	- Área de solo afetada - Carga crítica
26	IAEA	AMB6	Taxa de desflorestamento atribuída ao uso de energia	- Área florestal em dois momentos diferentes - Utilização de biomassa
27	IAEA	AMB7	Relação entre a geração de resíduos sólidos e a unidade de energia produzida	- Quantidade de resíduos sólidos - Energia produzida
28	IAEA	AMB8	Relação entre os resíduos sólidos descartados adequadamente pelo total de resíduos sólidos gerados	- Quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente - Quantidade total de resíduos sólidos
29	IAEA	AMB9	Relação entre os resíduos sólidos radioativos e a unidade de energia produzida	- Quantidade de Resíduos radioativos (acumulação durante um período de tempo determinado) - Energia produzida
30	IAEA	AMB10	Relação entre os resíduos sólidos radioativos em espera de destinação e o total de resíduos sólidos radioativos gerados	- Quantidade de resíduos radioativos à espera de destinação - Volume total de resíduos radioativos
31	HELIO	GOV1	Controle de receita	- Redução da parcela das receitas de energia que escapam tributação
32	HELIO	GOV2	Consulta informada	- Audiências e consultas públicas sobre as avaliações de impacto de projetos de energia propostas
33	HELIO	GOV3	Participação dos cidadãos	- A participação ativa da sociedade civil (particularmente as mulheres) no setor da energia

⁷ Quintil representa um quinto (1/5) qualquer de uma variável, a qual foi dividida em cinco partes iguais.

34	HELIO	GOV4	Administração equilibrada	- Representação equilibrada de procura de energia e de abastecimento de partes interessadas (atores), bem como a transparência no processo de tomada de decisão
35	HELIO	VUL1	Vulnerabilidade no fornecimento de energia térmica	- Vulnerabilidade de usinas de energia (e refinarias se aplicável) para inundações
36	HELIO	VUL2	Vulnerabilidade no sistema de energia renovável	- Vulnerabilidade de sistemas de energias renováveis para variações climáticas
37	HELIO	VUL3	Vulnerabilidade nas linhas de transmissão	- Comprimento de linhas de transmissão / redes de distribuição ameaçada por eventos climáticos extremos
38	HELIO	RES1	Ativos de investimento	- Taxa de poupança doméstica / PIB
39	HELIO	RES2	Mobilização do potencial energético renovável	- Proporção de investimento nacional destinados à energia renovável e à eficiência energética
40	HELIO	RES3	Capacidade técnica local	- Número de formados anualmente em cursos de Ciências e Engenharia por população total
41	HELIO	RES4	Informação científica	- Disponibilidade de mapas de risco (inundações, desertificação, contaminação)
42	HELIO	RES5	Diretrizes de instalação de usinas	- Diretrizes sobre resiliência às alterações climáticas para o planeamento e implantação de usinas.
43	HELIO	RES6	Gerenciamento de crise	- Os planos de emergência para usinas de energia
44	HELIO	RES7	Seguro	- Disponibilidade de apólices de seguros nacionais que são responsáveis por danos relacionados às mudanças climáticas
45	WEC	ECO17	Exportações de combustível como uma porcentagem do PIB	Componentes não disponibilizados pela WEC
46	WEC	POL1	Estabilidade política	Componentes não disponibilizados pela WEC
47	WEC	POL2	Qualidade regulatória	Componentes não disponibilizados pela WEC
48	WEC	POL3	Eficácia do governo	Componentes não disponibilizados pela WEC
49	WEC	SOC5	Controle da corrupção	Componentes não disponibilizados pela WEC
50	WEC	SOC6	Estado de Direito	Componentes não disponibilizados pela WEC
51	WEC	SOC7	Qualidade da educação	Componentes não disponibilizados pela WEC
52	WEC	SOC8	Qualidade de saúde	Componentes não disponibilizados pela WEC
53	WEC	SOC9	Custo de vida	Componentes não disponibilizados pela WEC
54	WEC	ECO18	Estabilidade macroeconómica	Componentes não disponibilizados pela WEC
55	WEC	ECO19	Disponibilidade de crédito para o setor privado	Componentes não disponibilizados pela WEC

Quadro 1. Indicadores selecionados e seus componentes

Fonte: Almeida (2016).