



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO

ALEX BIZARRIA BEZERRA

CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ
PARA O PERÍODO DE 2019 A 2030

FORTALEZA - CEARÁ

2019

ALEX BIZARRIA BEZERRA

CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ
PARA O PERÍODO DE 2019 A 2030

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados, da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Adriana Teixeira Bastos.

FORTALEZA - CEARÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Bezerra, Alex Bizarria.

Cenários prospectivos da energia solar
fotovoltaica no Ceará para o período de 2019 a 2030
[recurso eletrônico] / Alex Bizarria Bezerra. - 2019.
1 CD-ROM: il.; 4 ¾ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do
trabalho acadêmico com 146 folhas, acondicionado em
caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade
Estadual do Ceará, Centro de Estudos Sociais
Aplicados, Mestrado Acadêmico em Administração,
Fortaleza, 2019.

Área de concentração: Gestão, Organizações e
Ambientes.

Orientação: Prof. Dr. Adriana Teixeira Bastos.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Cenários
prospectivos. 3. Energia solar fotovoltaica. I.
Título.

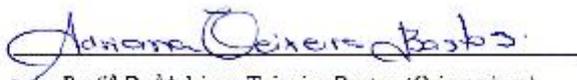
ALEX BIZARRIA BEZERRA

**CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ
PARA O PERÍODO DE 2019 A 2030**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados, da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração. Área de Concentração: Gestão, Organizações e Ambientes.

Aprovada em 11 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Adriana Teixeira Bastos (Orientadora)

Universidade Estadual do Ceará - UECE



Prof. Dr. Francisco Roberto Pinto

Universidade Estadual do Ceará - UECE



Prof. Dr. Sérgio Henrique Arruda Cavalcante Forte

Universidade de Fortaleza - UNIFOR

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida, saúde e bênçãos concedidas.

Ao meu amor, Fabiana, pelo companheirismo, apoio e incentivo que tem me dado todos esses anos. Exemplo de dedicação e competência em tudo o que faz.

À minha filha, Maria Helena, por me proporcionar tantas alegrias, mesmo nos momentos de maior estresse.

A minha mãe, Fátima, por todo o amor e dedicação.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Adriana Bastos, pela confiança, pela paciência, por me fazer desenvolver academicamente por meio dos seus ensinamentos e dos seus questionamentos provocadores que, muitas vezes, me levaram à reflexão e certamente contribuíram para o enriquecimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Roberto Pinto pelos seus ensinamentos. Exemplo de ser humano e professor.

Ao Prof. Dr. Sérgio Forte por compartilhar seus conhecimentos. Seus trabalhos serviram de guia e referência para minha pesquisa.

A todos os colegas de turma. Nunca vi turma tão unida e colaborativa.

Às colaboradoras do PPGA, Alessandra e Patriane, por todo o apoio dado durante o curso.

Ao Banco do Brasil pela bolsa de estudo concedida, sem a qual não seria possível a minha permanência no mestrado.

RESUMO

A energia é um dos principais pilares do padrão de vida das sociedades modernas. Na perspectiva de atendimento da crescente demanda por energia elétrica de forma sustentável, considera-se, como opção, a energia solar fotovoltaica, pressuposto que envolve a possibilidade de se formular a seguinte pergunta-base de investigação: quais os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável? Diante desse contexto, aponta-se a importância de se investigar o cenário futuro da difusão das energias ditas limpas, mais precisamente a energia solar fotovoltaica, que vem se inserindo no grande mercado de energia brasileiro. Dessa forma, tem-se como objetivo geral explicitar os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável no período de 2019 a 2030. Para tanto, relacionou-se as fontes de energias renováveis com o desenvolvimento sustentável, descreveu-se o cenário atual da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará e identificou-se as variáveis relacionadas aos cenários prospectivos dessa fonte energética na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Assim, a pesquisa foi realizada em duas etapas (qualitativa e quantitativa). A etapa qualitativa envolveu entrevistas com cinco especialistas na área de energia solar fotovoltaica no Ceará com o intuito de identificar variáveis relevantes relacionadas ao setor pesquisado. A etapa quantitativa contou com a participação de 13 pessoas, ligadas ao mesmo setor, no sentido de atribuir pesos às variáveis pelos critérios de pertinência, favorabilidade e probabilidade. Assim, seguindo o modelo de Blanning e Reinig (1998), foram prospectados os cenários otimista, realista e pessimista para a energia solar fotovoltaica no Ceará. O cenário otimista contabilizou a presença de 11 variáveis, o cenário realista contou com 3 variáveis e não foram identificadas variáveis para o cenário pessimista. A presença de maior quantidade de variáveis no cenário otimista reflete a expectativa positiva em relação a energia solar fotovoltaica no Ceará. O potencial da região destacou-se como característica mais relevante haja vista a localização geográfica e a relativa escassez de períodos chuvosos, que acabam por favorecer a região ao elevar o potencial de aproveitamento desse tipo de fonte energética.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Cenários prospectivos. Energia solar fotovoltaica.

ABSTRACT

Energy is a support of the way of life of modern societies. Solar photovoltaic energy is considered an option to meet the growing demand for electric energy. In this case, the following research question is formulated: what are the prospective scenarios of photovoltaic solar energy in the State of Ceará from the perspective of sustainable development? In this context, it is pointed out the relevance of investigating the future scenario of the diffusion of photovoltaic solar energy. Thus, the main objective is to make explicit the prospective scenarios of photovoltaic solar energy in the state of Ceará with a view to sustainable development from 2019 to 2030. In order to achieve this objective, renewable energy sources have been linked to sustainable development, the current scenario of photovoltaic solar energy in the state of Ceará was described and it was identified the variables related to the prospective scenarios of this energy source in the perspective of sustainable development. Thus, a two-step research (qualitative and quantitative) was carried out. The qualitative step involved a session of interviews with five specialists of photovoltaic solar energy in Ceará. A quantitative phase had a participation of 13 who attributed weights to the variables in relation to the criteria of pertinence, favorability and probability. Thus, following the model of Blanning and Reinig (1998) the optimistic, realistic and pessimistic scenarios for solar photovoltaic energy in Ceará were prospected. The optimistic scenario was characterized by the presence of 11 variables, the realistic scenario had 3 variables and were not variable variables for the pessimistic scenario. The presence of more variables in the optimistic scenario reflects the positive expectation regarding solar photovoltaic energy in Ceará. The potential of the region is highlighted as more rainy, which ends up favoring the region in terms of the potential of using the type of energy source.

Keywords: Sustainable development. Prospective scenarios. Photovoltaic solar energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Movimentos responsáveis pela consolidação do desenvolvimento sustentável.....	24
Quadro 2 – Categorias associadas ao tema de sustentabilidade.....	30
Quadro 3 – Critérios de Sustentabilidade.....	33
Quadro 4 – Relações entre os temas inovação e sustentabilidade	35
Quadro 5 – Determinantes da inovação sustentável	36
Quadro 6 – Modalidades de geração de energia	46
Quadro 7 – Pesquisas de cenário focadas no desenvolvimento sustentável.....	49
Quadro 8 – Sujeitos da pesquisa	65
Quadro 9 – Identificação das categorias	68
Quadro 10 – Formato do questionário.....	69
Quadro 11 – Distribuição da geração centralizada fotovoltaica no Ceará.....	78
Quadro 12 – Segmentos de texto referente a sustentabilidade social.....	79
Quadro 13 – Sustentabilidade política: trechos das falas.....	82
Quadro 14 – Segmentos de texto referente a sustentabilidade territorial	85
Quadro 15 – Segmentos de texto referentes a sustentabilidade econômica.....	88
Quadro 16 – Segmentos de textos referentes a sustentabilidade ecológica.....	91
Quadro 17 – Segmentos de texto referentes a sustentabilidade cultural.	93
Quadro 18 – Segmentos de texto referentes a inovação.....	95
Quadro 19 – Variáveis que compõem cada cenário.....	109
Figura 1 – Marco referencial de análise da pesquisa	61
Figura 2 – Sequência metodológica da pesquisa.....	63
Figura 3 – Subcategorias da sustentabilidade social.....	79
Figura 4 – Subcategorias da sustentabilidade política	81
Figura 5 – Subcategorias da sustentabilidade territorial	85
Figura 6 – Subcategorias da sustentabilidade econômica.....	88
Figura 7 – Subcategorias da sustentabilidade ecológica	91
Figura 8 – Subcategorias da sustentabilidade cultural	93
Figura 9 – Variáveis referentes a inovação	95
Gráfico 1 – Matriz de eventos.....	107
Gráfico 2 – Matriz de eventos final.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respondentes por área de atuação	98
Tabela 2 – Tempo de experiência dos respondentes.....	99
Tabela 3 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade social.	99
Tabela 4 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade cultural.	100
Tabela 5 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade ecológica.	100
Tabela 6 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade territorial.....	101
Tabela 7 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade econômica.	101
Tabela 8 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade política.	102
Tabela 9 – Pertinência dos eventos relacionados a inovação.....	102
Tabela 10 – Variáveis avaliadas pelo critério de pertinência	103
Tabela 11 – Variáveis excluídas	104
Tabela 12 – Variáveis remanescentes	105
Tabela 13 – Variáveis finais analisadas por favorabilidade e probabilidade	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
AIDS	<i>Acquired Immunodeficiency Syndrome</i> (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANPAD	Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração
Atlas	<i>Archiv fuer Technik Lebenswelt und Alltagssprache</i>
BB	Banco do Brasil
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDC	Crédito Direto ao Consumidor
CEF	Caixa Econômica Federal
CGEE	Centro de Estudos Estratégicos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP 21	21ª Cúpula do Clima
EnANPAD	Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração
ENGEMA	Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FDI	Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará
FIEE	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
GC	Grupo de Controle
GEE	Gases do Efeito Estufa
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IPTU	Imposto Territorial Urbano
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente

ODM	Origem aos Objetivos do Milênio
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
ONUBR	Nações Unidas No Brasil
OPEP	Organizações dos Países Exportadores de Petróleo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIER	Programa de Incentivos da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
RAC	Revista de Administração Contemporânea
RAE	Revista de Administração de Empresas
RAEE	Revista de Administração de Empresas Eletrônica
RAP	Revista de Administração Pública
RAUSP	Revista de Administração da Universidade de São Paulo
RBV	<i>Resource-Based View</i>
READ	Revista Eletrônica de Administração
REN	Resolução Normativa
SBPO	Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
SCIELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
EMS	<i>Electronic Meeting Systems</i>
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDIENERGIAS	Sindicato das Indústrias de Energia e de Serviços do Setor Elétrico do Estado do Ceará
SPELL	<i>Scientific Periodicals Electronic Library</i>
SSCI	<i>Social Science Citation Index</i>
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	<i>Text Interpretation</i>
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNIFOR	Universidade de Fortaleza

UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>
WOS-SSCI	<i>Web of Science – Social Sciences Citation Index</i>
WSSD	<i>World Summit on Sustainable Development</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIA RENOVÁVEL: PAUTA EM ELABORAÇÃO.....	19
2.1.1	Panorama de estudos sobre sustentabilidade	25
2.1.2	Olhares sobre o desenvolvimento sustentável pela lente de Ignacy Sachs	31
2.1.3	Inovações sustentáveis e energias renováveis	34
2.1.3.1	Energias renováveis.....	37
2.1.3.2	Energia solar fotovoltaica.....	40
2.1.3.3	Setor elétrico: principais marcos regulatórios brasileiros	43
2.2	ANÁLISE DE CENÁRIOS	47
2.2.1	Técnicas de construção de cenários	50
2.2.1.1	Método de Blanning e Reinig (1998).....	53
2.2.1.2	Método de Marcial e Grumbach (2008).....	56
2.3	QUADRO DE ANÁLISE DA PESQUISA	61
3	MÉTODOS E TÉCNICAS EMPREGADOS	62
3.1	CARACTERÍSTICA E ABORDAGEM DO ESTUDO.....	62
3.2	CATEGORIAS DA PESQUISA.....	63
3.3	SUJEITOS DA PESQUISA	63
3.4	GERAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	65
3.4.1	Codificação das entrevistas	65
3.4.2	Construção, pré-teste e aplicação dos questionários	68
3.4.3	Análise dos questionários	72
4	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	75
4.1	CENÁRIO ATUAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ.....	75
4.1.1	Fontes de financiamento	75
4.1.2	Políticas públicas no âmbito do Estado do Ceará	76
4.1.3	Geração distribuída e centralizada	77
4.2	ANÁLISE DAS ENTREVISTAS.....	78
4.3	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS.....	98
4.3.1	Análise do perfil dos respondentes e apresentação do critério de pertinência	98
4.3.2	Redução das variáveis	103

4.3.3	Análise das variáveis pelos critérios de favorabilidade e probabilidade.....	106
4.4	CENÁRIOS PROSPECTIVOS.....	109
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
	REFERÊNCIAS	122
	APÊNDICIA A – VARIÁVEIS EXTRAÍDAS DE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	135
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA	138
	APÊNDICE C – VARIÁVEIS INICIAIS.....	139
	APÊNDICE D – VARIÁVEIS TRANSFORMADAS EM EVENTOS	140
	APÊNDICE F – EVENTOS QUE CONSTAM NO QUESTIONÁRIO DEFINITIVO	141
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DEFINITIVO	142
	APÊNDICE G – MODELO DE E-MAIL DE ENCAMINHAMENTO DO QUESTIONÁRIO.....	146

1 INTRODUÇÃO

Considera-se a energia um dos principais pilares do padrão de vida das sociedades modernas e, com o incremento populacional, ampliam-se os serviços para atender suas demandas, o que influencia o aumento da dependência energética. Assim, com base em recursos não renováveis, a energia tende ao esgotamento e, por isso, se privilegiam as energias renováveis como opção ao problema energético mundial (RUTHER, 2010).

A busca por alternativas energéticas, portanto, se tornou vital para promover a sustentabilidade das organizações, bem como vantagens competitivas por meio de investimentos crescentes em fontes renováveis de energia para suprir necessidades econômicas e, também, produzir menor influência ambiental negativa (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Em consonância com essas visões, as discussões em torno da necessidade de se desenvolver opções ao planejamento e às temáticas energéticas têm sido ampliadas sistematicamente. Como exemplo, citam-se as propostas do Acordo de Paris, o qual, entre outros pontos, evidencia que, para manter a mudança de temperatura abaixo de 2°C em relação em níveis pré-industriais, o Brasil e os outros 194 países que assinaram o Documento deverão se esforçar para ampliar a participação de fontes de energia sem emissão ou com baixo nível de emissões de carbono na matriz energética mundial, até 2050 (ONUBR, 2015).

Com efeito, a adoção de energias alternativas tornou-se fator de segurança para o desenvolvimento sustentável de vários países (ROMANO, 2014). No Brasil, avalia-se como urgente a necessidade de utilização de outras fontes energéticas, considerando que o cenário prospectivo da oferta de energia elétrica, baseada em recursos não renováveis, aponta para o não atendimento do volume de demanda, o que impõe desafio à diversificação e ampliação da matriz energética nacional em adotar fontes renováveis (ANDRADE GUERRA *et al.*, 2015; SALAMONI; RUTHER; ZILLES, 2009).

Entre as opções de energias renováveis, o Brasil possui ampla disponibilidade de centrais eólicas, oceanos, biomassa e energia solar fotovoltaica (PEREIRA *et al.*, 2006). Em relação à energia solar fotovoltaica, o Brasil possui localização geográfica particularmente favorável à sua utilização, inclusive com irradiação solar superior à maioria das nações desenvolvidas (PEREIRA *et al.*, 2006).

Ante tais imperativos, o mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil se insere no grande mercado de energia. O governo do Estado do Ceará, desde 2010, oferece programas de incentivo para que os empresários tomem iniciativas em prol da energia “limpa” (ADECE, 2010). Além disso, há regiões onde esta tecnologia é a solução mais adequada, técnica e economicamente, em decorrência do baixo consumo energético das unidades consumidoras (SALAMONI; RUTHER; ZILLES, 2009). A região Nordeste, por exemplo, expressa a maior disponibilidade energética, seguida pelas regiões Centro-Oeste e Sudeste (PEREIRA *et al.*, 2006). No Ceará, o clima privilegiado, a localização estratégica em relação ao trânsito entre Brasil, Europa, Estados Unidos e África atraem investimentos para a energia solar (fotovoltaica), (ADECE, 2010).

Trabalhos como os de Abramovay (2014) e Schutte (2015) destacam, que mesmo que a crescente eficiência da capacidade produtiva favoreça o fornecimento de mais bens e serviços com maior economia de energia, o Brasil está perante um duplo desafio, que é criar condições para elevar o padrão de vida da sua população – o que exige maior demanda energética – e não comprometer a sua qualidade de vida, utilizando energia derivada de combustíveis fósseis, ou seja, fontes não renováveis.

Como exemplo de fonte de energia renovável, destaca-se a energia solar fotovoltaica que é, indiscutivelmente, a fonte de energia renovável mais abundante entre todas as outras vertentes da mesma categoria (ZHANG *et al.*, 2018). Sendo assim, optou-se, nesta pesquisa, por discutir a energia solar fotovoltaica, que é uma das modalidades de aproveitamento da radiação solar por meio da conversão desta radiação em eletricidade com o uso de células fotovoltaicas.

O emprego dessa fonte energética exprime diversas vantagens, tais como: a abundância e aparente infinitude da radiação solar; possibilidade de geração de eletricidade nos telhados das edificações, o que dispensaria a sua distribuição para longas distâncias; possibilidade de lançar a produção excedente para a rede elétrica, entre outros (LUCON; GOLDENBERG, 2009).

Nessa perspectiva, aponta-se a importância de se investigar o cenário futuro da difusão das energias ditas limpas, embora o Brasil possua historicamente um balanço energético favorável a fontes renováveis, como a biomassa e as hidrelétricas (PORTO; FINAMORE; FERREIRA, 2013).

Com efeito, Guerra *et al.* (2015) e Blois *et al.* (2017), por sua vez, consideram o Brasil detentor de grande potencial de exploração de fontes de energia renovável e sugerem necessários estudos de prospecção de cenários futuros, com vistas a determinar possíveis eventos que impactam na viabilidade de projetos ambientais e que estejam alinhados ao desenvolvimento sustentável.

A proposição dos autores mencionados há pouco, sem dúvida, parte da asserção de que, conforme Coates, Durance e Godet (2010), os estudos de cenários prospectivos possibilitam aos agentes a tomada de consciência das hipóteses implícitas subjacentes às suas decisões, e essa consciência obriga os participantes a questionar e, possivelmente, modificar seu pensamento. A afirmação, também, se alinha ao fato de que as estratégias adotadas no presente podem conduzir à construção do futuro prospectado (CAMARGO, 2005).

O planejamento por cenários, no entanto, é pouco estudado, notadamente quando se trata do estudo de cenários em relação ao setor de energia renovável. Para exemplificar o que se termina de expressar, em levantamento realizado em 23 de junho de 2018, dos 82 artigos publicados no *Scientific Periodicals Eletronic Library* (SPELL) de 1988 a 2018, 25 deles foram publicados nos últimos cinco anos, ou seja, em torno de 30%. Quando a pesquisa busca, no entanto, estudos abrangendo cenários sobre energia, apenas dois artigos são identificados, sendo estes no escopo da energia elétrica. Outro levantamento realizado na mesma data junto ao *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO) constatou que apenas três escritos abordam o estudo de cenários tendo como objeto energias.

De tal maneira, esta pesquisa, na pressuposição de que o esgotamento das fontes não renováveis de energia e a degradação ambiental por elas ocasionada necessita de “[...] uma avaliação da viabilidade e impactos socioeconômicos e ambientais das fontes de energias renováveis, ainda pouco representativas na matriz energética mundial” (SILVA *et al.*, 2008, p. 18), e, também, “[...] as questões do desenvolvimento sustentável e a responsabilidade pelo futuro do planeta podem ser mais bem estudadas e compreendidas com o estudo de cenários” (SILVA; FORTE, 2016, p. 232). Assim, considera-se a energia solar fotovoltaica como caminho para o desenvolvimento sustentável, pressuposto que envolve a possibilidade de se formular a seguinte pergunta-base de investigação: quais os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável?

Sendo assim, tem-se, como objetivo geral, explicitar os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável no período de 2019 a 2030.

Já em relação aos objetivos específicos, estes vêm na sequência.

- 1) Relacionar fontes de energias renováveis com o desenvolvimento sustentável.
- 2) Descrever o cenário atual da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará.
- 3) Identificar as variáveis relacionadas aos cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Quanto à relevância da investigação sob relato, aponta-se sua contribuição para questões práticas, teóricas e contextual. Relativamente à primeira, considera-se que o estudo de cenário prospectivo pode contribuir para mudança do setor e de outros segmentos, por ser uma fonte de informação auxiliar no processo decisório, visando a adoção de práticas que conduzam ao desenvolvimento sustentável, como discutido por Camargo (2005), Coates, Durance e Godet (2010) e Silva e Forte (2016). No que concerne a segunda, esta procura preencher uma lacuna teórica, uma vez que, em levantamento realizado em importante base de dados de Administração, como explicitado linhas atrás, foram encontrados apenas cinco estudos de cenários que abordavam energias renováveis, mas nenhum tinha como objeto a energia solar fotovoltaica. A terceira, a seu turno, considera que a prospecção de cenários futuros para a energia solar fotovoltaica possa possibilitar a criação de opções para a manutenção da qualidade de vida da atual e das gerações futuras. Justifica-se, pois, este trabalho pelo fato de ele demonstrar os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica como possível contribuição para a melhoria da qualidade da decisão por adotar práticas que promovam o desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, cabe, também, lembrar que este trabalho pressupõe que a sustentabilidade e estudos futuros estão intimamente relacionados (TONN, 2007), porquanto a prospecção de cenários pode possibilitar a opção para a manutenção da qualidade de vida da atual e das futuras gerações.

A definição do horizonte temporal deste estudo para o período compreendido de 2019 a 2030 justifica-se por este ser o ano alvo estabelecido pela Agenda 2030 (ONUBR, 2016) para o atingimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Vale

ressaltar que o documento (Agenda 2030) expressa um plano de ação com 169 metas divididas entre 17 objetivos que abrangem questões como erradicação da pobreza, garantia de educação de qualidade, igualdade de gênero e o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética global (ONUBR, 2016).

No atinente à estrutura, esta dissertação divide-se em cinco seções. A que ora se relata apresenta a introdução, que contextualiza e delimita o objeto a ser estudado, assim como aponta os objetivos geral e específicos, além de mostrar a justificativa e a relevância do tema.

A seção 2 corresponde ao referencial teórico e subdivide-se em três subseções, a primeira das quais oferece um estudo sobre desenvolvimento sustentável, compreendendo: breve relato sobre os marcos históricos do desenvolvimento sustentável; panorama dos estudos sobre sustentabilidade e os principais temas que emergiram desses estudos; algumas das principais abordagens do desenvolvimento sustentável e suas dimensões; a relação entre inovação sustentável e as energias renováveis; e breve relato sobre a energia solar fotovoltaica e o seu contexto atual no âmbito regulatório brasileiro. A segunda aborda, por sua vez, os estudos sobre cenários, enquanto a terceira apresenta a concepção teórica da pesquisa.

A seção 3 demonstra os procedimentos metodológicos utilizados, compreendendo as características da pesquisa, a sua abordagem, os sujeitos, os métodos e técnicas utilizados para a geração, tratamento e análise dos dados.

A seção 4 (Análise dos resultados) subdivide-se em quatro subseções: a primeira concede a visão da realidade atual da energia solar fotovoltaica no Ceará; a seguinte exhibe a análise das entrevistas; a terceira demonstra a análise dos questionários; e a última expõe os cenários prospectados.

A quinta e última sessão desenvolve as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste segmento procura-se traçar uma perspectiva histórica do tema desenvolvimento sustentável, explicitando os seus principais marcos históricos, como, por exemplo, eventos e conferências. Segue-se ainda explicitando a visão de vários autores sobre esse assunto. Em seguida, é oferecida a relação da sustentabilidade com as energias renováveis, com enfoque na solar fotovoltaica de modo a considerá-la uma inovação sustentável. É trazida, também, uma breve apresentação das técnicas de cenários, concluindo com a concepção teórica da pesquisa.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIA RENOVÁVEL: PAUTA EM ELABORAÇÃO

No que diz respeito aos momentos importantes do desenvolvimento sustentável, Mebratu (1998) o classifica em dois períodos históricos: Pré-Estocolmo, cobrindo o período até a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de Estocolmo (1972); de Estocolmo a *World Commission on Environment and Development* (WCED), (1972-1987); e Pós-WCED (1987-1997). Após 1997, alguns eventos se destacaram, como a Cúpula do Milênio, a Rio + 20 e a 21ª Cúpula do Clima (COP 21).

Em referência ao primeiro período, Nascimento (2012) acentua que, antes mesmo de ganhar força por meio da adjetivação do termo desenvolvimento, a ideia de sustentabilidade tem sua origem nos anos de 1950, quando a humanidade atentou para o potencial risco ao Planeta ocasionado pela poluição nuclear. Tal preocupação foi aumentada, ainda, pelos eventos de chuvas ácidas que caíram sobre os países nórdicos desde os anos de 1960. Esse fato suscitou a atenção dos governantes dessa região para a problemática ambiental e os levou a recomendar ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc) a propositura de um acordo internacional para reduzir da emissão de gases causadores dessas precipitações tóxicas.

Em relação aos anos anteriores à aprovação da Conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972, ainda, na leitura de Nascimento (2012), houve diversos conflitos entre os países desenvolvidos e os Estados mais pobres. Os primeiros preocupavam-se com a deterioração da sua qualidade de vida motivada pela degradação ambiental. Os demais, temiam ser alvo de embargos às exportações de seus produtos e terem impactos negativos no

seu desenvolvimento. Com efeito, houve um embate, não só entre as nações desenvolvidas e as em desenvolvimento, como também entre demais agentes políticos e sociais que defendiam o meio ambiente ou o desenvolvimento econômico.

Em 1968, em meio a todas essas discussões entre ambientalistas e defensores do crescimento econômico sem restrições, foi criado o Clube de Roma, por iniciativa de um empresário italiano e um cientista que conseguiram reunir 30 pessoas, de dez países, para discutir pontos relativos ao consumo exagerado de recursos pelo modelo de desenvolvimento vigente (NASCIMENTO, 2012; OLIVEIRA, 2015). Como fruto das reuniões desse grupo, em 1972, foi elaborado o relatório “Limites do Crescimento” sob a liderança do casal Meadows do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Esse relatório concluía que “[...] o crescimento econômico precisava parar para se evitar que o esgotamento dos recursos naturais e a poluição provocassem uma queda brusca do nível de vida” (NASCIMENTO, 2012, p. 68).

Nesse mesmo ano (1972), e, ainda, sob a repercussão do relatório “Limites do Crescimento”, aconteceu em Estocolmo a primeira Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente (ROMEIRO, 2012). Os alertas contidos no relatório a respeito das consequências devastadoras ao meio ambiente ocasionados pelo desenvolvimento econômico acelerado e a expansão desenfreada do consumo suscitaram novamente discussões entre economistas dos países ricos e pobres e ambientalistas (ROMEIRO, 2012).

Contrastando com o pessimismo contido no relatório produzido pelo casal Meadows, em 1987, foi publicado o relatório “Nosso Futuro Comum”, que delineou de forma otimista um quadro global para uma nova maneira de desenvolvimento. Ele foi resultado do trabalho da WCED (amplamente conhecida como a Comissão Brundtland, por ter sido presidida pela líder trabalhista norueguesa, e primeira-ministra Gro Harlem Brundtland). A ela foi confiada pela Assembleia Geral das Nações Unidas a missão de propor estratégias ambientais para atingir o desenvolvimento sustentável até o ano 2000 (LOUSLEY, 2018). Nesse Relatório, encontra-se a definição de desenvolvimento sustentável mais difundida atualmente: “[...] desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987, p. 86).

Percebe-se, portanto, com suporte na divulgação do relatório Brundtland, que o debate inicial sobre sustentabilidade ambiental, centrado exclusivamente em uma agenda

ambiental, era insuficiente na discussão sobre o desenvolvimento das sociedades. De efeito, houve gradativa aproximação também com aspectos sociais, o que levou a dimensão social a ganhar notoriedade nesse conflito entre desenvolvimento econômico e proteção do meio ambiente, trazendo à discussão o tema de igualdade e equidade entre gerações (DUARTE; MALHEIROS, 2015; ELKINGTON, 2012; NASCIMENTO, 2012).

Desde então, a unidade de ideia desenvolvimento sustentável é conduzida no sentido da promoção da equidade entre as dimensões ambiental, social e econômica, por meio do avanço na compreensão das suas inter-relações, evitando-se com isso que haja desequilíbrio entre elas (DUARTE; MALHEIROS, 2015).

Após a WCED, o fenômeno da globalização evidenciou o esgotamento dos modelos tradicionais de organização econômica e social que se mostraram insuficientes para superar os desafios de redução da pobreza, desigualdade, bem como de se alcançar o desenvolvimento sustentável no século XXI (GUIMARAES; FONTOURA, 2012). Assim, a Organização das Nações Unidas (ONU) aprovou em sua assembleia geral, em 1989, a convocação da Conferência do Rio (GUIMARAES; FONTOURA, 2012).

Na leitura de Melo, Sales e van Bellen (2012) e Guimarães e Fontoura (2012), os anos de 1990 foram marcados por significativas mudanças na discussão internacional sobre problemas ambientais, quando aspectos relativos à diversidade biológica e a mudanças climáticas foram adicionadas à discussão do desenvolvimento sustentável, abrindo caminho para uma nova concepção de desenvolvimento. Durante esses mesmo anos, e passados exatos 20 anos da Conferência de Estocolmo, ocorreu no Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como Cúpula da Terra ou Rio-92.

Na Rio-92, foram discutidos o princípio da responsabilidade comum, que norteou os debates sobre mudanças climáticas e discutia acerca do dever dos países emissores de gases provocadores do efeito estufa em reparar os estragos provocados nos países subdesenvolvidos. Também foi criada a Convenção sobre a Diversidade Biológica, que tratou sobre o compartilhamento de tecnologias por parte dos países desenvolvidos no caso de estas serem provenientes de informações genéticas e conhecimento tradicional das populações de países pobres. A Declaração do Rio e a Agenda 21 também são resultados da Rio-92 (MELO; SALLES; VAN BELLEN, 2012; NASCIMENTO, 2012).

Após a Cúpula da Terra, 37 dos países mais industrializados assinaram um documento (Protocolo de Kyoto) comprometendo-se a reduzir suas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) em 5,2%, em média, no período entre 2008 e 2012, em comparação com os níveis de 1990, aceitando metas individuais de emissão a cumprir até ao final de 2012 (ALMER; WINKLER, 2017; TU, 2018). Desde o seu surgimento, o Protocolo de Kyoto é recebido com muitas ressalvas por não ter tido a completa adesão de todos os países-membros das Nações Unidas, fato que expõe conflitos entre os compromissos contidos no documento e os modelos de desenvolvimento dos países que se negaram a assiná-lo (MELO; SALLES; VAN BELLEN, 2012).

Já no ano 2000, foi realizada nos Estados Unidos, pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a Cúpula do Milênio, que também discute o meio ambiente e deu Origem aos Objetivos do Milênio (ODM), assim definidos: acabar com a fome e a miséria; garantir educação básica e de qualidade para todos; promover a igualdade de gêneros e a autonomia das mulheres; reduzir a mortalidade infantil; cuidar da saúde das gestantes; combater a *Acquired Immunodeficiency Syndrome* (AIDS)¹, a malária e outras doenças; promover a qualidade de vida e o respeito ao meio ambiente; estabelecer uma parceria mundial pelo desenvolvimento, que deveriam ser atingidos pelos 191 estados membros da ONU até o ano de 2015 (OLIVEIRA, 2015).

No ano de 2002, aconteceu, em Joanesburgo A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – *World Summit on Sustainable Development* (WSSD), evento que teve como objetivos acompanhar os resultados da Cúpula da Terra, definir instrumentos para combater a pobreza global e alcançar a segurança do ecossistema, e além de estabelecer cronogramas e metas específicas para a implementação da Agenda 21 (LEAL FILHO; MANOLAS; PACE, 2015; VON FRANTZIUS, 2004).

Passados 20 anos da Cúpula da Terra, ocorreu, em junho de 2012, também no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento Sustentável. No evento, esteve em pauta a renovação dos compromissos políticos com o desenvolvimento sustentável acordados nas principais cúpulas anteriores sobre o tema, bem como estratégias de financiamento para o desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012; OLIVEIRA, 2015). Como resultado, foi elaborado o documento “O Futuro que Queremos”,

¹ Síndrome da Imunodeficiência Adquirida.

que trata sobre itens direcionadores para a abordagem dos problemas econômicos, sociais e ambientais (OLIVEIRA, 2015).

No período de 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015, aconteceu em Paris a Convenção quadro sobre Mudança no Clima, Conferência das Partes 21 ou COP 21. No evento houve o reconhecimento, por parte dos envolvidos, de que “[...] as mudanças climáticas representam uma ameaça urgente e potencialmente irreversível para as sociedades humanas e para o planeta [...]” (NAÇÕES UNIDAS, 2015, p. 1).

Ao final da COP 21, as nações participantes assinaram o chamado “Acordo de Paris”, que consistiu inicialmente em um protocolo de intenções contendo o compromisso dos países signatários em tomar as seguintes medidas: combater as mudanças climáticas; respeitar e promover o direito à saúde, os direitos dos povos indígenas, comunidades locais, migrantes, crianças, pessoas com deficiência e pessoas em situação de vulnerabilidade; respeitar e promover o direito ao desenvolvimento, a igualdade de gênero, empoderamento das mulheres e a igualdade intergeracional (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

No tocante ao compromisso de combater as mudanças climáticas, os países signatários do Acordo de Paris concordaram em atingir uma meta de longo prazo para restringir o aumento da temperatura média global a menos de 2° C em comparação com o nível pré-industrial e perseguir a limitação do aquecimento global a 1,5° C (DONG *et al.*, 2018).

Vale salientar que a assinatura do Acordo de Paris representava a pretensão dos signatários em adotar as medidas nele contidas, e que o documento passaria a vigorar efetivamente 30 dias após a confirmação da adesão de 55 Estados-membros, de modo a representar pelo menos 55% das emissões de gases de efeito estufa globais (NAÇÕES UNIDAS, 2015). Tal fato ocorreu em 4 de novembro de 2016, data em que as metas propostas por parte de cada nação signatária deixaram de ser meras pretensões e transformaram-se em compromissos oficiais (MMA, 2018; NAÇÕES UNIDAS, 2016).

Para Cléménçon (2016), o real significado do Acordo de Paris será evidenciado nos próximos anos. Segundo o autor, na melhor das hipóteses, o acordo terá desencadeado um caminho irreversível rumo à substituição dos combustíveis fósseis e uma descarbonização rápida da economia mundial, sob o impulso de uma ampla coalizão de agentes públicos e privados.

No tocante ao compromisso do Brasil junto ao Acordo de Paris, o País prometeu reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, com a ambição de alcançar uma redução de 43% até 2030, tendo como base o ano de 2005. Segundo o plano, as energias renováveis representarão 45% da matriz energética total do País até 2030. O Brasil também planeja aumentar a participação de biocombustíveis em 18% e aumentar a quota de energias renováveis com suporte em fontes não hídricas para, pelo menos, 23% até 2030 (CLÉMENÇON, 2016).

Os eventos expressos no Quadro 1 representam os marcos históricos do tema, sintetizando as principais contribuições no que tange à perspectiva ambiental.

Quadro 1 – Movimentos responsáveis pela consolidação do desenvolvimento sustentável

Ano	Evento	Contribuições
1968	Clube de Roma	Reunião para conscientizar os líderes mundiais sobre as quatro questões para o alcance da sustentabilidade: controle do aumento da população, insuficiência na produção de alimentos, redução de crescimento econômico e o esgotamento dos recursos naturais.
1972	Publicação do Relatório “ <i>Limits to Growth</i> ”	Propôs a desaceleração do desenvolvimento industrial nos países desenvolvidos, e do crescimento populacional, nos países subdesenvolvidos. Também previa uma ajuda dos primeiros para que os segundos pudessem se desenvolver.
1972	Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano Estocolmo-Suécia	Promoveu a inauguração da agenda ambiental, do direito ambiental internacional e de um novo paradigma que buscasse a harmonia entre as questões econômicas, sociais e ambientais.
1992	Rio-92	Elaboração da Convenção quadro sobre Mudanças Climáticas que definiu as bases para o alcance da sustentabilidade do planeta, no século XXI.
1997	Protocolo de Kyoto	Os países industrializados do Norte se comprometeram a reduzir suas emissões.
2000	Cúpula do Milênio da ONU	Originou a Declaração do Milênio, cujo objetivo primordial consistia na erradicação das desigualdades sociais.
2002	Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável	Reafirmou os compromissos da Agenda 21, avaliou os resultados da Eco-92 e aprovou o Plano de Implementação de Johannesburgo.
2012	RIO+20	Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável que elaborou o documento “O Futuro que Queremos”.
2015	COP 21	Convenção quadro sobre Mudanças Climáticas que resultou no Acordo de Paris.
2016	Acordo de Paris	Ano em que entrou em vigor do Acordo de Paris e foram claramente definidos os parâmetros da matriz energética com o percentual de participação das energias renováveis.

Fonte: Adaptação própria a partir de Oliveira (2015), Nascimento (2012) e Nações Unidas (2015, 2016), MMA (2018).

A ocorrência desses marcos históricos ressalta a relevância do desenvolvimento sustentável para o bem-estar e progresso da sociedade. Assim, não é com surpresa que os assuntos ambientais e sua relação com as organizações passaram a despertar o interesse dos pesquisadores em Administração desde o final dos anos de 1960, período em que a sociedade despertou para os perigos provenientes da poluição e degradação ambiental (LEONIDOU;

LEONIDOU, 2011), tendo em vista o papel fundamental que as organizações desempenham para o alcance de padrões satisfatórios de sustentabilidade para o Planeta.

2.1.1 Panorama de estudos sobre sustentabilidade

Em sintonia com os movimentos em prol da sustentabilidade, discutidos na seção anterior, que mobilizaram a produção de documentos e diretrizes no âmbito mundial, a Academia aborda o tema sob variadas lentes. Em consonância, vários pesquisadores demandam compreender a relação entre o mundo corporativo e a sustentabilidade (LUCA *et al.*, 2014). Tal fato decorre do cuidado com a preservação ambiental e com as premissas sociais e econômicas da sociedade (SOUSA; RIBEIRO, 2013). De tal sorte, é mostrado a seguir um panorama dos estudos sobre sustentabilidade no âmbito nacional e internacional, bem como os principais temas que emergem desses estudos.

Schubert e Láng (2005) fizeram levantamento em duas plataformas bibliográficas multidisciplinares, o Science Citation Index e o Social Science Citation Index (SSCI), em busca de artigos acadêmicos publicados de 1987 (ano de publicação do relatório “*Our Common Future*”) a 2001, e constataram que questões operacionais como gestão, tecnologia e urbanização passaram a integrar a área de interesse da sustentabilidade.

Rosa e Ensslin (2007), por sua vez, analisaram 348 artigos extraídos de anais de quatro eventos científicos realizados nos anos de 2005 e 2006, quais sejam: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Ambiental (ENGEMA); Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ENANPAD); Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO) e Congresso da USP de Controladoria e Contabilidade. Como resultado da análise, as pesquisadoras constataram que os artigos pesquisados se concentravam nas categorias da gestão da sustentabilidade ambiental e gestão do plano ambiental, ambas inseridas no planejamento estratégico das empresas ou no âmbito das políticas públicas. Com isso, se evidencia o respeito do tema no tocante ao desenvolvimento econômico (empresarial) e social (políticas públicas).

Gallon *et al.* (2008), no mesmo caminho, coletaram artigos publicados no período de 2000 a 2006 em periódicos científicos classificados como “A” nas áreas de Administração, Ciências Contábeis e Turismo, segundo a lista do *Qualis*/Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), (triênio 2004-2006), bem como nos anais do Encontro da

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Após análise dos artigos, os autores extraíram como um dos resultados a categorização dos estudos sobre sustentabilidade em cinco temáticas: gestão dos recursos ambientais; responsabilidade ambiental; modelos de gestão ambiental; sustentabilidade ambiental e contabilidade/evidenciação ambiental. Tal levantamento reforça a diversidade de temas relacionados à sustentabilidade.

Jabbour, Santos e Barbieri (2008) realizaram uma metanálise da produção científica em gestão ambiental empresarial, no período de 1996 a 2005, publicada em seis dos principais periódicos em Administração no Brasil (RAE², RAEE³, RAUSP⁴, RAP⁵, REAd⁶ e RAC⁷). Como síntese do trabalho, verificou-se que, no período pesquisado, houve predominância de ensaios relacionados a estratégias corporativas dirigidas à dimensão ambiental, o que vai ao encontro dos achados de Gallon *et al.* (2008).

Chabowski, Mena e Gonzalez-Padron (2011), ainda, procederam a uma investigação em 1.320 artigos sobre o tema sustentabilidade, publicados em 36 periódicos internacionais de *marketing* coletados no SSCI, no período de 1958 a 2008, e especificaram que os tópicos recorrentes se concentravam em comportamento e cidadania, teoria de *stakeholders*, desempenho corporativo e o *Triple Bottom Line* (TBL). A pesquisa sugere a predominância da perspectiva corporativa e a sustentabilidade, sob as dimensões econômica, social e ambiental.

Leonidou e Leonidou (2011), por sua vez, conduziram um trabalho de identificação, síntese e avaliação de pesquisas sobre assuntos ambientais ligados ao *marketing* e à Administração, com o objetivo de desvendar tendências nesse campo. O estudo concentrou-se em artigos publicados dos anos de 1969 a 2008, em periódicos internacionais e escritos em língua inglesa. Na pesquisa, os autores constataram que, na maioria dos estudos, não havia um embasamento teórico consistente, talvez em razão da natureza relativamente recente deste corpo de pesquisa. Verificaram, porém, que em grande parte dos artigos, o tema ambiental estava ligado às seguintes teorias: teoria dos *stakeholders*; visão baseada em

² Revista de Administração de Empresas.

³ Revista de Administração de Empresas Eletrônica.

⁴ Revista de Administração da Universidade de São Paulo.

⁵ Revista de Administração Pública.

⁶ Revista Eletrônica de Administração.

⁷ Revista de Administração Contemporânea.

recursos; visão baseada em recursos naturais; teoria institucional entre outras voltadas para a leitura corporativa, relacionadas à perspectiva do desempenho das organizações.

Com o objetivo de investigar o perfil das pesquisas e a evolução do tema sustentabilidade ambiental, Sousa e Ribeiro (2013) realizaram um levantamento bibliométrico tendo como insumos artigos publicados em revistas científicas nacionais com classificação *Qualis/CAPES* de A1 a B2 (triênio 2007-2009), no período de 1992 a 2011. Os autores procederam à análise de 396 artigos e verificaram que desde o ano de 2005, houve elevação do número de publicações voltadas ao tema, o que pode ser indicativo da consolidação e o amadurecimento da área a partir desse período. Como temas mais recorrentes nos artigos analisados, os autores destacaram: gestão ambiental, desenvolvimento sustentável, gestão de resíduos, recursos hídricos, contabilidade ambiental, *marketing* verde, sistema da gestão ambiental, responsabilidade social ambiental, inovação ambiental, sustentabilidade empresarial, mecanismo de desenvolvimento limpo e agricultura e meio ambiente.

Souza *et al.* (2011) investigaram a produção científica sobre o tema da sustentabilidade ambiental nos programas *stricto sensu* em Administração no Brasil. Para tanto, pesquisaram dissertações e teses publicadas no período de 1998 a 2009 na base de dados da CAPES. Os resultados mostraram que houve elevação na quantidade de trabalhos defendidos na área ambiental, principalmente nos últimos cinco anos da análise, com destaque para o ano de 2008. Em relação aos temas abordados, destacam-se: gestão ambiental, desenvolvimento sustentável, sustentabilidade empresarial, gestão de resíduos sólidos, turismo sustentável, *marketing* verde, recursos naturais, sistema da gestão ambiental, MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), inventário de emissões e energias alternativas, representando mais de 70% dos trabalhos ligados à sustentabilidade.

Em levantamento bibliométrico realizado por Lizuka e Peçanha (2014), observou-se que, no âmbito brasileiro, a produção científica sobre sustentabilidade, no período de 2008 a 2011, abordou o tema com base em pesquisas, principalmente, sobre: sustentabilidade, gestão e ecoeficiência; responsabilidade socioambiental corporativa e modelos de gestão da inovação, entre outros. Essas pesquisas, a seu termo, têm como autores mais citados, em ordem decrescente: Sachs I.; Porter, M. E., Glaser, B., Van Bellen, H. M. ou Bellen, H. M. V., Tachizawa, T., Barbieri, J. C.; Costa, F. de A.; Elkington, J.; Hart, S. L. A.; Abramovay, R.

Os escritores ainda indicam as obras mais referenciadas, em ordem também decrescente. De uma lista de dez, as quatro primeiras são: a tese de Van Bellen, H. M. – Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa, de 2002; o livro de Tachizawa, T. – Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira, de 2009; o livro de Elkington, J. – *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*, de 2000; e o livro de Sachs, I. – Estratégias de transição para o século XXI de 1993. Com o levantamento, Lizuka e Peçanha (2014) indicam que a produção sobre sustentabilidade no Brasil ainda é incipiente e que há uma dispersão de temas, e estudos de cunho descritivo, sem maior aprofundamento no que diz respeito ao avanço do conhecimento sobre o tema e encaminhamento de soluções concretas.

Eles também apontam a emergência dos temas ecoeficiência e inovação associados ao tema da sustentabilidade, e a perspectiva do *TBL* como sendo a mais referenciada, particularmente na leitura de Elkington.

Pode-se, também, verificar a relevância da contribuição de Elkington para o campo da sustentabilidade no trabalho de Martens, Brones e Carvalho (2013), que fizeram um levantamento de lacunas e tendências na literatura sobre sustentabilidade na perspectiva do gerenciamento de projetos. Na pesquisa, os autores demonstram que 43,5% da amostra de artigos (23 artigos) evidenciam o conceito de *TBL* associado ao de sustentabilidade; ao passo que em 39,1%, o conceito é ambiental e os 17,4% restantes se dividiram em conceitos econômico/ambiental, agenda 21 e *multistakeholder*. Em relação ao *TBL*, eles referenciam Vifell e Soneryd (2012), ao assumirem a ideia de que desenvolvimento sustentável é geralmente dividido no *TBL*, econômico, ambiental e social, de modo que a prática da sustentabilidade só estará plena se as três dimensões forem satisfeitas (MARTENS; BRONES; CARVALHO, 2013).

Froehlich (2014) analisou 20 artigos publicados em periódicos internacionais e extraídos da base EBSCO, com o objetivo de identificar categorias relacionadas à sustentabilidade. Após análise, a autora organizou o tema sustentabilidade em quatro categorias: a dimensão social/responsabilidade social, o alinhamento das três dimensões da sustentabilidade (econômica, social e ambiental), mensuração das três dimensões e o relacionamento com os *stakeholders*.

O trabalho de Froehlich (2014) indica que a dimensão social da sustentabilidade é a mais referenciada dos artigos, embora a maioria dos estudos reforce a noção de que a sustentabilidade é fruto do alinhamento das três dimensões (social, ambiental e econômica), devendo cada uma ser estudada sob o ponto de vista da estratégia empresarial. Esse achado coaduna com o TBL de Elkinton (2012), ao assinalar que as empresas, para se manterem no mercado atual, devem considerar não somente os fatores econômicos (lucro), mas também privilegiar a performance ambiental (planeta) e social (pessoas), (FROEHLICH, 2014).

A pesquisa, ainda, observa o relacionamento do tema sustentabilidade com outras teorias, a exemplo da teoria dos recursos e capacidades (RBV – *Resource-based View*), a teoria institucional, a teoria da orientação de mercado do marketing, a teoria dos *stakeholders*, a teoria da cadeia produtiva e a vantagem competitiva (FROEHLICH, 2014). Também sugere pesquisas com base em algumas lacunas encontradas nos artigos pesquisados, sendo, uma delas, a elaboração e teste de um modelo de mensuração de práticas sustentáveis com suporte nas três dimensões do *TBL*, seguindo padrões internacionais (FROEHLICH, 2014).

Ainda no âmbito internacional, Silveira e Petrini (2018) analisaram as publicações científicas do período de 1998 a 2015 e disponíveis na *Web of Science – Social Sciences Citation Index* (WOS-SSCI), relacionadas às temáticas responsabilidade social corporativa e desenvolvimento sustentável. Dos 197 artigos analisados, as autoras perceberam a emergência de cinco aspectos: ontologia, fatores para adoção de iniciativas de sustentabilidade, avaliação de desempenho, impactos sociais e ou ambientais e relatórios de sustentabilidade.

O Quadro 2 encerra uma síntese dos principais temas e subtemas emergentes dos levantamentos realizados por Froehlich (2014), Lizuka e Peçanha (2014), Silveira e Petrini (2018), Souza e Ribeiro (2013), Souza *et al.* (2011) a respeito do campo da sustentabilidade.

Quadro 2 – Categorias associadas ao tema de sustentabilidade

Temas	Subtemas
Análise de Riscos Ambientais	Análise de riscos ambientais; Acidente ambiental; Dano ambiental
Consumo consciente.	Ecological footprint method; publicidade; produção; consumo.
Contabilidade Ambiental	Contabilidade ambiental; Passivo ambiental
Desempenho social das empresas.	Responsabilidade social total = responsabilidade econômica, legal, ética e discricionária.
Ecoeficiência	Ecoeficiência; Eco-eficiência; Produtividade + Ambiental
Economia ambiental	Compensação ambiental; Externalidade ecológica; Valoração ambiental; Viabilidade ecológica.
Empreendedores verdes.	Empreendedor verde, itens recicláveis e negócio verde.
Energias Alternativas	Biocombustível; Biodiesel; Etanol; Energia Alternativa; Sucroalcooleiro;
Fatores para adoção	Características internas e externas, recursos e capacidades organizacionais
Fatores que motivam os atores para prática da sustentabilidade	População versus consumo e recursos versus produtividade.
Impactos sociais e ambientais	Recursos ambientais, justiça e equidade social
Inovação ambiental	Inovação ambiental; Tecnologias + Meio Ambiente
Legislação Ambiental	ICMS Ecológico; Imposto verde; Jurídico-ambiental; Procedimento ambiental legal; licenciamento/ Regulamentação/Política (ambiental)
MDL e Inventário de emissões	(Certificado de) redução de emissão; Mecanismo de desenvolvimento limpo; Mercado de carbono; Mudanças climáticas; Protocolo de Kyoto
Sustentabilidade como estratégia	Gestão, estratégia empresarial

Fonte: Adaptação própria a partir de Souza *et al.* (2011), Sousa e Ribeiro (2013), Lizuka e Peçanha (2014), Froehlich (2014) e Silveira e Petrini (2018).

Considerando a ampla variedade de temas extraídos desse levantamento bibliográfico, o Quadro 2 traz uma seleção dos assuntos que mais se aproximam ao contexto desta pesquisa. A totalidade dos temas estão listados no Apêndice A.

Evidencia-se, com o panorama de estudos sobre sustentabilidade, que o tema assume leitura plural, com variados subtemas, focados na perspectiva do *TBL* e que tem duas principais preocupações: a integração do assunto ao estudo das organizações e seu desenvolvimento e a melhoria das condições de vida e bem-estar, sob a preocupação o desenvolvimento social.

Mesmo que o modelo do *TBL*, particularmente na perspectiva de Elkington seja o mais referenciado, esta pesquisa considera a multidimensionalidade do fenômeno, assumindo a contribuição de Sachs, pelo fato de este autor considerar um número maior das dimensões para compreender a sustentabilidade e as possibilidades de desenvolvimento, inclusive abraçando os pilares propostos por Elkington.

No próximo segmento, serão apresentadas as dimensões da sustentabilidade estudadas por Sachs.

2.1.2 Olhares sobre o desenvolvimento sustentável pela lente de Ignacy Sachs

Ignacy Sachs, economista polonês, é considerado por Bresser-Pereira (2013) como uma das principais referências mundiais do ecodesenvolvimento, tendo ajudado, inclusive, na elaboração da declaração final da Conferência das Nações Unidas, de Estocolmo (1972). Quanto à sua abordagem sobre sustentabilidade, ela cobre os aspectos éticos do desenvolvimento, e é defendida como um modelo includente e que abrange o crescimento econômico com a diminuição das desigualdades e a proteção do ambiente.

Na concepção de outra óptica de desenvolvimento, Sachs (2007) norteou-se por seis princípios básicos: satisfação das necessidades básicas; solidariedade com as gerações futuras; participação da população envolvida; preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral; elaboração de um sistema social, garantindo emprego; segurança social e respeito a outras culturas; e programas de educação.

Assim, a concepção de Sachs (2007, 2009) sobre desenvolvimento sustentável amplia a análise econômica, social e ambiental à esfera cultural, política, territorial e ecológica. Nessa perspectiva, integra a ideia de desenvolvimento o “[...] sistema de valores, crenças, costumes e modos de vida” (SACHS, 2007, p. 63). Por compreender a complexidade da relação da sociedade com um projeto de desenvolvimento, o autor internaliza a dimensão política de participação pública, ao passo que defende a necessidade de selecionar/identificar/criar técnicas capazes de otimizar a utilização de recursos sintonizada com a ecologia.

O desafio do ecodesenvolvimento, na leitura de Sachs (2007), reside em mudanças institucionais, investimentos públicos multidimensionais, bem como redirecionamento tecnológico; ou seja, a transição pressupõe a incorporação de técnicas ambientalmente adequadas, com escolhas favoráveis à dinâmica de cada região, em atenção às demandas por um desenvolvimento menos agressivo ao ambiente. A esse respeito, o autor evidencia que “[...] com a contribuição da ciência contemporânea, pode-se pensar em uma nova forma de civilização, fundamentada no uso sustentável dos recursos renováveis” (SACHS, 2009, p. 69).

Referindo-se à abrangência do termo sustentabilidade, Sachs (2004, 2009) expressa que a expressão, muitas vezes, confunde-se com sustentabilidade ambiental. Ele é,

entretanto, um conceito multidimensional cujos objetivos são sociais e éticos e tem a ele atrelada uma preocupação ambiental, que se refere à solidariedade com as gerações futuras. Dessa forma, ele incorpora as dimensões social, cultural, ecológica, territorial, econômica, política nacional e política internacional.

Delineia-se, na sequência, a compreensão de Sachs (1993, 2004, 2009) para cada uma destas dimensões da sustentabilidade.

A sustentabilidade social antecede as outras dimensões e se destaca por ser a própria finalidade do desenvolvimento. Ela objetiva proporcionar melhores condições de vida para as pessoas, com a redução das desigualdades sociais.

A sustentabilidade cultural configura as características endógenas dos modelos de modernização e dos sistemas integrados de produção. Apoiar processos de mudança no sentido da continuidade cultural e que resguardem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

A sustentabilidade ecológica conforma a ampliação da capacidade de regeneração da natureza, por meio da substituição de combustíveis fósseis por produtos renováveis, redução do volume de resíduos, redução da poluição e ampliação do consumo consciente.

A sustentabilidade territorial leva em conta as configurações econômicas, sociais e culturais para a aplicação de estratégias para o desenvolvimento. Essas estratégias, na sua formulação, devem contar com a participação de todos os agentes envolvidos para que consigam solucionar problemas e atender às aspirações de cada comunidade, considerando, inclusive, as especificidades dos ambientes urbanos e rurais.

A sustentabilidade econômica é considerada necessária, porém, com valor apenas instrumental, considerando que o desenvolvimento ocorre apenas com o crescimento econômico. O crescimento, todavia, por si, não garante o desenvolvimento.

A sustentabilidade política (nacional) ou governabilidade política também é apontada como condição para o desenvolvimento, de maneira que ela possa implementar um projeto nacional de reconciliação do desenvolvimento com a preservação da biodiversidade.

Já a sustentabilidade política (internacional) representa a manutenção da paz entre as nações, defesa do patrimônio comum da humanidade, equidade e justiça nas relações internacionais e controle institucional dos sistemas internacionais financeiros e de negócios.

Ressalta-se que as dimensões da sustentabilidade propostas por Sachs são objeto de variações no trajeto teórico do autor, sendo as definidas em 2009 as mais referenciadas. O Quadro 3 contém os critérios sugeridos por Sachs (2009) que permitem a investigação em torno da noção de sustentabilidade.

Quadro 3 – Critérios de Sustentabilidade

Dimensões	Critérios
Sustentabilidade Social	Obtenção de um patamar razoável de igualdade social; distribuição justa de renda; emprego pleno e ou autônomo com qualidade de vida decente; acesso igualitário aos recursos e serviços sociais.
Sustentabilidade Cultural	Mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação); capacidade de autonomia para desenvolvimento de um projeto nacional integrado e endógeno (em contrariedade às reproduções servis dos modelos externos); autoconfiança somada com a abertura para o mundo.
Sustentabilidade Ecológica	Preservação do capital natural na produção de recursos renováveis; restrição do uso de recursos não-renováveis; respeito à capacidade de tempo para a renovação dos recursos naturais.
Sustentabilidade Territorial	Configurações urbanas e rurais equilibradas (eliminação das inclinações urbanas na alocação do investimento público); melhoria do ambiente urbano; superação das diferenças inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente eficazes para áreas ecologicamente comprometidas (conservação da biodiversidade pelo ecodesenvolvimento).
Sustentabilidade Econômica	Desenvolvimento econômico entre setores de forma equilibrada; segurança alimentar; capacidade de modernização constante dos instrumentos de produção; significativo nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional.
Sustentabilidade Política (nacional)	Democracia regida nos moldes de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para instaurar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores; destacado nível de coesão social.
Sustentabilidade Política (internacional)	No tocante às políticas internacionais, a sustentabilidade passaria pela garantia de paz assegurada pelo fortalecimento da ONU, controle do sistema financeiro internacional, verdadeira cooperação científica e diminuição das disparidades sociais norte-sul.

Fonte: Adaptação própria a partir de Sachs (2009, p. 85).

As dimensões do desenvolvimento sustentável propostas por Sachs produzem um desafio para a elaboração de políticas públicas, porquanto o autor considera que o seu delineamento tem de atingir objetivos concomitantemente nessas sete dimensões (DUARTE; MALHEIROS, 2015).

Embora Sachs (2009), deliberadamente, não exprima a inovação como dimensão do desenvolvimento sustentável, em se tratando do objetivo desta pesquisa que pressupõe os cenários prospectivos para o uso de energia renovável, assume-se a importância de se fazer a revisão sobre inovação, haja vista as considerações do autor que apontam a ciência e a

tecnologia como instrumentos possíveis para o estabelecimento de uma nova modalidade de civilização, fundamentada no uso sustentável dos recursos renováveis.

2.1.3 Inovações sustentáveis e energias renováveis

A energia é fator essencial para o desenvolvimento, pois tem a capacidade de ampliar a eficiência e o rendimento do trabalho humano (SACHS, 2012). Em sendo assim, considera-se a inovação como um dos mais relevantes intervenientes que exercem influência positiva na produtividade e, conseqüentemente, no desenvolvimento econômico (PINSKY *et al.*, 2015).

A relação entre os três pilares e a sustentabilidade, conforme o modelo difundido por Elkington (2012), propõe uma visão ampla das organizações, considerando-as um sistema econômico-social-ecológico completo. Assim, entende-se relevante e necessária a interação de corporações, instituições governamentais e de conhecimento e agentes diversos no sentido de promover inovações úteis para o atingimento do desenvolvimento sustentável (ELKINGTON, 2012; NASCIMENTO; MENDONÇA; CUNHA, 2012).

A ligação entre inovação e sustentabilidade ocorre à medida que a inovação se ampara na sustentabilidade para tornar-se ambiental e socialmente benigna, e esta, por sua vez, fornece insumos para inovação e vantagem competitiva (HANSEN; GROSSE-DUNKER; REICHWALD, 2009). Com efeito, a inovação é um meio significativo de apoio à sustentabilidade (FROEHLICH; MELLO; ENGELMAN, 2017; HANSEN; GROSSE-DUNKER; REICHWALD, 2009; KLEWITZ; HANSEN, 2014).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) define inovação como a implementação de produtos (bens ou serviços), ou processos que sejam novos ou significativamente melhorados, ou um novo método de *marketing* ou método organizacional nas práticas de negócios, organização do local de trabalho ou relações externas (OECD, 2005).

Sobre esse tema, Froehlich, Mello e Engelman (2017) analisaram os artigos científicos que associam os temas inovação e sustentabilidade em eventos da ANPAD e apresentaram as principais relações estabelecidas entre eles. Os resultados podem ser visualizados no Quadro 4.

Quadro 4 – Relações entre os temas inovação e sustentabilidade

Tipo de Inovação	Definição
Ecoinovação	<ul style="list-style-type: none"> - Ecoinovação é definida como um processo de desenvolvimento de novos produtos, processos ou serviços que fornecem valor ao cliente e ao negócio, mas que diminui significativamente o impacto ambiental (FUSSLER; JAMES, 1996). - Ecoinovação visa reduzir os impactos ambientais para proteger o meio ambiente de forma corretiva e preventiva (RENNINGS, 1998). - Ecoinovação é uma inovação que tem capacidade de atrair rentabilidade verde no mercado, reduzindo os impactos ambientais enquanto cria valor para as empresas (ANDERSEN, 2008).
Inovação Social	<ul style="list-style-type: none"> - A inovação social se refere a atividades e serviços inovadores que são motivados pelo objetivo de alcançar necessidades sociais e que são predominantemente difundidas por meio de organizações as quais seus propósitos são primariamente sociais (MULGAN, 2006). - A inovação social é a busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de arranjos sociais alternativos para produzir algo (FARFUS <i>et al.</i>, 2007). - A inovação social é concebida como evento onde soluções inéditas são postas em prática, objetivando a resolução de situações que envolvam precariedade social (BRUNSTEIN; RODRIGUES; KIRSCHBAUM, 2008).
Inovação Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> - A inovação sustentável é além da inovação convencional, pois deve integrar os pilares econômico, ambiental e social. Geralmente é radical ou transformacional por natureza. Desse modo, nem toda inovação pode ser considerada como uma inovação sustentável (RYCROFT; KASH, 2000). - Inovação sustentável é um processo no qual os pilares econômico, ambiental e social estão integrados nas estratégias empresariais, desde a geração de ideias através da P&D até a comercialização do produto final. Aplicam-se aos produtos, serviços, novas tecnologias, estrutura e novos negócios (CHARTER; CLARK, 2007). - Inovação sustentável é definida como o desenvolvimento de novos produtos, processos, serviços e tecnologias que contribuam para o desenvolvimento e o bem-estar das necessidades humanas, respeitando os recursos naturais e a capacidade regenerativa (YONN; TELLO, 2009).

Fonte: Froehlich, Mello e Engelman (2017, p. 22).

É possível notar no Quadro 4 uma variedade de definições para inovação. Este trabalho, entretanto, se concentra no conceito de inovação sustentável, ao passo que ela “[...] traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes”. (BARBIERI *et al.*, 2010, p. 151). Com efeito, a inovação sustentável é havida como um novo paradigma (PINSKY *et al.*, 2015), ao passo que se utiliza de novas tecnologias para satisfazer, sustentavelmente, as demandas sociais.

A inovação sustentável representa alternativa para se estabelecer uma economia de baixo carbono, objetivando o desenvolvimento sustentável por meio de iniciativas de redução dos impactos ambientais, principalmente aqueles relacionados às mudanças climáticas (PINSKY *et al.*, 2015). Essa constatação é ratificada no texto do Acordo de Paris: “[...] acelerar, encorajar e possibilitar a inovação é fundamental para uma resposta eficaz, global e de longo prazo às mudanças climáticas e para promover o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável [...]” (NAÇÕES UNIDAS, 2015, p. 34).

Ainda em referência a inovação sustentável, esta aflora como concepção que integra o processo inovativo a dimensões da sustentabilidade, o que converge para o alcance da incorporação de novas tecnologias ao escopo do desenvolvimento sustentável.

Percebe-se, portanto, que o uso de novas tecnologias originadas com suporte em inovações sustentáveis exerce papel crucial na substituição de matrizes energéticas que se utilizam de combustíveis fósseis ou minerais, provocadores de uma profusão de efeitos ambientais negativos (GOLDENBERG; LUCON, 2007; NASCIMENTO; MENDONÇA; CUNHA, 2012). Uma vez que há um amplo consenso de que a tecnologia dirigida para a geração distribuída de energias renováveis está apta a responder aos efeitos das mudanças climáticas, considerando-se as tecnologias no escopo das inovações sustentáveis (COOPER, 2016).

Ainda em relação à diversidade de terminologias e às distinções entre os conceitos de inovações tendentes à sustentabilidade, o Quadro 5 congrega os aspectos determinantes de inovações sustentáveis, orientados pela oferta e demanda de mercado e influências política e institucional.

Quadro 5 – Determinantes da inovação sustentável

Impulsionado pela oferta	<ul style="list-style-type: none"> - compensações, incluindo redução de custo, originadas por inovações ambientais; - características do mercado: tamanho da empresa e estrutura de mercado (um monopólio pode restringir inovações sustentáveis pela ausência de incentivo); - possibilidade de proteger as inovações (problemas em internalizar externalidades positivas (<i>spillovers</i>) de uma inovação); atitude para risco e incerteza da inovação ambiental; - dependência e disponibilidade tecnológica (capital humano acumulado, conhecimento disponível) induzem outras inovações; - tempo disponível para realizar a inovação.
Impulsionado pela demanda	<ul style="list-style-type: none"> - demanda de mercado: governo, consumidores e empresas; - consciência social da necessidade de uma produção mais limpa; consumo consciente e preferência por produtos sustentáveis.
Influências políticas e institucionais	<ul style="list-style-type: none"> -- política ambiental (instrumentos baseados em comando e controle ou incentivo de mercado); - estrutura institucional: por exemplo, oportunidade política de grupos orientados para a sustentabilidade, organização do fluxo de informação, existência de redes de inovação; - pressão da “comunidade internacional”: por exemplo, acordos internacionais de emissão.

Fonte: Pinsky *et al.* (2015, p. 233).

Ressalta-se a influência das instâncias de governo como um dos principais determinantes de projetos de inovação sustentável (PINSKY *et al.*, 2015; SOUSA; RIBEIRO, 2013). Com efeito, se considera que o ambiente institucional (notadamente as condições políticas) pode propiciar o desenvolvimento e a disseminação de iniciativas que visem à

mitigação dos impactos ambientais, especialmente aqueles associados às mudanças climáticas (PINSKY *et al.*, 2015).

Na compreensão de que as tecnologias agregadas às energias renováveis se expressam como inovações sustentáveis, a subseção 2.1.3.1 relaciona algumas dessas principais fontes energéticas.

2.1.3.1 Energias renováveis

A importância da energia, com enfoque no desenvolvimento econômico, foi evidenciada em momentos históricos importantes, como a crise econômica de 1970, influenciada pela elevação do preço do petróleo no mercado mundial pelas Organizações dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), (NASCIMENTO; MENDONÇA; CUNHA, 2012).

Além das questões econômicas, novas tecnologias de energias também estão no concerto de discussões ambientais (BARBIERI *et al.*, 2010), associadas ao contexto de mudanças climáticas, sendo, talvez, “[...] o maior desafio imposto à humanidade desde o surgimento do mundo moderno” (BLANK, 2015, p. 158). O cuidado relativo ao clima alterou a perspectiva sobre as políticas energéticas no mundo, à medida que se atribui ao efeito estufa, resultante da queima de combustíveis fósseis, as instabilidades climáticas que trazem consequências alarmantes à população (ROMANO, 2014). Em adição, indica-se, ainda, que o “[...] aquecimento global vem interferindo na produção de alimentos, diminuindo as áreas agricultáveis em razão da intensificação de secas, enchentes e outros eventos” (BLANK, 2015, p. 158).

A temática da matriz energética limpa, dentro da visão da sustentabilidade, aufere, paulatinamente, espaço nos debates acadêmicos, empresariais e políticos (MASCARENHAS; WEERSMA, 2017). Esse destaque foi impulsionado também pelo resultado da COP 21, realizada no ano de 2015 em Paris. Nela, os países signatários do chamado Acordo de Paris comprometeram-se, entre outras coisas, a zerar as emissões líquidas de GEE até 2050 (ROBERTS, 2016).

Nesse sentido, novas tecnologias inseridas no âmbito de substituição de energias não renováveis por energias renováveis constituem caminho alternativo para minimizar os problemas climáticos, inclusive impactando, por exemplo, a expectativa de utilização do

petróleo, que ainda é considerado a principal fonte de energia para o desenvolvimento do Brasil, em 2020 (BRONZATTI; IAROSINSKI NETO, 2008). Vantagens das energias renováveis vão, desde um desenvolvimento econômico mais próximo da justiça social, até a garantia de maior independência energética.

Sendo inovações sustentáveis, as energias renováveis vão além de uma iniciativa ambiental, pois representam estratégia empresarial no âmbito da lucratividade e da competitividade no mercado, sendo apreciadas pelos seus *stakeholders*, com suporte na busca e alcance de melhores resultados econômico-ambientais (CONEJERO; CALIA; SAUAIA, 2015). No âmbito do mercado, as energias renováveis têm despertado intensos investimentos, especialmente em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), (CGEE, 2010). Há de se considerar, ainda, o fato de que a independência energética é questão relativa a soberania e segurança nacional.

As energias renováveis também se alinham à perspectiva sustentável, à medida que se aposta em um modelo de desenvolvimento sustentável pautado na capacidade inovativa (PODCAMENI, 2014). Nesse sentido, “[...] a difusão de tecnologias sustentáveis determinará em longo prazo o desenvolvimento do sistema energético global, bem como as taxas de emissões na atmosfera” (CONEJERO; CALIAL; SAUAIA, 2015, p. 92). Nesse caso, introdução, adoção e difusão implicam maior influxo dessas tecnologias no avanço do desenvolvimento sustentável.

Energias renováveis, na compreensão geral, são aquelas que não podem ser esgotadas (SILVA *et al.*, 2009). Já Silva e Primo (2013) afirmam que a energia renovável corresponde, do ponto de vista ambiental, a capacidade de um sistema se regenerar após ser alvo de perturbação. Dentre essas fontes destaca-se a biomassa, hídrica, eólica e solar.

A energia de biomassa provém de matéria viva, como os grãos, as árvores e as plantas aquáticas (SILVA *et al.*, 2009). Para Blois *et al.* (2017), o tipo de biomassa mais utilizado para obtenção de energia advém das florestas nativas e plantadas, como lenha, carvão, briquetes, cavacos e resíduos sólidos da madeira. Neste caso, ocorre a combustão controlada desses elementos produzindo calor e este ativa um gerador que então o converte em energia elétrica.

Como vantagem desse tipo de energia, Blois *et al.* (2017) apontam que ela compõe um ciclo sustentável, ao passo que o percentual do Dióxido de Carbono (CO₂) gerado

durante a queima da madeira é inferior ao percentual capturado da atmosfera pelas plantas durante o seu período de cultivo. Porto, Finamore e Ferreira (2013), no entanto, indicam como desvantagens do uso da biomassa, o emprego de grandes terras para plantação de uma cultura só, a utilização intensiva de agrotóxicos, a erosão do solo, a queima da biomassa perto das casas entre outros conflitos ambientais.

Porto, Finamore e Ferreira (2013) assinalam que a energia elétrica produzida pela força das águas, a vertente hidrelétrica é amplamente disseminada como um modelo exemplar, por ser economicamente viável, limpo e renovável. Os autores apontam como aspectos positivos dessa fonte a ausência de combustão de gases geradores do efeito estufa. Blois *et al.* (2017, p. 143) destacam, porém, como desvantagem os “[...] fortes impactos ao meio ambiente e às comunidades próximas aos locais de construção das centrais de geração, em alguns casos ao patrimônio histórico cultural e às belezas naturais ao longo dos percursos alagados”.

A energia elétrica, gerada pela força dos ventos, energia eólica, é considerada, juntamente com a solar, uma das mais promissoras por ser capaz de permitir a diversificação da matriz energética e possuir ampla disponibilidade (PORTO; FINAMORE; FERREIRA, 2013). Como desvantagens do uso dessa modalidade de energia, Silva e Nassar (2016) indicam, além da poluição gerada no processo de fabricação dos componentes do sistema, os ruídos provocados pelas turbinas, o choque visual dessas turbinas em áreas turísticas e os acidentes com aves.

Uma fonte energética que aufere crescente relevância como alternativa sustentável é a energia solar fotovoltaica. Leva-se também, em consideração o fato de que a radiação solar é gratuita e aparentemente infinita, quase acessível em todos os lugares e não enseja efeitos colaterais que possam degradar o meio ambiente. Azadian (2013) ressalta que a superfície da Terra obtém aproximadamente 100.000 TW de energia solar por via de radiação e que, ao aproveitar apenas 1% dessa radiação, se desperdiça uma grande quantidade de energia que poderia ser gerada.

Nessa perspectiva, o Estado do Ceará destaca-se pela sua localização em uma das regiões com maior incidência de radiação solar do País (PEREIRA *et al.*, 2006). Inclusive, é a unidade federada onde foi instalada a primeira usina fotovoltaica do Brasil (EPE, 2016). A

usina foi inaugurada em 2011 no Município de Tauá e possui capacidade de geração de 1MWp.

2.1.3.2 Energia solar fotovoltaica

De acordo com Kumar e Kumar (2017), o efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel. Mais tarde, em 1873, a fotocondutividade do selênio foi descoberta por Willoughby Smith. Já a primeira célula de selênio foi fabricada em 1877 por W.G. Adams, e cinco anos depois Fritts descreveu a primeira célula solar feita com base em *wafers* de selênio cujas eficiências de conversão solar chegaram a cerca de 1% no ano de 1914. Essa tecnologia, porém, não foi posta em uso prático até meados do século XX. Ressalta-se, neste caso, que a eficiência de conversão se refere à relação entre a quantidade de luz absorvida pelos módulos solares e a energia elétrica efetivamente gerada por meio do processo fotovoltaico.

A primeira célula solar prática foi desenvolvida pelos laboratórios Bell, Estados Unidos da América (EUA), em 1954, em virtude da necessidade de fornecimento de energia capaz de suprir as especificidades do programa espacial (CANADA, 1982; KUMAR; KUMAR, 2017). Assim, as células solares ganharam popularidade quando foram usadas em satélites espaciais pela primeira vez em 1958 e 1959 (KUMAR; KUMAR, 2017).

Canada (1982) chamou atenção para os elevados custos da tecnologia fotovoltaica nos anos 1980 quando assinala que a eletricidade produzida pela ação fotovoltaica era, pelo menos, de dez a 20 vezes mais cara do que a energia de fontes convencionais, como carvão ou energia nuclear. Assim, em razão do elevado custo, essa fonte energética só foi utilizada na Terra em lugares remotos onde não existia outra fonte de eletricidade, como, por exemplo, plataformas de petróleo no mar e em estações de comunicação no topo de montanhas (CANADA, 1982).

Os custos de produção de energia em larga escala por meio de células fotovoltaicas ainda eram proibitivos durante o início dos anos 1990. Os equipamentos para geração fotovoltaica vendidos comercialmente à época ainda custavam cerca de dez vezes mais do que os de geração convencional (O'REGAN; GRÄTZEL, 1991).

Maycock (1997), no entanto, assevera que desde a segunda metade dos anos 1990, uma série de eventos foi responsável pelo expressivo desenvolvimento do mercado de energia solar fotovoltaica. Dentre eles, o autor aponta a redução significativa do preço dos semicondutores, como silício monocristalino e policristalino; a implantação de novas fábricas de filmes finos – silício amorfo, telureto de cádmio e disseleneto de cobre e índio em 1996 e 1997; subsídios dos governos do Japão, Alemanha, Suíça, Itália e Estados Unidos para instalação, naqueles países, de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, entre outros.

Nesse mesmo sentido, Traverso *et al.* (2012) também creditam ao crescimento da eficiência dos módulos e ao apoio dos governos, por meio de incentivos, a evolução do mercado de energia solar fotovoltaica, o que está fazendo essa alternativa energética atingir um patamar potencialmente relevante para a geração de energia em todo o Mundo.

No que diz respeito ao funcionamento, Canada (1982) e Mundo-Hernández, Alonso e Hernández-Álvarez (2014) afirmam que a tecnologia fotovoltaica converte a luz em eletricidade, sem emissões de gases ou ruído, por meio de células fotovoltaicas, compostas por material semicondutor. As faces dessas células, por sua vez, passam por tratamento durante a fabricação para que os elétrons migrem em direção a uma superfície, criando uma diferença de potencial entre as suas regiões frontal e traseira quando expostas à luz do sol. De efeito, condutores são conectados à superfície da célula e a um circuito externo, através do qual a corrente elétrica flui. Em um sistema de geração, muitas células são conectadas em painéis e estes ligados aos demais equipamentos.

Esse sistema é descrito por Mundo-Hernández, Alonso e Hernández-Álvarez (2014) como um grupo de módulos solares interligados e organizados de acordo com sua aplicação específica. Os autores detalham o conjunto como uma estrutura que contempla inversores, reguladores de carga e baterias e pode ser usado como um sistema autônomo (*stand alone*), como uma instalação conectada à rede (*grid-connected*) ou um sistema híbrido. A primeira opção é, geralmente, usada em áreas remotas onde não há rede elétrica. Neste caso, o rendimento energético dos módulos fotovoltaicos deve ser suportado com o armazenamento de energia por meio de baterias. A segunda opção é a instalação conectada à rede. Assim, a eletricidade gerada vai diretamente para a rede pública de eletricidade. Há também a possibilidade de utilização de um sistema híbrido que combine o emprego de baterias e a conexão à rede pública.

Em relação ao caso de o sistema fotovoltaico ser interligado à rede (grid-connected), Caballero, Sauma e Yanine (2013) asseguram que, quando a geração de energia não é suficiente para atender a demanda, a unidade consumidora é suprida pela energia da rede pública. Por outro lado, quando a geração de energia excede a demanda da unidade consumidora, o excesso é fornecido à rede pública. Nesse caso, o consumidor vende seu excesso de energia para a concessionária de energia elétrica. Os autores destacam, ainda, que, se a política energética e a estrutura de regulamentação do mercado de eletricidade local não permitirem a alimentação de excesso de energia na rede, este será usado em processos alternativos, como aquecimento de água, resfriamento de ar, sistema de bombeamento de água, entre outras aplicações.

Dentre as diversas vantagens atribuídas à energia solar fotovoltaica, Mundo-Hernández, Alonso e Hernández-Álvarez (2014) e Lacchini e Dos Santos (2013) destacam: a não emissão de CO₂ durante o processo de produção de energia; durabilidade dos equipamentos (25 a 30 anos em média); ampla variedade de aplicações, desde uma pequena residência até grandes usinas de geração; o combustível (sol) é livre e constante; os módulos fotovoltaicos requerem baixa manutenção entre outras características.

No tocante às principais inovações concernentes à energia solar fotovoltaica, Moro *et al.* (2018) promoveram uma pesquisa qualitativa durante o ano de 2016 com especialistas em energia solar fotovoltaica de várias nacionalidades, reconhecidos internacionalmente, com o intuito de identificar a percepção deles quanto às tendências de novas tecnologias para a área. Como resultado, foi elaborada uma lista contendo 24 tipos de tecnologias, tais como células solares de película fina de kesterita, células solares de película fina de perovskita, células solares plasmáticas, células solares flexíveis, entre outras. Ressalte-se que, na opinião dos especialistas entrevistados, todas as tendências de inovação tecnológica na área se referiam às tecnologias das células fotovoltaicas como sua composição ou *design*.

Considerando-se a relevância da disseminação do uso das energias renováveis, procede-se, na sequência, um breve relato das principais medidas adotadas pelo Governo para organização do setor elétrico brasileiro, bem como as medidas de incentivo para a adoção de fontes renováveis no mercado nacional.

2.1.3.3 Setor elétrico: principais marcos regulatórios brasileiros

Na leitura de Borges, Chotoe e Varela (2014), a organização institucional do setor elétrico nacional assume relevância, desde o racionamento de eletricidade pelo qual passou a sociedade brasileira nos anos de 2001 e 2002. Tal acontecimento evidenciou a fragilidade do então setor energético brasileiro, expondo problemas como os de elevação de tarifas, não atendimento de demanda, falta de investimentos, entre outros.

Ainda segundo os autores, o contexto de escassez de oferta de energia elétrica levou o Governo Federal a estruturar um modelo para o setor elétrico que promovesse o aumento da oferta de energia de modo a assegurar o crescimento econômico nacional. Com efeito, o novo modelo foi estruturado com suporte na Lei 10.848/2004. Tal dispositivo legal tem como finalidade tentar assegurar o equilíbrio entre confiabilidade de fornecimento e modicidade de tarifas. Para tanto, regulamenta a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários, autorizados de serviços e instalações de energia elétrica e consumidores finais (BORGES; CHOTOE; VARELA, 2014).

No tocante à inserção das energias renováveis no mercado nacional de energias, Jannuzzi e Melo (2013) apontam o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), lançado no ano de 1994, como responsável por apoiar o desenvolvimento do mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil. O Programa tinha como finalidade levar energia elétrica para comunidades não atendidas pela rede convencional de energia. De tal feito, painéis fotovoltaicos foram instalados para atendimento da demanda por eletricidade das regiões mais isoladas do País. Como comunidades mais beneficiadas, destacaram-se as localizadas nas regiões Nordeste e Norte.

Seguindo no contexto da disseminação de fontes renováveis de energia com suporte em políticas públicas, a Lei 10.438/2002, instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) cuja finalidade foi aumentar a participação de fontes renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e biomassa) na produção de energia elétrica brasileira (ANEEL, 2015).

Percebe-se, com amparo na instituição de políticas públicas, a preocupação do Governo em ampliar o uso de fontes renováveis de energia no mercado energético pátrio. Tal fato encontra amparo no discurso de Borges e Zouain (2010) que afirmam que, dentre os

diversos aspectos a serem considerados na definição do setor elétrico nacional, ressalta-se também a relevância da matriz elétrica como instrumento estratégico para o desenvolvimento sustentável.

Então, como medidas de incentivo para a introdução e disseminação de fontes alternativas na matriz energética, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (2016) expressa alguns dos principais modelos de negócios e esquemas regulatórios que os governos têm à disposição, consoante vem, sequentemente.

- Tarifa prêmio: compra de energia gerada por um valor fixo por kWh (quilowatt hora) por meio de contratos de longo prazo (15 a 20 anos).
- Subsídios diretos: concessão de abatimento de imposto ou benefício monetário direto ao consumidor que tiver um projeto de instalação aprovado.
- Leilões: normalmente são aplicados a projetos de grande porte e consiste em um modelo de compra de energia com contratos de longo prazo firmados por meio de processo de leilão com preço regressivo.
- *Net metering*: modelo pelo qual o fluxo de energia de uma unidade consumidora dotada de uma pequena geração é medido de forma que a energia gerada possa ser utilizada para compensar o consumo de eletricidade advinda da rede pública.
- Cotas: mecanismo pelo qual as distribuidoras são obrigadas a comprar certo percentual de energia gerada a partir de fontes renováveis.

Como exemplo de esquema regulatório amparado no modelo de *net metering*, tem-se a Resolução Normativa 482 (REN 482) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), aprovada no ano de 2012 (ANEEL, 2012). Essa resolução introduz o modelo de geração distribuída e tem como objetivo reduzir as barreiras ao desenvolvimento do setor de energias alternativas (fotovoltaica, eólica e biomassa) no Brasil (ANEEL, 2012; JANNUZZI; MELO, 2013).

Para entendimento da Resolução, faz-se necessário identificar o modelo de geração distribuída e a diferenciação entre mini e microgeração de energia. Geração distribuída, como ensinam Carvalho, Abreu e Correia Neto (2017) configuram pequenos

centros geradores de energia localizados próximos às unidades consumidoras, conectados ao sistema de distribuição e não despachados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

O conceito de micro e minigeração de energia está regulamentado e definido pela REN 482, posteriormente alterada pela REN nº 687 da ANEEL, de 24 de novembro de 2015 (ANEEL, 2015). Pela referida Resolução, a microgeração distribuída é concebida como uma central geradora de energia elétrica, conectada à rede de distribuição, oriunda de fontes renováveis e com potência instalada inferior ou igual a 75 kW. Já a minigeração distribuída diferencia-se da microgeração pela potência instalada, que vai de 75 kW a 5 MW.

Consoante noticiam Jannuzzi e Melo (2013) e Carvalho, Abreu e Correia Neto (2017), a REN 482 fornece incentivos para a geração distribuída conectada à rede (grid connected) de pequenos produtores e introduz um sistema de medição líquida. Por esse sistema, a energia injetada na rede pública de distribuição pela unidade consumidora é emprestada para a distribuidora de forma que a unidade consumidora passa a ter um crédito na mesma quantidade de energia a ser consumida por um prazo específico (ANEEL, 2015).

Em 24 de novembro de 2015, a REN 482 passou por algumas alterações por meio da REN nº 687). dentre as diversas alterações no texto, destacam-se a elevação do prazo para utilização dos créditos de energia de 36 para 60 meses e a ampliação do grupo de consumidores que podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, regulamentando, assim, novas modalidades de geração de energia (ANEEL, 2015).

Dentre as novas modalidades permitidas estão, além da micro e minigeração distribuída, o empreendimento de múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto (ANEEL, 2015).

O Quadro 6 traz as distinções entre os modelos de geração distribuída autorizados pela ANEEL a integrar o sistema de compensação de energia.

Quadro 6 – Modalidades de geração de energia

Modalidade de Geração	Conceito
Microgeração distribuída	central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
Minigeração distribuída	minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras	caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;
Geração compartilhada	caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
Autoconsumo remoto	caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.”

Fonte: Adaptação própria a partir da ANEEL (2015, p. 1-2).

Percebe-se um avanço, por parte do Governo com vistas a incentivar a ampliação da oferta de energia oriunda de fontes renováveis. Tal fato coaduna-se à visão de Jannuzzi e Melo (2013), ao acentuarem que a REN 482 foi um passo significativo para o desenvolvimento do mercado interno da indústria fotovoltaica no Brasil, além de criar oportunidades para suprir parte da crescente demanda de energia em edificações e ajudar a mitigar as emissões de CO₂.

No âmbito dessa realidade, a gestão da energia é ponto importante de análise e, com isso, a avaliação da viabilidade de uso da energia solar fotovoltaica, considerando aspectos do macro e microambiente no qual essa inovação sustentável se insere. De tal sorte, uma análise prospectiva de cenários futuros com apoio de especialistas pode ser explorada para dar suporte ao avanço do desenvolvimento sustentável. A seguir é oferecida a conceituação de análise de cenários, bem como algumas das técnicas mais utilizadas.

2.2 ANÁLISE DE CENÁRIOS

Considera-se cenário a descrição de um futuro possível e esse futuro é constituído por eventos relevantes, como uma alteração na estrutura do mercado, os movimentos de um concorrente ou a aprovação de uma legislação reguladora. Então, um cenário compreende fenômenos sistematizados em torno de um tema delimitado (BLANNING; REINIG, 1998).

Ainda na leitura de Blanning e Reinig (1998), cenários também assumem a conotação de possíveis descrições de futuro de uma organização, sociedade ou nação. Sua elaboração tem o propósito de auxiliar os tomadores de decisão a entenderem a variedade de eventos que podem acontecer e seus possíveis influxos. Assim expresso, um cenário não é uma previsão, embora possa conter ou basear-se nela. Em vez disso, destina-se a estimular o pensamento sobre eventos futuros, a relação entre eles e as incertezas que os cercam

A constituição de cenários, com suporte em uma análise prospectiva, revela-se uma prática relevante para inserir a incerteza nos estudos estratégicos (BOAVENTURA; FISCHMANN, 2007; RINGLAND, 1998; SHOEMAKER, 1995). Sua importância está em evolução, especialmente pelo fato de produzir conhecimento sobre imagens alternativas de futuro que possam referenciar as empresas nas escolhas no presente, preparando-as para viabilizar o seu desenvolvimento (BOAVENTURA; FISCHMANN, 2007; SCHENATTO *et al.*, 2011; ZACKIEWICZ; BONACELLI; SALLES FILHO, 2005).

Para Schenatto *et al.* (2011, p. 740), a temática “[...] tem ganhado cada vez mais relevância no contexto organizacional e também na busca do crescimento sustentável das nações, dada a configuração da sociedade do conhecimento”. A antecipação de ameaças e oportunidades objetivando a elaboração de novas estratégias apresenta-se de forma imperativa para grupos sociais, econômicos, políticos e institucionais (SCHENATTO *et al.*, 2011).

Elaborar cenários se distancia do que se denomina previsão, considerando a metodologia empregada e o aspecto temporal. No primeiro caso, lida-se com períodos longos, por volta de 30 anos. No segundo, considera-se o curto prazo, com base em dados históricos (FREITAS, 2013; SCHENATTO *et al.*, 2011; STAR *et al.*, 2016). Para Shoemaker, Day e Snyder (2013), o foco da análise de cenários não está apenas na previsão do futuro ou na completa especificação das principais incertezas por meio de técnicas estatísticas, mas sim em limitar o intervalo de incerteza do futuro (SHOEMAKER; DAY; SNYDER, 2013).

Cenários retratam a descrição de situações futuras e envolve consulta, discussão e apropriação de estratégias (GODET, 2000). Busca-se, então, a compreensão do fenômeno, a delimitação de variáveis (qualitativas ou quantitativas), as relações, as explicações em relação ao futuro e a escolha do método (GODET, 1982, 2000). A criatividade, pois, é incentivada para projetar possibilidades de futuros e variados agentes são convocados a elaborar histórias de futuro plausíveis, reconhecendo a leitura de contexto do macroambiente com a premissa da melhor forma de adaptação em face às mudanças desse contexto (MARCIAL; GRUMBACH, 2006; SHOEMAKER, 1995).

Importante é ressaltar que a prospecção do futuro, sendo atividade que visa a dar subsídio à tomada de decisão para propósitos futuros, conduz a opções estratégicas e recebe influências dos aspectos inerentes ao próprio processo decisório, considerando a reflexão coletiva diante dos desafios (SHCENATTO *et al.*, 2011; YOSHIDA, 2011).

Não se objetiva, assim, construir futuros, mas considerar situações possíveis para auxiliar as organizações no enfrentamento das circunstâncias desfavoráveis, por meio das elaborações de estratégias que minimizem condições adversas (GODET, 1982, 2000). Considerando a possibilidade de estimar eventos futuros, se aposta na busca de uma metodologia na importante tarefa de antecipar as chances de ocorrência de eventos, evitando consequências negativas, favorecendo o monitoramento (BOAVENTURA, 2003, YOSHIDA, 2011).

Para melhor compreender a relevância do tema no âmbito dos estudos em Administração, recorre-se ao levantamento de pesquisas sobre cenários.

Disconzi *et al.* (2017), por exemplo, utilizaram a plataforma SPELL – para buscar todos os artigos publicados até junho de 2016 que considerassem cenários prospectivos em seu desenvolvimento. Assim, obtiveram 107 artigos dos quais, 79% eram de natureza empírica e 64% de abordagem qualitativa. Em relação a área de estudos, foi verificada a predominância de biocombustíveis e turismo. Com relação à quantidade de cenários desenvolvidos, verificou-se a recorrência de três, e, quanto ao horizonte temporal, a predominância de cinco a dez anos. Como autores que mais publicaram na área destacam-se WRIGHT, J.; SILVA, A.; SPERS, R.; FORTE, S.; COSTA, B.; BLOIS, H. e MORITZ, G. Ressalta-se, do levantamento, que a utilização da metodologia de cenários prospectivos abrange o setor de energias renováveis.

Carlos *et al.* (2013) mapearam a produção científica da Academia Brasileira de Administração no período de 2001 a 2012 referente ao estudo de cenários. Para isso, pesquisaram no portal CAPES os artigos publicados em periódicos com classificação B3 ou superior na área de Administração. Também investigaram artigos defendidos em eventos promovidos pela ANPAD. Foram analisados 38 artigos nos quais havia estudos sobre setores econômicos e temas variados. Em relação aos setores mais pesquisados, houve predominância para os de telefonia móvel, energia, calçadista e de ensino superior privado. Já com relação a temas, houve predominância dos relacionados à sustentabilidade ambiental e temas relacionados ao mundo do trabalho. Mais uma vez, percebe-se o uso de cenários para retratar possibilidades de futuros relativos a sustentabilidade e energias, o que sugere o despertar para pesquisas que busquem evidenciar possibilidades no âmbito da sustentabilidade com suporte na utilização de fontes de energia alternativas.

O Quadro 7 oferece um resumo de algumas pesquisas de cenários com foco no desenvolvimento sustentável evidenciadas na pesquisa de Silva (2016).

Quadro 7 – Pesquisas de cenário focadas no desenvolvimento sustentável.

Autor	Descrição da pesquisa
Tonn (2007)	O autor expõe que sustentabilidade e os estudos futuros devem estar relacionados, pois a relação da sustentabilidade é o desenrolar de como as coisas estão acontecendo e os estudos futuros contribui para onde as coisas podem ir.
Destatte (2010)	Destatte apresenta o método de construção de cenários com foco em desenvolvimento sustentável. O método visa tornar a ferramenta de previsão mais familiar e baseia-se nas preocupações em torno da construção do desenvolvimento sustentável.
Mcdowall e Eames (2010)	Os autores utilizaram como base os conceitos de Desttate (2010) e relaciona os conceitos com a importância do estudo de cenários e o desenvolvimento sustentável. O método utilizou uma fase do processo de multicritérios de avaliação da sustentabilidade.
Crivits <i>et al.</i> (2010)	Neste caso, a prospecção dos cenários baseia-se em discursos de sustentabilidade, como uma alternativa estratégica de consumo sustentável. Ainda argumenta que é possível pensar por meio de modos alternativos de consumo e enfatiza a importância deste assunto.
Faller e Almeida (2014)	Consideram a análise ambiental como uma das tarefas mais complexas e desafiadoras ao se tratar de construção de cenários e ressaltam a importância de inserir o desenvolvimento sustentável como fator de análise para a construção de cenários.
Godet (2010)	Para o autor, no século XXI, grande parte do planeta está sobre os efeitos da poluição ambiental, a aglomeração urbana e a grandes dificuldades. Desta forma, a previsão é o desenvolvimento sustentável num mundo em mudança, sendo um objetivo final para previsão a questão da sustentabilidade.
Blois <i>et al.</i> (2017)	Os autores utilizaram metodologia de cenários proposta por Grumbach para a construção de cenários futuros para o setor de geração de energia elétrica que têm como fonte resíduos e subprodutos provenientes da silvicultura.

Fonte: Adaptação própria a partir de Silva (2016).

Ainda com vistas a um levantamento sobre o tema, Freitas (2013) assegura que há diversos métodos de análise prospectiva, podendo, inclusive, serem combinados para possibilitar a antecipação de cenários futuros. Fazendo referência aos estudos de Porter *et al.*

(2004), Schenatto *et al.* (2011) reforçam a ideia de que a constituição de cenários deve partir do uso de múltiplas técnicas, por meio da consulta de especialistas, com pressupostos metodológicos sólidos e adequado ao contexto de análise, a qualidade dos dados, atenção ao fator tempo e disponibilidade dos sujeitos envolvidos. É nesse sentido que investigação sob relato considera uma combinação de técnicas, sendo as mais referenciadas aquelas abordadas na subseção 2.2.1.

2.2.1 Técnicas de construção de cenários

Os cenários referem-se a narrativas em formato de *script* de possíveis futuros que podem emergir além do controle da empresa. Devem refletir, no entanto, verdadeiramente, uma ampla gama de pontos de vista de dentro e de fora da organização, de modo que eles representem em conjunto um amplo espectro de possibilidades futuras (SHOEMAKER; DAY; SNYDER, 2013).

A prospecção envolve métodos com viés exploratório ou normativo, em que a reflexão coletiva sobre os desafios futuros para a tomada de decisão leva em consideração aspectos econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos, sendo frequentemente associados à grande temporalidade. Conduz à definição de opções estratégicas que priorizam a abordagem qualitativa na análise do futuro (SCHENATTO *et al.*, 2011).

A elaboração de cenários cria um agrupamento limitado de futuros alternativos (cenários) que abarcam as principais incertezas, fornecendo uma base para discussões sobre o desenvolvimento de políticas, opções para tomada de decisões estratégicas, redução de incertezas e inovação (GODET, 2000; STAR *et al.*, 2016). Porém, adverte-se que nenhum dos cenários propostos pelo uso de ferramentas de prospecção deve substituir integralmente a reflexão ou a liberdade de escolha dos tomadores de decisão (GODET, 2000), sendo, os cenários, instrumentos que podem qualificar melhor o processo decisório.

A seleção do método de constituição de cenários depende das peculiaridades da organização ou setor pesquisado, da natureza do problema, das limitações de tempo, dos meios à disposição do pesquisador e dos resultados esperados (GODET; DURANCE; DIAS, 2008; OLIVEIRA; FORTE, 2009). Ressalta-se que, dificilmente, os modelos são utilizados na sua totalidade e que constantemente são combinados (GODET; DURANCE; DIAS, 2008). A existência de ampla variedade de técnicas, entretanto, expressa desafios para praticantes e

cientistas, criando confusão e, muitas vezes, dificultando uma aplicação mais extensa (STAR *et al.*, 2016).

De maneira geral, os variados métodos de elaboração de cenários obedecem a alguns procedimentos-padrão: definição do problema, análise do ambiente interno e externo e a dinâmica entre eles, identificação das variáveis que podem afetar mais significativamente esses ambientes e elaboração de cenários.

No levantamento que Carvalho *et al.* (2011) fizeram sobre as técnicas mais utilizadas, eles apresentam Godet, Porter, Ghemawat, Ringland e Shoemaker.

No caso de Godet (2000), é proposto um método composto por nove fases: (1) analisar e definir o problema que será o objeto do estudo prospectivo; (2) proceder a um levantamento minucioso da empresa, desde o *know-how* até as linhas de produtos, representadas pela árvore de competências; (3) identificar as principais variáveis da empresa e seu ambiente por meio de uma análise estrutural; (4) explorar a dinâmica da empresa em seu ambiente, seu desenvolvimento passado, seus pontos fortes e fracos em relação aos concorrentes e ao seu ambiente estratégico; (5) procurar reduzir a incerteza em torno das questões-chave para o futuro utilizando métodos de pesquisa com especialistas para destacar tendências, desafios e, assim, extrair os cenários ambientais mais prováveis; (6) apontar visões e projetos coerentes com a identidade da empresa de forma que sejam utilizados os cenários mais prováveis para o seu ambiente; (7) consiste na avaliação reflexiva das opções estratégicas apresentadas na fase anterior; (8) refere-se à tomada de decisão pelo comitê estratégico da empresa e; (9) consiste na implementação do plano de ação, criação de um sistema de coordenação e de acompanhamento.

A técnica de elaboração de cenários proposta por Porter (1996) é baseada no seu modelo das cinco forças competitivas: competição entre os concorrentes, ameaça de novos entrantes, poder de barganha de compradores, poder de negociação de fornecedores e ameaça de produtos ou serviços substitutos. Assim, o método é composto por oito fases: (1) identificação das incertezas por meio de investigação dos eventos cruciais que possam impactar o futuro da empresa; (2) determinação dos motivos das incertezas levantadas na etapa anterior; (3) seleção das variáveis de cenários que apresentam menor dependência em relação às outras variáveis e que implicam em maior impacto na indústria; (4) delimitação das configurações das variáveis de cenários de acordo com suas razoabilidades; (5) elaboração

dos cenários, a partir das configurações mais congruentes, selecionadas para cada variável; (6) análise dos cenários com suporte nas cinco forças competitivas; (7) introdução de variáveis relacionadas ao comportamento da concorrência em cada cenário e; (8) definição da estratégia da empresa em conformidade com as possibilidades de ocorrências dos cenários analisados.

Carvalho *et al.* (2011) expõem o modelo de elaboração de cenários proposto por Ghemawat, em 2007, que considera o ambiente no qual a organização está inserida exercendo relevante influência sobre sua performance econômica. Este método está alicerçado nas análises individuais da oferta-demanda de mercado, estrutura de “cinco forças” proposta por Porter e a “rede de valor”, esta defendida por Adam Brandenburger e Barry Nalebuff. Ele está estruturado em seis etapas: (1) coleta de informações; (2) estabelecimento do alcance e limites do cenário a ser estudado; (3) identificação dos principais *stakeholders* a serem consultados; (4) compreensão da capacidade de negociação do grupo; (5) reflexão dinâmica sobre o futuro do cenário de negócios e; (6) adaptação do modelo de cenários de negócios criado para execução de ações estratégicas.

Na visão de Ringland (1998), planejamento de cenários é a parte do planejamento estratégico que se relaciona com as ferramentas e tecnologias para gerenciar as incertezas do futuro. O autor menciona em sua obra o método desenvolvido por Peter Schwartz em 1991 e explicita suas oito etapas: (1) identificação da questão central; (2) elencar os fatores que influenciam no sucesso ou fracasso da decisão; (3) levantamento das forças motrizes no macroambiente que influenciam os fatores-chave identificados na etapa anterior; (4) ranqueamento das forças motrizes pela relevância e incerteza; (5) seleção das lógicas de cenários; (6) preparação dos cenários; (7) verificação das possíveis implicações das decisões tomadas com base em cada cenário e; (8) seleção dos principais indicadores.

Para Shoemaker (1995), dentre as muitas ferramentas que um gestor pode usar em um planejamento estratégico, o planejamento de cenários se destaca por sua capacidade de capturar uma variedade de possibilidades com riqueza de detalhes. Sendo assim, ele propõe um modelo dividido em dez etapas: (1) definição do espaço temporal e o objeto de análise; (2) identificação dos principais *stakeholders*; (3) identificação das principais tendências econômicas, políticas, tecnológicas, sociais e legais relacionadas ao ambiente pesquisado; (4) identificação das principais incertezas; (5) construção dos cenários iniciais; (6) apuração da consistência e plausibilidade dos cenários inicialmente propostos; (7) desenvolvimento de

cenários de aprendizagem; (8) verificação da necessidade de pesquisas adicionais; (9) desenvolvimento de modelos estatísticos e; (10) convergência em cenários de decisão.

Não obstante a diversidade de métodos de planejamento de cenários, alguns autores, como Machado Neto *et al.* (2008), Gnatzy e Moser (2012) e Heinimö, Ojanen e Kässä (2008) sugerem a utilização do método de Blanning e Reinig (1998). O fato de os autores proporem um processo estruturado de avaliação das variáveis nos cenários ideados e a possibilidade de classificação desses cenários em realista, otimista e pessimista é considerado por Machado Neto *et al.* (2008) um diferencial do método de Blanning e Reinig (1998).

2.2.1.1 Método de Blanning e Reinig (1998)

Líderes organizacionais, geralmente, enfrentam substanciais incertezas em suas rotinas. De efeito, torna-se útil a elaboração de cenários que vislumbrem futuros alternativos, de forma que ofereçam *insights* sobre as fontes de incertezas futuras e facilitem a tomada de decisão (BLANNING; REINING, 1998).

Assim sendo, algumas técnicas para tentar sobrepor essas restrições são apresentadas:

- a) aplicação de questionários, que permite que muitas pessoas respondam anonimamente. No entanto, não permite a discussão entre os participantes.
- b) o método Delphi, que é semelhante aos questionários, mas permite discussão e acompanhamento limitado;
- c) entrevistas, que permitem maior interação com o pesquisador; no entanto, além das mesmas limitações dos questionários, permitem apenas pequena quantidade de participantes.

Não obstante esses métodos permitirem a discussão de pontos sensíveis com certo nível de anonimato, eles possuem a limitação de não assentir na interação dos participantes. Caso houvesse interação em tempo real, os participantes poderiam ouvir os comentários uns dos outros e responder, concordando, discordando ou fazendo outros comentários. Nesse modelo de interação, pode haver ganhos interessantes em relação a novas ideias suscitadas (BLANNING; REINING, 1998). O *software Eletronic Meeting Systems* (EMS) (sistema eletrônico de reuniões) e duas ferramentas são mostradas pelos autores como meios

alternativos para auxiliar no desenvolvimento de cenários e driblar a falta de interação dos participantes.

Considerando ainda o desenvolvimento de cenários, os autores sugerem três temas – otimista, pessimista e realista – e oferecem dois métodos para identificar eventos significativos e associá-los ao estudo. O primeiro é usar a ferramenta de comentários do EMS para discutir eventos que possam ser incluídos em cenários - usado para preparar uma lista de eventos. O segundo é aplicar a ferramenta de votação do EMS para votar: (1) na probabilidade de que os eventos ocorrerão e (2) no grau em que os eventos são favoráveis ou desfavoráveis. Em seguida, essa informação é plotada em uma matriz de eventos, usada para elaborar os cenários (BLANNING; REINIG, 1998).

A lista de eventos é uma relação de variáveis relevantes que podem ocorrer em um ou mais cenários. A ferramenta de comentários (commenting tool) é usada para preparar a lista de eventos da seguinte maneira: aos participantes são mostradas três pastas (simultaneamente ou em sequência) nas quais podem ser inseridos comentários. Cada pasta é rotulada com uma das três categorias a seguir (BLANNING; REINIG, 1998).

- Otimista: devem ser inseridos os eventos desejáveis, não necessariamente utópicos. No entanto, devem ser mais favoráveis do que desfavoráveis.
- Pessimista: devem ser registrados os eventos indesejáveis, não necessariamente desastrosos, mas devem ser mais desfavoráveis do que favoráveis.
- Realista: devem ser inseridos os eventos relevantes para o futuro. Esta pasta deve conter os eventos que os especialistas acreditam serem os mais prováveis de ocorrer.

Observa-se que essas categorias não demonstram todos os futuros possíveis, não sendo, portanto, exclusivas e exaustivas. Ainda sobre essas categorias, os eventos otimistas e pessimistas são definidos em termos de quão favoráveis ou desfavoráveis eles serão para o ente pesquisado. Já os eventos realistas são definidos em termos de sua probabilidade de ocorrer. Com efeito, um evento pode ser otimista e realista ou pessimista e realista, mas não otimista e pessimista ao mesmo tempo (BLANNING; REINIG, 1998).

A denominada matriz de eventos é um gráfico em duas dimensões que exprime um ponto para cada evento elencado na lista de eventos. O eixo horizontal representa a

probabilidade do evento e o eixo vertical significa o grau em que o evento é favorável ou desfavorável para o ente pesquisado (BLANNING; REINIG, 1998).

Para a elaboração da matriz de eventos, faz-se necessário o uso da ferramenta de votação. Mostra-se aos participantes, por intermédio do EMS, uma tabela contendo três colunas: na primeira estão todos os eventos identificados por uma breve descrição; a segunda deverá ser preenchida pelo participante com uma estimativa de probabilidade (P) de o evento vir a ocorrer; a terceira também deverá ser preenchida pelo participante com um número representativo do grau de favorabilidade (F) do evento. A média das votações referente a cada evento comporá a matriz de eventos (BLANNING; REINIG, 1998).

Dando continuidade à elaboração de cenários, a próxima fase consiste em identificar eventos que devem constar nos cenários otimista, pessimista e realista, por meio das estimativas P e F. Essas estimativas não serão mostradas nos próprios cenários, mas servirão de auxílio para a classificação dos eventos (BLANNING; REINIG, 1998).

Para tanto, o pesquisador deve atribuir os limites das estimativas de probabilidade (P) e favorabilidade (F) e separá-las em altas, médias ou baixas. Em seguida, divide-se os eventos em nove grupos de acordo com a prévia gradação das estimativas P e F. Os cenários são construídos da maneira a seguir expressa (BLANNING; REINIG, 1998).

- Cenário otimista: conterà os eventos P alto, F alto, P médio e F alto.
- Cenário pessimista: conterà os eventos P alto, F baixo, P médio e F baixo.
- Cenário realista: conterà todos os eventos P alto.

Comumente, muitos eventos identificados durante a fase da discussão e avaliados durante o período de votação não aparecem em nenhum dos cenários, uma vez que todos os eventos com baixa e média probabilidade (P baixo e P médio) e média favorabilidade (F médio) serão omitidos. Alguns desses eventos, contudo, podem ser relevantes por outros motivos. Por exemplo, alguns dos eventos de baixa probabilidade (P baixo), e baixa favorabilidade (F baixo), embora improváveis, podem ser notórios como potencialmente prejudiciais. De tal modo, esses eventos podem ser resumidos e apresentados no final dos cenários (BLANNING; REINIG, 1998).

Evidencia-se o fato de que, normalmente, o desenvolvimento de cenários denota as inter-relações dos eventos. Porém, a abordagem ora proposta foca na identificação de eventos relevantes e na sua segmentação em cenários otimistas, realistas e pessimistas. Ficando a critério do pesquisador qualquer discussão adicional (BLANNING; REINIG, 1998).

Assim como a proposição dos critérios de favorabilidade e probabilidade são diferenciais do método de Blanning e Reinig (1998), o critério de pertinência no tratamento dos dados destaca-se no método oferecido por Marcial e Grumbach (2008), haja vista que a composição do cenário é elaborada com base em fatores que mais podem influenciar o objeto de análise.

2.2.1.2 Método de Marcial e Grumbach (2008)

O chamado método Grumbach proposto por Marcial e Grumbach (2008) em quatro fases e suas respectivas subdivisões, está explicitada no seguimento.

Fase 1 – identificação do sistema

Nesta fase, será feita a identificação preliminar dos dados básicos do sistema que correspondem às características internas da organização estudada e a contextualização do ambiente no qual ela está inserida. Nela também serão fixados o propósito do estudo prospectivo, a sua amplitude e o seu horizonte temporal. Também serão definidos, pela autoridade central, os integrantes do Grupo de Controle (GC) (preferencialmente pessoas do quadro permanente da organização) e os especialistas que serão abordados. Especial atenção é dada a escolha dos peritos que têm de ser, em sua maioria, pessoas de fora da organização, especialistas em determinadas áreas do conhecimento, devem possuir boa cultura geral e os seguintes atributos: honestidade de propósitos, independência em relação a ideias exógenas, precisão, realismo e segurança de conhecimento.

Fase 2 – diagnóstico estratégico

Orientados pela visão global do sistema, o GC, responsável por esta fase efetuará um levantamento pormenorizado das variáveis referentes ao sistema em pauta. Deve-se

angariar o maior número possível de aspectos, tanto do ambiente interno como do externo ao sistema em estudo.

Fase 3 – visão estratégica

A fase 3 compreende toda a parte de análise do método quando os dados oriundos da pesquisa são refinados e selecionados, seguindo critérios de relevância. Ela é composta por três etapas: visão de presente, visão de futuro e avaliação, medidas e gestão de resistências. Cada etapa desta fase será detalhada a seguir.

Etapa 1 – visão de presente

Esta etapa visa a sondagem e seleção de possíveis ações a serem executadas no presente para situações favoráveis ou desfavoráveis que já estejam ocorrendo. Para tanto, deve-se interpretar os fatos portadores de futuro relacionados ao sistema e ao ambiente no qual ele está inserido. Deve-se também analisar as causas e consequências desses fatos, bem como ponderar medidas de curto e médio prazo que: possam ser executadas; sejam harmoniosas com o propósito do sistema; objetivem tirar proveito das oportunidades e afastar as ameaças; considerem os pontos fortes e fracos do sistema.

Etapa 2 – visão de futuro

Tendo como suporte a análise prospectiva, busca-se, por meio da identificação de variados futuros possíveis, a definição de estratégias adequadas ao enfrentamento de ocorrências que possam surgir dentro ou fora do sistema. Considera-se que as estratégias e ações implementadas no presente, normalmente, mostrarão resultados somente no médio e longo prazos. Portanto, estabelecer uma visão de futuro permite à organização aplicar intervenções no presente que sejam capazes de responder a acontecimentos futuros.

Busca-se, portanto, nessa etapa, interpretar os cenários prospectados no intuito de associar a cada acontecimento futuro suas prováveis causas e consequências e, com suporte nesses achados, tomar medidas no presente que se antecipem a essas consequências. Para tanto, essa etapa divide em uma sequência de passos.

Passo 1 – concepção

Nesse passo, são coletados, com base em uma sessão de *brainstorming* com o GC, uma lista de eventos ou questões estratégicas (possíveis acontecimentos relativos a organização e ao seu ambiente). Ressalta-se que a lista de eventos não deve ser muito extensa de forma que não torne a análise dos cenários uma tarefa inexecutável. Dessa forma, faz-se uma depuração dos eventos de acordo com sua pertinência. A partir daí será feita uma combinação de ocorrências que corresponderá a 2_n , sendo n o número de eventos. O resultado será equivalente ao número de cenários gerados. Considerando o elevado número de combinações geradas, Marcial e Grumbach (2008) recomendam a manutenção de, no máximo, dez eventos definitivos e a utilização de um *software* (Puma) para o auxílio na análise das combinações.

Passo 2 – avaliação

Com amparo nesse passo, os especialistas serão solicitados, por meio do método Delphi, a se manifestar sobre os eventos listados na etapa anterior. Nas primeiras consultas, os peritos serão instados a opinar sobre as probabilidades isoladas de ocorrência dos eventos, bem como suas pertinências e a fazerem uma autoavaliação, a qual buscará medir o grau de conhecimento e interesse de cada perito sobre os temas abordados em cada evento. Em seguida, os especialistas serão convidados a fazer uma avaliação sobre as relações de causa e efeito, procedendo-se uma relação entre as possíveis ocorrências de cada evento e as possibilidades de influência destas na ocorrência dos demais (método dos impactos cruzados).

Passo 3 – geração e interpretação de cenários

Nesse passo, os resultados das avaliações dos especialistas serão inseridos, pelo GC, no *software* que, por sua vez, ensejará a matriz de impactos cruzados. Essa matriz dispõe, por meio de cálculos estatísticos, valores correspondentes a impactos e probabilidades condicionadas de ocorrências dos eventos. Como resultado, serão extraídos os cenários prospectivos em ordem de probabilidade de ocorrência. Com base nessa lista, os analistas do GC serão incumbidos de interpretar os cenários e catalogá-los em três divisões: mais provável, tendência e ideal.

Passo 4 – análise das questões estratégicas

As questões estratégicas da organização estudada são compostas pelos eventos definitivos e correspondem àqueles que nela exercerão maior impacto, caso venham a ocorrer. Dessa forma, essas questões estratégicas merecerão atenção especial de forma que, no acompanhamento de sua evolução, sejam indicados possíveis ajustes nos direcionadores estratégicos da organização.

Passo 5 – proposição de medidas de futuro

Após a análise das questões estratégicas, o GC tem a responsabilidade de mapear as consequências para a organização da ocorrência de cada cenário proposto e sugerir medidas de enfrentamento para cada uma dessas consequências.

Etapa 3 – avaliação de medidas e gestão de resistências

Essa etapa consiste em um processo de avaliação das etapas anteriores por meio de critérios focados na análise das medidas propostas para a organização, e é subdividida em seis passos.

Passo 1

Consiste na análise individual de cada medida proposta, procedendo-se a ajustes de redação e realizando-se testes capazes de medir a adequabilidade, exequibilidade e aceitabilidade de cada medida.

Passo 2

Após a fase de testes das medidas, procede-se a uma comparação entre elas no intuito de verificar a possibilidade de fundir as que possuem características comuns, apurar a existência de conflitos entre elas, eliminar as medidas redundantes e selecionar as que serão priorizadas por meio de critérios específicos.

Passo 3

Este é considerado o último critério de validação e consiste em verificar se as medidas propostas entram em choque com os valores da organização. Apenas as medidas que passarem pelo crivo dessas três etapas serão consideradas validadas.

Passo 4

Para as medidas, aquelas validadas e que implicam alterações na cultura da organização e ou na sua hierarquia devem ser implementados mecanismos de gerenciamento de resistências internas.

Passo 5

Da mesma forma que no passo anterior, devem ser também gerenciadas as resistências externas por meio de alianças e ações que elevem a probabilidade de ocorrência de eventos favoráveis e ou neutralização de ações ou alianças que elevem a ocorrência de eventos desfavoráveis.

Passo 6

Aqui se verifica em que nível as medidas propostas impactam na estrutura da organização, ou seja, se elas promovem alterações significativas no negócio, visão ou missão da organização.

Fase 4 – consolidação do planejamento

Nessa fase, inicialmente, é realizada uma revisão dos dados suscitados na etapa no começo do processo de planejamento com finalidade de se verificar a necessidade de possíveis alterações no plano estratégico. Após essa etapa, o plano será submetido a alta administração da organização para decisão da sua aprovação.

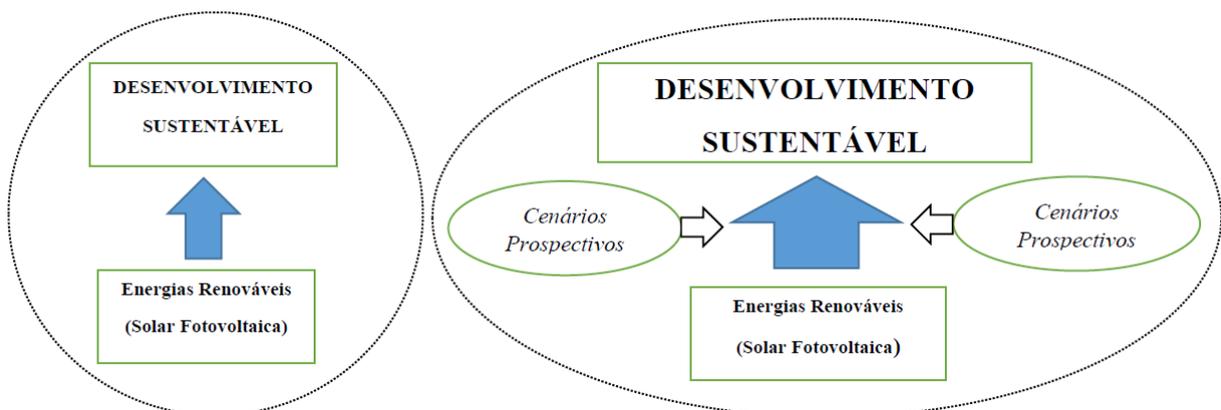
2.3 QUADRO DE ANÁLISE DA PESQUISA

Apresenta-se na Figura 1 o modelo teórico da pesquisa. Para Becker (2007, p. 127), o “[...] modelo fornece respostas para as questões teóricas do estudo e demonstra a contribuição de cada parte da estrutura analisada para a explicação do fenômeno”.

A pesquisa objetiva articular a energia renovável (solar fotovoltaica) com o desenvolvimento sustentável, haja vista que sua ampliação/difusão como estratégia energética é traduzida em um menor impacto ambiental e, ainda, sustenta possibilidades econômicas e sociais que sejam alternativas (NAÇÕES UNIDAS, 2015; SCHUTTE, 2015).

Pressupõe-se, então, que o estudo sobre os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica possa dar suporte à tomada de decisão acerca do emprego dessa fonte energética e que essa decisão contribua para o desenvolvimento sustentável.

Figura 1 – Marco referencial de análise da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

Por conseguinte, o marco referencial de análise ora mostrado, associa a contribuição do estudo de cenários ao emprego da energia renovável solar fotovoltaica e sua contribuição ao desenvolvimento sustentável.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS EMPREGADOS

A metodologia destina-se a evidenciar os métodos (sujeitos, ferramentas, processos, critérios entre outros.) utilizados na pesquisa para se obter e analisar os dados (MOTTA-ROTH, 2003). Também possibilita ao pesquisador exercitar a sua criatividade “[...] na forma de articular teoria, métodos, achados experimentais, observacionais ou de qualquer outro tipo específico de resposta às indagações científicas” (MINAYO, 2014, p. 44).

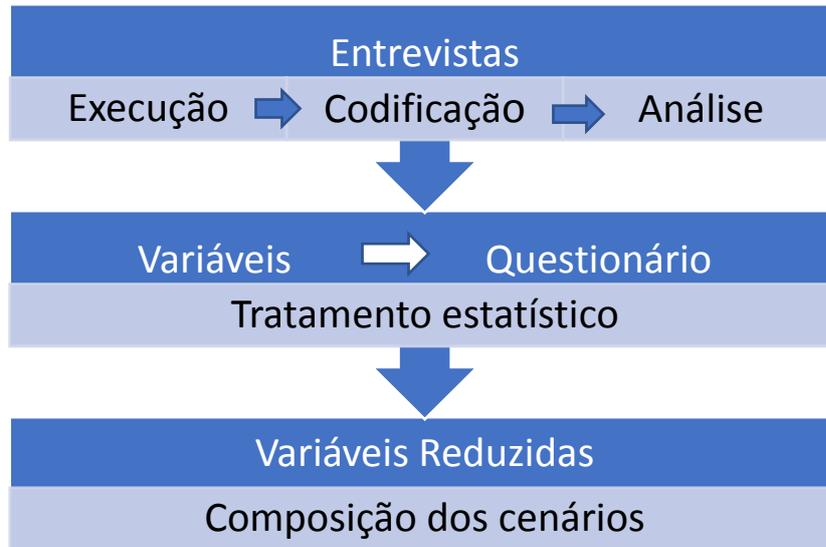
3.1 CARACTERÍSTICA E ABORDAGEM DO ESTUDO

Vergara (2015) propõe a classificação do tipo de pesquisa segundo dois critérios: quanto aos fins e em relação aos meios. Em relação aos fins, o projeto possui caráter descritivo. É descritivo porque sugere discussão com especialistas sobre cenários futuros da energia solar fotovoltaica e busca descrever os cenários prospectivos dessa fonte de energia sob o enfoque do desenvolvimento sustentável. Em referência aos meios, este projeto classifica-se como pesquisa de campo que consiste numa verificação empírica em local que dispõe de indícios para explicar o fenômeno a ser estudado.

Considera-se qualitativa a abordagem porque propicia desvendar processos sociais pouco conhecidos e derivar categorias com base em estudo de um fenômeno social apreendido (MINAYO, 2014). Além disso, a pesquisa também utiliza uma abordagem quantitativa, haja vista que a metodologia de cenários prospectivos empregada tem como uma de suas etapas a quantificação, tabulação e cruzamentos de dados com uso de estatística descritiva para o desenho dos cenários (SILVERMAN, 2009).

Assim, este trabalho se desenvolveu em duas etapas, sendo uma de cunho qualitativo e a outra de abordagem quantitativa. A primeira (qualitativa) envolveu a execução, codificação e análise das entrevistas com base nas dimensões teóricas da sustentabilidade propostas por Sachs (2007, 2009) e a elaboração do questionário. A segunda (quantitativa) foi composta pela análise das respostas dos questionários, culminando na composição dos cenários. Para ilustrar os procedimentos adotados, a Figura 2 apresenta a sequência metodológica da pesquisa.

Figura 2 – Sequência metodológica da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

3.2 CATEGORIAS DA PESQUISA

A etapa de codificação começou com a definição das categorias, quando se teve, após a realização das entrevistas, o início da etapa qualitativa da pesquisa. As categorias são temas ou classes que agrupam elementos sob um rótulo genérico em razão das suas características comuns (BARDIN, 2011). Considerando-se o modelo teórico desta pesquisa que relaciona a energia solar fotovoltaica ao desenvolvimento sustentável, admitem-se como categorias previamente estabelecidas, com base no referencial teórico, as dimensões do desenvolvimento sustentável propostas por Sachs (2012), a seguir: sustentabilidade social, territorial, cultural, ecológica, econômica e política. Ressalta-se que essas categorias foram selecionadas de acordo com a aplicabilidade à perspectiva de cenário da energia solar fotovoltaica no Ceará. Por consequência, excluiu-se a categoria da sustentabilidade política (internacional) por ir além do escopo deste trabalho. Acrescentou-se também a categoria de inovação, uma vez que convém observar temas ligados a ciência e tecnologia em virtude da sua recorrência em estudos sobre cenários (MARCIAL; GRUMBACH, 2008).

3.3 SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa são as pessoas contatadas pelo pesquisador e que detêm os dados de que ele necessita (MINAYO, 2014). Portanto, para a fase das entrevistas, foram abordadas cinco pessoas que atuam no setor da energia solar fotovoltaica, com o intuito de

identificar as variáveis relacionadas à utilização dessa fonte energética. Assim, esta pesquisa contou como sujeitos de pesquisa pessoas que estão no campo de influência desse tipo de fonte energética (MARCIAL; GRUMBACH, 2008).

As entrevistas foram realizadas de 26 de novembro de 2018 e 17 de janeiro de 2019, todos na cidade de Fortaleza, realizadas em locais determinados pelos próprios participantes. Salienta-se que as entrevistas foram pessoalmente gravadas com a devida autorização dos entrevistados por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e transcritas sem qualquer tipo de alteração. Os entrevistados possuem os perfis a seguir destacados.

- Membro da Câmara Setorial de Energias Renováveis da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), conselheiro do Fundo de Incentivo às Energias Renováveis do Ceará, professor do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e doutor em Física. Foi entrevistado no dia 26 de novembro de 2018 durante 34 minutos.

- Consultor na área de energias renováveis da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), engenheiro mecânico e eletricitista. Foi entrevistado no dia 3 de dezembro de 2018 durante 21 minutos.

- Empreendedor do ramo de energia solar fotovoltaica, diretor do Sindicato das Indústrias de Energia e de Serviços do Setor Elétrico do Estado do Ceará (SINDIENERGIA), mestre em Ciências Físicas Aplicadas. Foi entrevistado no dia 7 de dezembro de 2018 durante 21 minutos.

- Professor do Centro de Ciências e Tecnologia da UECE, doutor em Engenharia Mecânica. Foi entrevistado em 20 de dezembro de 2018 durante 34 minutos.

- Empresário do ramo de bares e restaurantes de Fortaleza, usuário de energia solar fotovoltaica. Foi entrevistado no dia 17 de janeiro de 2019 durante dez minutos.

O Quadro 7 apresenta uma síntese do perfil dos entrevistados.

Quadro 8 – Sujeitos da pesquisa

Especialista	Atribuição	Formação	Instituição
E1	Conselheiro/Professor	Doutor em Física	ADECE/UECE
E2	Consultor	Engenheiro Eletricista e Mecânico	FIEC
E3	Empreendedor do ramo de energia/Diretor	Mestre em Física	ENERGY GREEN/SINDIENERGIA
E4	Professor	Doutor em Engenharia Mecânica	UECE
E5	Empresário (usuário da energia solar)	Ensino médio	Bar/Restaurante

Fonte: Elaboração própria.

Doravante, cada entrevistado é referenciado pelas siglas E1, E2, E3, E4 e E5, conforme detalhado no Quadro 7, a fim de melhor diferenciar cada fala e agilizar a análise das respectivas entrevistas.

Ressalta-se que os sujeitos da pesquisa são especialistas e representam aqueles que possuem especial conhecimento sobre o fenômeno a ser estudado. De acordo com Boaventura e Fischmann (2007) e Grishan (2009), é importante selecionar sujeitos que tenham um equilíbrio entre imparcialidade e interesse pelo tópico.

3.4 GERAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Dividiu-se a geração e análise dos dados em três fases, sendo a primeira a codificação das entrevistas, a segunda a construção e aplicação dos questionários e a terceira contemplando o processamento estatístico dos dados para a composição dos cenários.

3.4.1 Codificação das entrevistas

Esta fase da geração e análise dos dados iniciou-se com a realização das entrevistas. As perguntas contidas no roteiro foram balizadas pelas categorias da pesquisa (sustentabilidade social, sustentabilidade ecológica, sustentabilidade territorial, sustentabilidade econômica, sustentabilidade política e inovação) e abordaram questões relacionadas à atual situação da energia solar fotovoltaica no Ceará no sentido de extrair variáveis para elaboração de possíveis cenários futuros (SILVA; FORTE, 2016).

O roteiro de entrevista consta no Apêndice B e seguiu o modelo semiestruturado, considerando o objetivo de obter informações exploratórias e em profundidade e que se alinha à perspectiva da entrevista qualitativa, o qual, segundo Gaskell (2002), é uma metodologia de

coleta de dados cuja utilização tem sido difundida em estudos no campo das Ciências Sociais. Além disso, as entrevistas indicam o interesse “[...] na maneira como as pessoas espontaneamente se expressam e falam sobre o que é importante para elas e como elas pensam sobre suas ações e as dos outros” (BAUER; GASKELL; ALLUM, 2002, p. 21).

A apreciação das entrevistas foi realizada com inspiração nos fundamentos da análise temática de conteúdo, proposta por Bardin (2011). A respeito dessa técnica, a autora ensina que “[...] consiste em descobrir os “núcleos de sentido” que compõem a comunicação e cuja presença ou frequência de aparição podem significar alguma coisa para o objeto analítico escolhido” (BARDIN, 2011, p. 135).

Diferentemente do que propõe Bardin (2011), considerando-se a quantidade de entrevistas realizadas e os enfoques distintos de cada entrevistado, os códigos ou núcleos de sentido foram extraídos não da recorrência dos termos e sim na presença das ideias extraídas das falas dos especialistas que apresentaram semelhança e relação com as variáveis apontadas pela revisão bibliográfica e que estão registradas no Apêndice A.

A análise de conteúdo proposta por Bardin (2011) consiste em três fases: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados, inferência e interpretação dos dados. A pré-análise abrange a organização do trabalho com a definição de hipóteses, objetivos e a escolha do material a ser analisado, que contemplou as entrevistas. A exploração do material é considerada a fase mais longa e monótona e consistiu na codificação das entrevistas amparada em regras previamente elaboradas. O tratamento dos resultados, inferência e interpretação dos dados consistiu na análise das entrevistas e está exposto na subseção 4.2.

Com o objetivo de auxiliar a tarefa de organização e categorização dos dados, utilizou-se o *software* denominado Atlas/TI, que pertence a um grupo de *softwares* mais utilizados para análise de dados qualitativos (BANDEIRA-DE-MELO, 2006). Esse programa facilita a formação das categorias para o exame, do ponto de vista da análise de conteúdo (BANDEIRA-DE-MELO, 2006).

Para realizar a análise do conteúdo das entrevistas, o *Archiv fuer Technik Lebenswelt und Alltagssprache* (Atlas) *Text Interpretation* (TI) facilitou a extração das variáveis e agrupamento delas nas categorias prédefinidas, haja vista que os relatórios produzidos pelos *softwares* favorecem a análise circular dos dados, ensejando *insights* durante

toda a pesquisa (BANDEIRA-DE-MELO, 2006). Os documentos primários (*primary documents*) são os principais elementos que reúnem os dados coletados; as citações (*quotes*), definidas como segmentos dos textos, trechos relevantes dos documentos que indicam a ocorrência de códigos; códigos (*codes*), unidades básicas de análise; famílias (*families*), agrupamento de elementos como documentos, códigos ou anotações; notas de análise (*Memos*), que registram interpretações do pesquisador; esquemas gráficos (*Netview*) são as representações das associações entre os códigos; e os comentários (*comment*), que registram informações definidas pelo pesquisador (BANDEIRA-DE-MELO, 2006).

De acordo com Bardin (2011), as unidades de registro podem possuir dimensões e natureza variáveis e equivalem aos segmentos de mensagem que proporcionam o entendimento da significação da unidade de contexto. As unidades de registro equivalem às unidades-base ou núcleos de sentido das narrativas. Já as categorias agrupam unidades de contexto de mesma natureza. Para a consecução desta pesquisa, portanto, as unidades de contexto, que correspondem às variáveis na nomenclatura de cenários, foram representadas pelos *codes*, as unidades de registro pelos *quotations* e as categorias pelas *families*.

Por conseguinte, na codificação das entrevistas, os trechos das falas dos especialistas que denotaram similaridade com os subtemas levantados na revisão bibliográfica e expostos no Apêndice A, foram selecionados e transformados em citações (*quotations*). Ressalte-se que outros subtemas não relacionados no Apêndice A também emergiram das falas e foram selecionados. Após essa fase de seleção das citações (*quotation*), ocorreu a codificação propriamente dita. Assim, as citações foram nomeadas por códigos (*codes*) de forma que os nomes designados aos *codes* pudessem sintetizar as ideias centrais de cada citação. Observa-se, também, que as citações que refletiram ideias semelhantes foram agrupadas a um mesmo *code*. Por fim, os *codes* associados a uma mesma categoria foram agrupados em *families*.

Para facilitar a identificação e posterior separação dos *codes* em *families* foram introduzidos prefixos antes dos nomes dos códigos representando a que categorias eles foram agrupados, conforme está no Quadro 9.

Quadro 9 – Identificação das categorias

Prefixo	Categoria
SC	Sustentabilidade cultural
SEcl	Sustentabilidade ecológica
SE	Sustentabilidade econômica
SP	Sustentabilidade política
SS	Sustentabilidade social
ST	Sustentabilidade territorial
In	Inovação

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 9 traz os prefixos adicionados aos nomes dos códigos extraídos das entrevistas e foram utilizados para melhor identificação e agilizar o processo de agrupamento deles às categorias da pesquisa que foram previamente definidas.

Como resultado da codificação, foram levantadas 40 variáveis divididas em sete categorias de análise da seguinte forma: seis variáveis associadas à categoria de inovação, nove variáveis relacionadas à categoria de sustentabilidade política, três variáveis referentes à categoria de sustentabilidade cultural, sete variáveis ligadas à categoria de sustentabilidade ecológica, oito variáveis associadas à categoria de sustentabilidade econômica, quatro variáveis vinculadas à categoria sustentabilidade social, três variáveis relacionadas à categoria sustentabilidade territorial e oito variáveis referentes à categoria de inovação. A relação das variáveis está no Apêndice C.

A definição dessas variáveis, extraídas da codificação das entrevistas, concluíram a etapa qualitativa da pesquisa. Dá-se, em seguida, início à etapa quantitativa.

3.4.2 Construção, pré-teste e aplicação dos questionários

Após o levantamento das variáveis por meio da codificação das entrevistas, teve início a fase de construção e aplicação dos questionários. O questionário foi estruturado de forma que os respondentes pudessem atribuir valores, para cada variável, para os critérios de favorabilidade e probabilidade, segundo o modelo de Blanning e Reinig (1998), e pertinência, de acordo com o modelo de Marcial e Grumbach (2008).

Consoante o modelo de prospecção de cenários proposto por Blanning e Reinig (1998), o critério de favorabilidade representa o quanto a variável exerce de influência positiva ou negativa para a ocorrência. Em relação ao critério de probabilidade, ele mede o grau de possibilidade de ocorrência do evento. A apuração da pontuação dada pelos

respondentes do questionário para estes dois critérios foi utilizada, para a determinação dos cenários, em otimista, realista ou pessimista. No concervente ao critério de pertinência, ele não depende da probabilidade de o evento ocorrer, porém, representa o quão relevante é a possível ocorrência de determinado evento para o futuro do objeto estudado (MARCIAL; GRUMBACH, 2008).

Para mensuração dos critérios favorabilidade, probabilidade e pertinência, foi utilizado esquema similar ao empregado por Silva e Forte (2016). Sendo assim, para os dois primeiros recorreu-se a uma escala de 0 a 100%, com intervalo de 10 em 10%. Para o terceiro, pertinência, foi utilizada escala de 0 a 5 assim representados: 0 – sem influência; 1 – muito pouca influência; 2- pouca influência; 3 – razoável influência; 4 – forte influência e 5 – extrema influência. O Quadro 10 exhibe o formato do questionário com os critérios e suas respectivas escalas.

Quadro 10 – Formato do questionário.

Variáveis	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Variável 1			
Variável 2			
Variáveis ...			
Variável 36			

Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se que, para dar maior clareza e facilitar o entendimento dos respondentes, algumas variáveis levantadas na etapa anterior foram transformadas em eventos, os quais estão listados no Apêndice D.

Para identificação do perfil dos respondentes, foi criada uma seção inicial no instrumento de coleta, com campos para preenchimento do nome, área de atuação e tempo de experiência na área de energia solar fotovoltaica.

Observa-se, ainda, que a elaboração do questionário (Apêndice G) e a coleta das respostas foi conduzida com suporte da plataforma *on line* Survey Monkey em sua versão paga.

Após conclusa a elaboração, o questionário foi levado pessoalmente a um dos especialistas entrevistados para aplicação do pré-teste. Na ocasião, foram anotadas sugestões de melhoria do instrumento de coleta, bem como foi feita a unificação de algumas variáveis. Assim, o questionário passou a contar com 36 variáveis sendo 09 nove associadas a

sustentabilidade política, três a sustentabilidade cultural, três a sustentabilidade territorial, sete a sustentabilidade econômica, cinco a sustentabilidade ecológica, três a sustentabilidade cultural e seis referentes a inovação. Os eventos que constam no questionário definitivo (Apêndice F) são mostrados no Apêndice E.

No Apêndice E, além dos eventos que constam no questionário definitivo (Apêndice F), são também exibidas com o efeito ~~tachado~~ as variáveis que foram excluídas ou aglutinadas.

Com referência à definição da amostra, optou-se pela modalidade não probabilística, que é utilizada quando não se conhece o tamanho do universo e os sujeitos são selecionados por meio de critérios subjetivos do pesquisador (MARCONI; LAKATOS, 1996; MALHOTRA *et al.*, 2005).

Optou-se, também, pelo uso de fundamentos da técnica bola de neve que consiste, em sua modalidade mais simples, em identificar os respondentes a que se recorre para encaminhar pesquisadores para outros respondentes. Essa técnica é particularmente benéfica para estudos que buscam alcançar populações de acesso difícil ou ocultas (ATKINSON; FLINT, 2001).

Como lecionam Quadros *et al.* (2014), a técnica bola de neve mostra-se útil para aproveitar as redes sociais dos entrevistados e, assim acessar grupos específicos com maior agilidade. A respeito das redes de relacionamento, Marcial e Grumbach (2008) destacam que são de grande relevância para o desenvolvimento de cenários, por permitirem ao pesquisador estar inserido num fluxo de informações altamente concentrado e filtrado.

Assim, foi solicitado a cada um dos especialistas que participaram das entrevistas que indicassem outros sujeitos de sua mesma área de atuação para responder a pesquisa ou que eles próprios redirecionassem o *link* da pesquisa para as suas redes de contato.

Paralelamente, foi realizado levantamento junto ao sítio eletrônico do SINDIENERGIA com vistas a identificar as empresas atuantes no setor de energia solar fotovoltaica. Para tanto, foi visitado o sítio eletrônico de cada empresa afiliada àquele Sindicato e enviado *e-mail* com o *link* da pesquisa para aquelas que tinham a energia solar fotovoltaica em seu portfólio de produtos ou serviços. Ao final do levantamento foi encaminhado e-mail para 15 empresas.

Considerando também a relevância de se obter a representatividade de especialistas ligados ao setor público, foi visitado o sítio eletrônico da Secretaria Estadual de Infraestrutura do Ceará, em busca dos contatos dos servidores ligados à Coordenadoria de Energia, Mineração e Telecomunicações. Dessa forma, foi encaminhado *e-mail*, cujo modelo está no Apêndice G, com o *link* da pesquisa para cada um dos cinco assessores lotados naquela coordenadoria.

Também foi enviado *e-mail* para as coordenações dos cursos de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e do curso de Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), solicitando que redirecionassem para os professores que atuam na área de energia solar fotovoltaica. De igual modo, encaminhou-se e-mail para o Parque de Desenvolvimento Tecnológico da UFC, solicitando o encaminhamento para os consultores especialistas em energia solar fotovoltaica.

O encaminhamento do *link* do questionário para os especialistas e usuários da energia solar fotovoltaica foi realizado por *e-mail* e também por compartilhamento por meio de aplicativo de mensagens utilizado amplamente em dispositivos móveis de comunicação, e teve início no dia 06 de fevereiro de 2019, sendo encerrado na manhã do dia 21 do mesmo mês e ano. Ressalta-se a impossibilidade do controle rígido sobre a quantidade de *links* do questionário enviados e/ou compartilhados, tendo em vista a aplicação da técnica bola de neve. No entanto, estima-se o envio de uma média de 45 *links* do questionário.

Assim, estabeleceu-se como critério para o encerramento da coleta a quantidade de 21 respostas do questionário. No entanto, apenas 13 especialistas responderam o instrumento de coleta na sua totalidade. Logo, considerou-se para a próxima fase a quantidade de 13 especialistas e/ou usuários consultados.

A respeito da quantidade de especialistas consultados em estudos que utilizam os diversos métodos de planejamento por cenários, Grishan (2009) e Miranda, Casa Nova e Cornacchione Júnior (2014) afirmam que pode variar de dez a 60. Em levantamento de artigos que se utilizam dessa metodologia, percebeu-se que a quantidade de peritos consultados variou de oito a 21 (BLANNING; REINIG, 1998; BLOIS *et al.*, 2017; BOAVENTURA; FISCHMANN, 2007; MIRANDA; CASA NOVA; CORNACCHIONE JUNIOR, 2014; MORAIS *et al.*, 2015).

3.4.3 Análise dos questionários

A seleção do método de constituição de cenários depende das peculiaridades da organização ou setor pesquisado, da natureza do problema, das limitações de tempo, dos meios à disposição do pesquisador e dos resultados esperados (GODET; DURANCE; DIAS, 2008; OLIVEIRA; FORTE, 2009). Ressalta-se que, dificilmente, os modelos são utilizados na sua totalidade e que, constantemente, são adaptados (GODET; DURANCE; DIAS, 2008).

Não obstante a existência de técnicas diversas de elaboração de cenários, será utilizada para a construção desta pesquisa a combinação dos métodos de Blanning e Reinig (1998) e Marcial e Grumbach (2008), assim como de Silva e Forte (2016). Ressalta-se, assim como feito por Silva (2015, p. 22), “[...] que não foi utilizado integralmente nenhum dos métodos de cenários”, pois se procurou nesta investigação mesclar fases dos três métodos que se identificaram como mais apropriados ao objetivo estudo sob relação.

Após a tabulação dos dados dos questionários, promoveu-se o seu processamento estatístico. Como ferramenta de auxílio, foi utilizado o *software Microsoft Excel* para cálculo da média ponderada, desvio-padrão e coeficiente de variação das notas atribuídas a todas as variáveis em relação ao critério de pertinência.

Após o procedimento de cálculo das medidas de dispersão, foi estabelecido um ponto de corte para a exclusão de algumas variáveis. Dessa forma, acolheu-se como regra de decisão o coeficiente de variação maior do que 30%, tendo em vista que Martins e Teóphilo (2016) consideram esse valor como de elevada dispersão. Essa regra encontra amparo no trabalho de Miranda, Casa Nova e Cornacchione Júnior (2014), que também utilizaram técnica de prospecção de cenários como método de pesquisa. Assim, as variáveis que obtiveram coeficiente de variação maior do que 30% foram eliminadas.

Após a aplicação do critério de exclusão, contou-se com 17 variáveis, sendo uma da sustentabilidade social, três da sustentabilidade ecológica, duas da sustentabilidade territorial, seis da sustentabilidade econômica, duas da sustentabilidade política e três referentes a inovação.

Para a classificação das variáveis quanto ao critério de favorabilidade e probabilidade, foi gerada a matriz de eventos proposta por Blanning e Reinig (1998). Assim, foi construído um gráfico bidimensional cuja probabilidade corresponde ao eixo horizontal e a

favorabilidade ao eixo vertical. As médias das notas dos especialistas obtidas por parte de cada variável representam um ponto na matriz de eventos de forma que o quadrante em que cada uma está posicionada determina sua classificação em otimista, realista ou pessimista (BLANNING; REINIG, 1998; SILVA; FORTE, 2016).

Após a construção da primeira matriz de eventos, percebeu-se que todas as variáveis se concentraram no segundo quadrante (médias acima de 50% para os dois critérios analisados), dificultando, assim, a sua classificação nos distintos cenários. Com efeito, procedeu-se à ampliação do segundo quadrante de modo a ser criada a segunda matriz de eventos. Assim, foram considerados os pontos de partida dos eixos X e Y do gráfico os valores de 50% para ambos os critérios (favorabilidade e probabilidade).

De acordo com Machado Neto *et al.* (2008), o cenário otimista engloba os eventos com médias e altas probabilidades de virem a acontecer e que sejam medianamente ou muito favoráveis para o setor. O cenário realista abará os eventos com maior probabilidade de ocorrer e o cenário pessimista compreende os eventos com médias e elevadas probabilidades de acontecer e que sejam prejudiciais ao setor.

Com vistas a clarificar e padronizar o processo de seleção das variáveis para a composição dos cenários, estabeleceram-se os seguintes valores de referência para os critérios de favorabilidade e probabilidade: alta – média a partir de 75%; média – média entre 60 e 74,99% e baixa – média abaixo de 60%.

Desse modo, seguindo os critérios propostos por Blanning e Reinig (1998), que classificaram os cenários em otimista, realista e pessimista, foram propostos os seguintes cenários:

- a) Otimista: variáveis com alta probabilidade e alta favorabilidade ($P > 75\%$ e $F > 75\%$) e variáveis com média probabilidade e alta favorabilidade ($60\% > P < 74,99\%$) e ($F > 75\%$);
- b) Realista: todas as variáveis com alta probabilidade ($P > 75\%$);
- c) Pessimista: variáveis de alta probabilidade e baixa favorabilidade ($P > 75\%$ e $F < 60\%$) e variáveis de média probabilidade ($60\% > P < 75\%$) e baixa favorabilidade ($F < 60\%$).

Para auxiliar e dar embasamento à descrição dos cenários prospectados, foram buscadas notícias em jornais impressos e *on line*, utilizando-se das informações coletadas nas entrevistas exploratórias e pesquisando-se relatórios e artigos científicos que tratam sobre o tema da energia solar fotovoltaica.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta sessão traz o cenário atual da energia solar fotovoltaica no Ceará, a análise das entrevistas com os especialistas, bem como a mostra dos cenários prospectados.

4.1 CENÁRIO ATUAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ

A subseção 4.1 expõe um panorama da energia solar fotovoltaica no Ceará, trazendo algumas fontes de financiamento disponíveis, algumas políticas públicas estaduais de incentivo ao setor e uma síntese da situação estadual referente às gerações centralizada e distribuída.

4.1.1 Fontes de financiamento

No contexto do Estado do Ceará, as principais instituições financeiras que atuam com opções de financiamento para pessoas físicas e/ou jurídicas, especificamente para aquisição e instalação de equipamentos geradores de energia solar fotovoltaica, são: Banco do Brasil (BB), Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Caixa Econômica Federal (CEF) e Banco Santander.

Em referência ao crédito para pessoas físicas, o BNB, apresenta em seu endereço eletrônico (BNB, 2019) o CDC Energias Renováveis. A linha é destinada à aquisição de sistemas de micro e minigeração distribuída de energias renováveis, notadamente a aquisição de painéis solares. Como benefícios, o Banco apresenta: taxas de juros diferenciadas; prazo de até 72 meses para pagar, incluindo até 6 meses de carência; e financiamento de até 100% do valor de aquisição de instalação do bem.

Já para pessoas jurídicas, o BNB oferece o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) Sol, linha de crédito com fonte de recursos FNE, que se destina a financiar sistemas de micro e minigeração distribuída de energias renováveis, para utilização própria do empreendimento. O prazo de financiamento é de até 12 anos, com até um ano de carência.

O BB disponibiliza, para pessoas físicas, linhas de crédito pessoal e consórcio, que podem ser utilizadas para a compra de equipamentos de geração de energia solar

fotovoltaica. No entanto, em consulta realizada no sítio eletrônico (BB, 2019) desta instituição financeira, não foi encontrada linha de financiamento específica para essa finalidade. No que tange ao financiamento para pessoas jurídicas, o Banco disponibiliza o Proger Urbano Empresarial. Essa linha de financiamento tem como fonte de recursos o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), financia até 80% (oitenta por cento) do bem, permite o pagamento em até 72 meses e permite carência de até 12 meses (BB, 2019).

O banco Santander disponibiliza, para pessoas físicas, o CDC Socioambiental Solar que pode ser utilizado para compra e instalação de equipamentos fotovoltaicos. Essa linha de crédito financia até 100% (cem por cento) do valor dos equipamentos e possui prazo de até 48 meses para pagar. Já para pessoas jurídicas, o Banco oferece o CDC Sustentável Solar. Essa linha possui características semelhantes à da linha equivalente para pessoas físicas, diferindo apenas do prazo que, para empresas, se estende até 60 meses (SANTANDER, 2019).

A CEF disponibiliza, para pessoas físicas, o Construcard. Esse é um cartão de crédito destinado à aquisição de materiais de construção, reformas em imóveis residenciais e pode ser utilizado também para aquisição de equipamentos de energia fotovoltaica. Um dos principais diferenciais dessa linha de crédito é o prazo para pagamento, que pode se estender até 240 meses. Em relação às pessoas jurídicas, em consulta ao sítio eletrônico da CEF no dia 17 de novembro de 2018, não foram localizadas linhas de crédito específicas para aquisição de equipamentos para geração de energia solar fotovoltaica (CEF, 2019).

4.1.2 Políticas públicas no âmbito do Estado do Ceará

No tocante às políticas públicas de incentivo à disseminação do uso de energias renováveis, o Estado do Ceará dispõe de alguns dispositivos, dentre os quais se destacam o Fundo de Incentivo à Eficiência Energética (FIEE), isenção de Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) para a energia gerada por micro e minigeração e o Programa de Incentivos da Cadeia Produtiva Geradora de Energias Renováveis (PIER).

O FIEE tem como finalidade promover o desenvolvimento e o financiamento de projetos de eficiência energética destinados a micro e minigeração distribuída de energia elétrica e dar suporte à modernização das instalações elétricas dos órgãos governamentais estaduais, com foco na eficiência energética (FIEC ONLINE, 2017).

O FIEE foi criado pela Lei Complementar nº 170, de 13 de janeiro de 2017. Possui como fonte de recursos, além de dotação orçamentária consignada do orçamento fiscal do Ceará, recursos advindos da economia proveniente de ações de eficiência energética e implantação de micro e minigeração em prédios públicos, doações, dentre outras fontes (FIEC ONLINE, 2017). Na prática, tem-se o indicativo de que esse fundo será utilizado para a instalação de micro e minigeração de energia solar fotovoltaica nos prédios públicos estaduais.

Já no âmbito da política tributária, a Câmara Legislativa estadual aprovou no mês de julho de 2015 a isenção do ICMS para a produção de energia elétrica por micro e minigeradores do Estado do Ceará (CEARA, 2016). A medida beneficia diretamente os micro e miniprodutores de energia que utilizam as fontes solar, eólica, hidrelétrica ou biomassa.

Ainda em referência ao ICMS, o Decreto nº 32.438, de 08 de dezembro de 2017, dispõe sobre o Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará (FDI). O FDI compreende diversos programas e ações promovidos pelo Governo do Estado no sentido de atrair investimentos para a economia cearense (CEARA, 2017).

Dentre os programas instituídos pelo FDI, destaca-se, no escopo do incentivo ao uso de energias renováveis, o PIER. O PIER tem como finalidade o incentivo à disseminação do uso das fontes de energia advindas da biomassa, dos ventos, das marés, da potência gravitacional da água, hidrogênio e solar, por meio de incentivos fiscais para fabricantes de equipamentos utilizados para geração de energia renovável (CEARA, 2017). Posteriormente, o Decreto n. 32.688, de 30 de maio de 2018, estendeu os mesmos incentivos às sociedades empresárias cujo objeto societário seja a geração de energia renovável (CEARA, 2018). Salienta-se que para usufruir dos benefícios do referido programa, as empresas interessadas deverão submeter seus projetos para aprovação da Secretaria de Desenvolvimento Econômico do estado.

4.1.3 Geração distribuída e centralizada

De acordo com a ANEEL (2018), o Estado do Ceará conta com 1.378 unidades consumidoras de energia elétrica com registro de geração distribuída na modalidade solar fotovoltaica espalhadas em 100 municípios, somando um total de 21,6 GW de potência instalada. Ainda segundo o órgão regulador, do total das unidades de micro e minigeração

distribuída instalados no Ceará, 298 (duzentos e noventa e oito) são da classe comercial, 34 da classe industrial, 21 do setor público, 994 de classe residencial e 31 de classe rural.

Em referência à geração centralizada, o Estado do Ceará possui cinco usinas de energia solar fotovoltaica em operação: uma usina no Município de Tauá, com capacidade instalada de 5 GW de potência; e quatro usinas no Município de Quixeré com capacidade de 33 GW de potência cada uma. Há três usinas em fase de construção no Município de Aquiraz com potência outorgada de 27 GW cada. Há ainda outras 14 usinas com a construção não iniciada, das quais nove serão construídas no Município de Limoeiro do Norte e cinco no Município de Caucaia (ANEEL, 2019).

O Quadro 11 traz uma síntese das centrais geradoras fotovoltaicas no Estado do Ceará.

Quadro 11 – Distribuição da geração centralizada fotovoltaica no Ceará.

Cidade	Quant. de Usinas	Potência Associada (KW)	Situação
Tauá	1	5.000	Operacional
Quixeré	4	132.000	Operacional
Aquiraz	3	81.000	Em construção
Limoeiro do Norte	9	270.000	Construção não iniciada
Caucaia	5	120.000	Construção não iniciada

Fonte: ANEEL (2019).

Os números referentes a potência instalada da energia solar fotovoltaica situam o Ceará entre os quatro estados do Brasil com os maiores projetos de geração centralizada (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019). Em relação à geração distribuída, o Ceará ocupa a oitava colocação no Brasil, com potência instalada correspondente a apenas 3,8% do total do País (ABSOLAR, 2019).

4.2 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

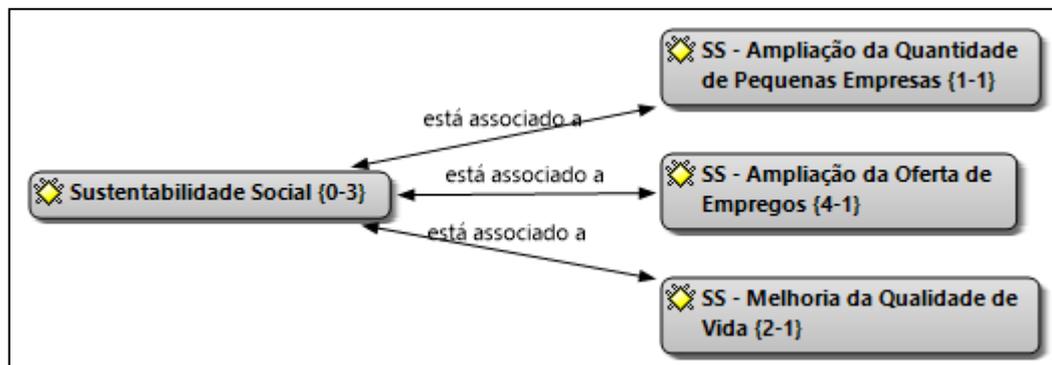
Esta subseção refere-se a análise das entrevistas em profundidade realizadas com os peritos em energia solar fotovoltaica do Ceará. Ressalta-se que elas foram efetuadas no intuito de captar distintas visões sobre o tema pesquisado de forma que as informações extraídas pudessem dar suporte à elaboração do questionário, bem como analisar a energia solar fotovoltaica sob a óptica do modelo de desenvolvimento sustentável proposto por Sachs (2007, 2009).

Assim, na sequência, vem a apresentação e discussão dos subtemas relacionados aos variados aspectos da sustentabilidade propostos por Sachs (2007, 2009).

Sustentabilidade social

Para Sachs (2009), a sustentabilidade social antecede as demais, por ser a própria finalidade do desenvolvimento e objetiva proporcionar melhores condições de vida para as pessoas e reduzir as desigualdades sociais. A Figura 2 apresenta as subcategorias ou variáveis extraídas das entrevistas que se referem à sustentabilidade social.

Figura 3 – Subcategorias da sustentabilidade social



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TI.

O Quadro 12 expressa trechos das falas dos entrevistados que se alinham aos objetivos da sustentabilidade social descrita por Sachs (2009).

Quadro 12 – Segmentos de texto referente a sustentabilidade social

Subcategorias	Segmentos de Texto
Ampliação da oferta de empregos	E1 – [...]você vai ter sim um aumento na demanda por profissionais.
	E1 - É um sistema que requer pouquíssima manutenção. Por conta disso a quantidade de empregos gerados, diretos, é bem baixa.
	E2 – [...]existe realmente esse papel social de ampliar a oferta de empregos [...]
	E5 - Eu acho que isso pode acontecer, com um número maior assim, pra causar empregos na cidade [...]
Ampliação da quantidade de pequenas empresas	E2 – [...] envolver a quantidade de negócios com pequenos empresários.
Melhoria da qualidade de vida	E1 - você tem melhoria de qualidade de vida porque ele pode destinar os recursos que antes eram, fortemente, destinados a energia elétrica, a conta de energia elétrica, você tem esse benefício
	E4 - Porque se você não tiver energia, você não tem qualidade de vida [...]

Fonte: Elaboração própria.

A visão de Sachs (2007) sobre o desenvolvimento é norteada por alguns princípios básicos, dentre os quais estão a elaboração de um sistema social que garanta

emprego e segurança social. Assim, os entrevistados E1, E2, E5 concordam com a noção de que a expansão da geração distribuída de energia na modalidade solar fotovoltaica tem o potencial de elevar a quantidade de empregos no Estado do Ceará. E1, no entanto, ressalva que os empregos demandados serão basicamente para a instalação dos equipamentos, tendo em vista que o sistema, quando em operação plena, requer pouquíssima manutenção. Essa observação encontra amparo na afirmação de Lachini e Dos Santos (2013), quando dizem que o sistema fotovoltaico não requer manutenção pesada além da limpeza da superfície, verificação de conectores e cabos, correção de vandalismo e substituição de peças em virtude de danos mecânicos.

A ampliação da quantidade de empregos no setor de energia solar fotovoltaica está sendo ocasionada, na visão de E2, pelo surgimento de pequenas empresas criadas por novos empreendedores que têm enxergado o potencial crescente do setor.

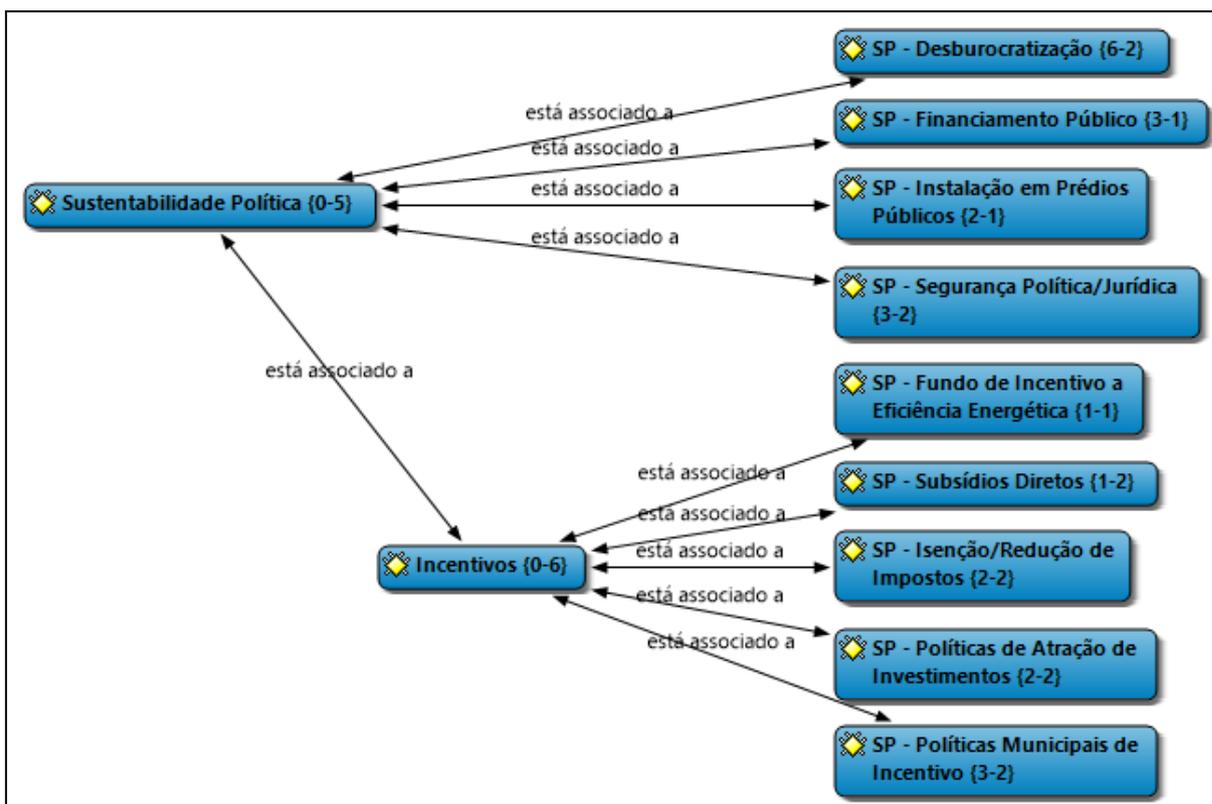
No tocante à melhoria da qualidade de vida em si, E1 e E4 concordam na ideia de que a ampliação do uso da energia solar fotovoltaica pode melhorar a vida das pessoas de forma direta e/ou indireta. Para E1, a energia solar fotovoltaica melhora a qualidade de vida indiretamente, pois a economia na conta de luz pode liberar mais recursos financeiros para as famílias gastarem com outras opções de consumo, como lazer, por exemplo. Já E4 faz ligação direta entre energia e qualidade de vida, apontando que a vida das pessoas é melhorada quando elas têm mais acesso a recursos tecnológicos que, por sua vez, são cada vez mais dependentes da energia elétrica.

Sustentabilidade política

Em referência ao pilar político da sustentabilidade, Sachs (2009) ensina que este é o fundamento, por se tratar da “pilotagem do processo de reconciliação do desenvolvimento com a conservação da biodiversidade”. (P. 72). Assim, considerando o protagonismo da sustentabilidade política como direcionador do desenvolvimento sustentável, foram agrupadas nove subcategorias neste pilar: desburocratização e agilidade nos processos, financiamento por bancos públicos, FIEE, instalação em prédios públicos, isenção/redução de impostos, políticas para atração de investimentos, políticas municipais de incentivo, segurança política/jurídica e subsídios diretos.

A Figura 4 expressa as variáveis ou subcategorias extraídas das entrevistas com os especialistas relacionadas a sustentabilidade política.

Figura 4 – Subcategorias da sustentabilidade política



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TI.

O Quadro 13 confere as subcategorias associadas à sustentabilidade política, juntamente com os principais trechos das falas dos entrevistados relacionados a esse pilar do desenvolvimento sustentável.

Quadro 13 – Sustentabilidade política: trechos das falas

Subcategorias		Segmentos de Texto
Desburocratização		E1 - As políticas de facilitação, de agilidade no trâmite de processos nos órgãos ambientais foram melhoradas.
		E5 - Rapaz, a desvantagem é o governo, a burocracia.
Financiamento público		E3 - Eu acho que uma política pública de financiamento para o pequeno... eu acho que se tipo o Banco do Nordeste fazer um Crediamigo para energia solar
		E5 - Eu fui atrás do BNB e passei seis meses esperando e nada.
Instalação em prédios públicos		E4 - Olha, eu acho que a melhor política pública que pode ser feita com relação a energia solar fotovoltaica é colocar energia solar fotovoltaica nos órgãos públicos [...]
Segurança política/jurídica		E4 - Então se eu coloco placas fotovoltaicas na minha residência sabendo que daqui a dez anos o governo vai criar situações pra mim ser penalizado pelo fato de ter placas fotovoltaicas porque eles estabelecem lei e convencem políticos a mudar, daqui a pouco você vai falar: “pô, eu fiz papel de trouxa!”.
Incentivos	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética	E1 – [...] vai administrar um programa de eficiência energética que permite que os prédios públicos, a partir de um fundo que foi criado, permite que os prédios públicos instalem a sua geração distribuída [...]
	Subsídios diretos	E2 - É fácil até entender que o desenvolvimento se deu mais rapidamente, a gente pode citar o caso da Europa, dos Estados Unidos e Japão, normalmente ocorreram subsídios diretos para incentivar consumidores a produzirem a sua energia.
	Isenção/redução de impostos	E3 - Então hoje, por exemplo, nós já conseguimos a isenção do ICMS no estado do Ceará pra quem gera energia [...]
	Políticas para atração de investimentos	E1 - se você tem energia, você tem condições de atrair novos investimentos com a indústria.
	Políticas municipais de incentivo	E3 - criação de políticas, principalmente municipais que possam incentivar a energia solar nas residências. E3 - condições de maior isenção, sobretudo municipal, por exemplo, sei lá... a gente tem trabalhado isso, mas a criação do IPTU verde, não é?

Fonte: Elaboração própria.

O entrevistado E1, como representante do setor público, explicitou algumas ações do Governo do Estado do Ceará consideradas relevantes para maior disseminação das energias renováveis. Dentre elas, destaca-se a criação do FIEE, que tem, entre outros, o objetivo de implantar a energia solar fotovoltaica nos prédios da Administração Pública Estadual. Ação essa que influi também, diretamente, na sustentabilidade cultural ao passo que possui um caráter formativo e exemplar (E1; E4, 2018).

Outro ponto relevante destacado pelos especialistas é a política tributária no âmbito estadual e municipal, uma vez que os impostos incidentes (ICMS e ISS) contribuem

com encarecimento dos equipamentos e serviços associados à instalação da energia solar fotovoltaica. Quanto a esse ponto E3, (2018) afirma que o SINDIENERGIA, entidade na qual ele atua como um dos diretores, exerceu influência determinante junto ao Governo do Estado do Ceará para isentar a alíquota de ICMS incidente sobre a energia gerada por geração distribuída. E3 (2018) também afirma que o foco agora do sindicato é reduzir o Imposto Territorial Urbano (IPTU) dos imóveis que tenham instalado fontes de energia renovável, o chamado IPTU verde.

Nessa mesma linha, E2 (2018) faz referência a países como Alemanha e Japão, que estão mais avançados do que o Brasil em termos de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, para apontar o efeito impulsionador das políticas federais de incentivo à geração de energia renovável por meio de subsídios diretos. Como exemplo dessa política, Mundo-Hernandez *et al.* (2014) apontam o Governo da Alemanha, que assegurou a aquisição de eletricidade de fontes renováveis aos produtores a um preço fixo durante 20 anos. Para Wang *et al.* (2016), a literatura atual expõe conclusões diferentes sobre se a política de incentivos desempenha um papel positivo na promoção do desenvolvimento sustentável da indústria de energia solar fotovoltaica; no entanto, pelo menos no curto prazo, ela exerce a função de incentivar e promover a produção de energia renovável e aumentar sua demanda de mercado.

A questão dos altos custos dos equipamentos foi levantada por todos os entrevistados. Assim, o financiamento por bancos públicos foi mencionado pelos entrevistados E1, E3 e E5 como possível alternativa para essa barreira, uma vez que, geralmente, os bancos públicos fazem o financiamento com recursos subsidiados, e, dessa forma, as taxas de juros tendem a ser mais atraentes. Porém, o excesso de exigências e burocracia de um determinado banco público foi apontado por E5 como um entrave à concretização do negócio, tendo a sua usina solar fotovoltaica sido financiada pela própria empresa instaladora. A esse respeito, Carvalho, Sá de Abreu e Correia Neto (2017) reforçam a tese de que melhores condições de financiamento e subsídios governamentais são relevantes para impulsionar a disseminação da geração distribuída.

Ainda em referência a burocracia, os entrevistados E1 e E5 divergem quanto aos procedimentos para autorização de implementação de pequenas usinas geradoras de energia solar fotovoltaica junto aos órgãos ambientais. E1, como representante do setor público, afirma que os processos nos órgãos ambientais foram revistos e melhorados, ao passo que E5, como usuário de um sistema de minigeração distribuída amparada na modalidade de

autoconsumo remoto, alega que uma das maiores dificuldades para a implantação da sua usina foi a burocracia estatal. As narrativas divergentes dos dois entrevistados expõem, de um lado, a ânsia do consumidor em ter o seu projeto em pleno financiamento no menor tempo possível e, do outro, a consciência do servidor público de que o processo já foi mais lento e está se aprimorando. Porém, a despeito da divergência inicial, a adoção de procedimentos rápidos e eficazes por parte do poder público para autorizações de projetos dessa natureza é expresso como ponto relevante. Caso contrário, o excesso de burocracia estatal poderá desestimular potenciais usuários a migrar para fontes renováveis.

Outro aspecto considerado relevante pelos entrevistados E1 e E2 foi a disponibilidade de energia elétrica como meio de atração de novos investimentos para o Estado do Ceará, uma vez que a falta de regularidade no fornecimento ou a insegurança energética prejudicam o processo produtivo e geram prejuízos às organizações. De efeito, políticas públicas de incentivo à ampliação da oferta de energia elétrica mostram-se fundamentais para garantir o crescimento dos setores da indústria, comércio e serviços no Estado. Tal constatação encontra suporte no estudo de Lacchini e Dos Santos (2013), quando acentuam que o desenvolvimento contínuo da sociedade revela sua intensiva dependência em energia elétrica para sustentar o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) anual.

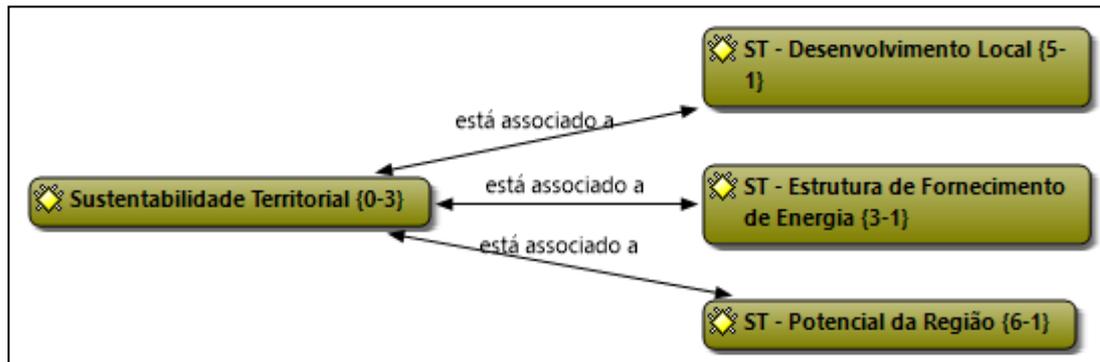
A atração de investidores, bem como a ampliação da quantidade de usuários da energia solar fotovoltaica, também dependem do compromisso do poder público em não alterar as regras do setor elétrico à medida que surjam novas pressões de grupos dos diversos grupos de interesse. Nesse aspecto, E4 aponta a segurança jurídica/política como aspecto significativo nesse processo de disseminação da energia solar fotovoltaica.

Sustentabilidade territorial

Para haver a sustentabilidade territorial, Sachs (2009) assevera que as estratégias para o desenvolvimento devem levar em consideração as configurações econômicas, sociais e culturais das localidades, devendo inclusive levar em conta a participação dos agentes envolvidos.

A Figura 5 traz as subcategorias ou variáveis extraídas das entrevistas com os especialistas referentes a sustentabilidade territorial.

Figura 5 – Subcategorias da sustentabilidade territorial



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TI.

Considerando as observações de Sachs (2009) descritas anteriormente sobre a sustentabilidade territorial e as suas especificidades no que diz respeito às regiões rural e urbana, o Quadro 14 contém alguns segmentos das entrevistas relacionados às subcategorias pertinentes a esse pilar do desenvolvimento sustentável.

Quadro 14 – Segmentos de texto referente a sustentabilidade territorial

Subcategorias	Segmentos de texto
Desenvolvimento local	E3 - A energia solar no estado do Ceará hoje está mudando o cenário em muitos municípios com relação a, não a geração distribuída, mas a geração centralizada.
	E3 - porque não sei se você sabe, onde você pode instalar grandes usinas de energia solar são locais onde não se consegue plantar ou se criar calango, como diz o cearense.
	E4 - Então ela pode te dar, inclusive, uma capacidade de ser independente, uma comunidade, uma cidade independente [...]
	E4 - Eu consigo, consigo ver a energia solar fotovoltaica instalada em qualquer local. Até se você quiser ter uma comunidade isolada no meio da caatinga onde não tem acesso nenhum, você pode ter, porque você vai ter energia ali, e com energia você consegue processar, por exemplo, uma das coisas mais importantes na caatinga que é a água.
Estrutura de fornecimento de energia	E2 - [...] a energia solar fotovoltaica associada a essas outras tecnologias, naturalmente, do desenvolvimento das técnicas que permitem você fazer controle de carga, controle de micro redes, a internet das coisas, o big data, tudo isso aí vai causar uma transformação da estrutura de fornecimento de energia. Então essa estrutura hoje, que você tem uma geração, uma transmissão, uma distribuição para o consumidor, isso vai mudar.
	E2 - [...] você vai ter condições em que os consumidores podem se inserir como produtores e como consumidores ao mesmo tempo e isso vai transformar completamente essa estrutura de formação, de distribuição de energia.
	E2 - Isso aí vai transformar, vai transformar as cidades, vai transformar a economia, não é?
Potencial da região	E1 - [...] nordeste é um dos maiores consumidores em potencial, pelo seu potencial de energia solar e eólica [...]
	E2 - O estado do Ceará e o Nordeste como um todo, tem condições excepcionais pra produção de energia eólica e a energia solar.
	E4 - O Nordeste, ele por natureza, ele tem um potencial incrível na energia eólica, na energia solar fotovoltaica.
	E4 - [...] o Ceará é uma situação extremamente favorável porque a gente tem altíssima eficiência, altíssima eu quero dizer quatorze, quinze por cento. Porque nós temos aqui regime de vento e o vento resfria a placa, resfriando a placa ela aumenta a eficiência, mas esse aumento é de dois, três por cento.
	E5 - Aqui tem sol o ano inteiro.

Fonte: Elaboração própria.

A distribuição equilibrada de assentamentos humanos e atividades é considerada por Sachs (2009) como um dos objetivos do desenvolvimento territorial. Nesse aspecto, a redução de desigualdades entre as regiões é ponto importante de análise. Sendo assim, E3 e E4 mencionaram o potencial da geração centralizada de energia solar fotovoltaica de ajudar a alavancar o desenvolvimento de regiões mais pobres do estado.

Nesse sentido, E3 afirma que grandes usinas de energia solar fotovoltaica podem ser construídas em locais onde, geralmente, não se planta nada devido à seca que assola o Nordeste do Brasil. Tal observação coaduna com a visão de Lacchini e Dos Santos (2013) quando exprimem que uma das vantagens dessa fonte renovável é o uso de terras degradadas ou não disponíveis para a agricultura.

Além do que foi destacado no Quadro 14 sobre a visão do entrevistado E3, cabe evidenciar o fato de este identificar que as grandes usinas como tendo o potencial, pelo menos na sua fase de construção, de alavancar a economia das pequenas cidades, que desenvolvem uma cadeia de comércio e serviços no entorno do canteiro de obras para atender eventuais necessidades dos trabalhadores que lá estão atuando. E3 exemplificou essa informação mencionando a construção da usina Sol do Futuro no Município de Aquiraz no Ceará:

Pra você ver, eu tive sobrevoando o município lá em Aquiraz essa semana e eu verifiquei a mudança até da economia, os caminhões, carros, depois eu descii, conversei com a comunidade, muitos restaurantes, pequenas lanchonetes, pequenos mercadinhos, até pousada tá se criando lá exatamente para atender aquela demanda da construção daquela usina que é um negócio monstruoso. (E3, 2018).

No que diz respeito ao acesso à energia elétrica por comunidades isoladas, E4 afirma que a energia solar fotovoltaica pode resolver esse problema. Porém, E1 observa que, atualmente, existem pouquíssimas localidades no Nordeste do Brasil não atendidas pela rede de distribuição: “Essa justificativa aqui no Nordeste já não é mais tão viável porque o Programa Luz Para Todos resolveu uma parcela sensível desses problemas” (E1, 2018). Essa informação é corroborada pelo estudo de Oliveira (2013), quando o autor assinala que, apesar da dificuldade de implementação dessa política pública em alguns estados do País, o programa atingiu 96% do objetivo inicial.

Ponto observado por E2 relacionado à melhoria do ambiente urbano coincide com as possíveis alterações na estrutura de fornecimento de energia, com a eliminação das grandes redes de distribuição que poderão se tornar desnecessárias, à medida que a geração distribuída de energia seja mais amplamente disseminada. Ele mencionou não só a alteração das

estruturas de fornecimento, como também a dinâmica envolvida na comercialização de energia elétrica, de forma que os consumidores se tornarão também produtores de energia.

Outro aspecto consensual suscitado por quase todos os entrevistados foi o potencial do Estado do Ceará para a geração de energia solar fotovoltaica. Para E1, E2, E4 e E5 o Ceará tem condições de sol e vento privilegiadas, de forma que se consegue aproveitar significativamente a eficiência dos módulos solares, fato esse que poderá fazer com que o Estado seja menos dependente do acionamento de usinas termelétricas, por exemplo.

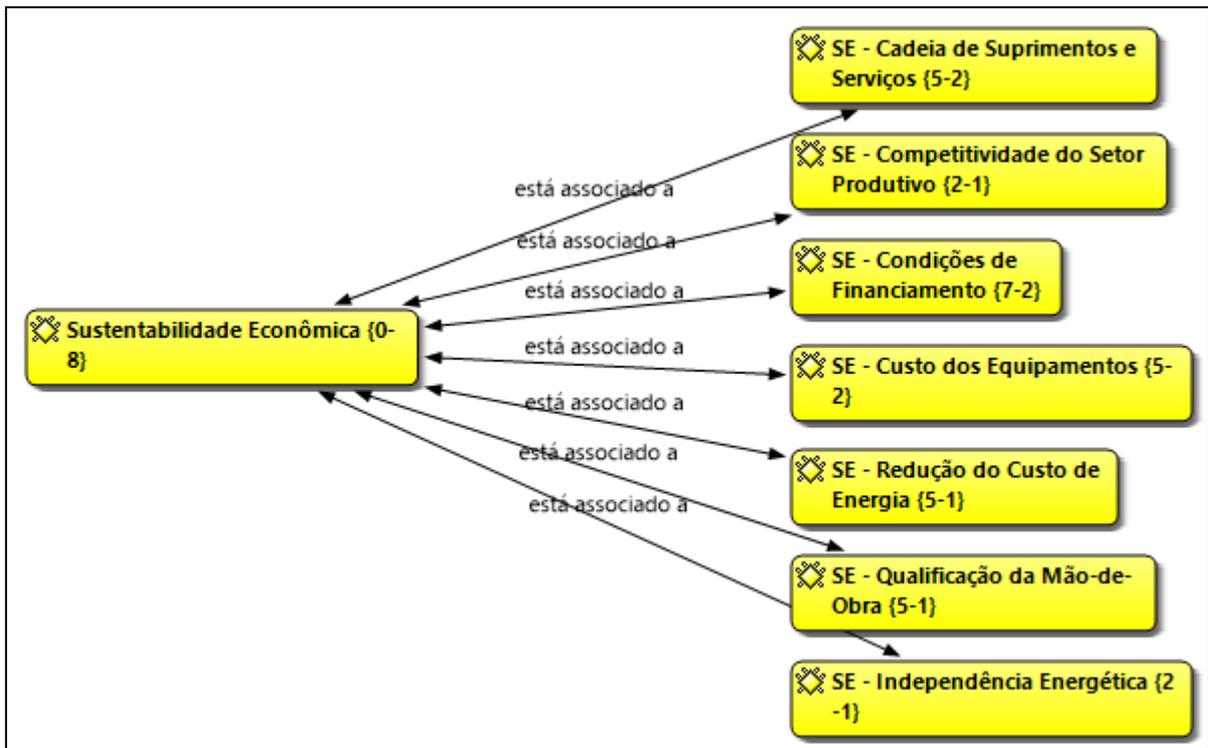
Observa-se nessa categoria (sustentabilidade territorial) alinhamento entre o potencial do Estado do Ceará para a energia solar fotovoltaica e a visão de desenvolvimento proposta por Sachs (2007) quanto às escolhas favoráveis à dinâmica de cada região, utilizando-se tecnologias adequadas e menos agressivas ao meio ambiente.

Sustentabilidade econômica

O desenvolvimento sustentável demonstra incompatibilidade com o “jogo sem restrições das forças do mercado” (SACHS, 2009, p. 55). No entanto, o autor afirma que o crescimento econômico é condição necessária para o efetivo desenvolvimento. Daí, revela-se o desafio em combater o mau desenvolvimento, que enseja desigualdades sociais, pobreza e desemprego e estimular o desenvolvimento endógeno, autossuficiente, orientado para as necessidades e em harmonia com a natureza (SACHS, 2008, 2009).

A Figura 6 destaca as subcategorias ou variáveis relacionadas a sustentabilidade econômica que foram extraídas das entrevistas com os especialistas.

Figura 6 – Subcategorias da sustentabilidade econômica.



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TL.

No Quadro 15 estão as subcategorias relacionadas a esse pilar do desenvolvimento, bem como os principais trechos das entrevistas a elas referidas.

Quadro 15 – Segmentos de texto referentes a sustentabilidade econômica

(continua)

Subcategorias	Segmentos de texto
Cadeia de suprimentos e serviços	E1 - na realidade vamos falar de cadeia de negócios associada a energia solar fotovoltaica, você vai ter sim impacto na economia.
	E1 - [...] que a gente tem que dar atenção não só a venda de painéis solares, mas a cadeia de serviço que vem posterior a essa venda de painéis solares [...]
Competitividade do setor produtivo	E1 - Porque se a energia elétrica é barateada você também acaba fortalecendo a competitividade do teu setor produtivo.
Condições de financiamento	E1 - Depende das condições de financiamento.
	E3 - Aí, o primeiro grande desafio do empresário que trabalha na área é conseguir linhas de financiamento que possam ser compatíveis com o cliente, né?
Custo dos equipamentos	E1 - eu preferiria usar outro termo que tem a ver com o preço dela. Hoje ele é proibitivo.
	E2 - [...] a barreira que ocorre é só porque pra você usufruir desse benefício precisa fazer um investimento inicial e não são... não é todo mundo que dispõe de recursos e de crédito para fazer esse investimento inicial [...]
Redução do custo de energia	E4 - [...] aí você vai ficar do quinto ano até o trigésimo ano tendo energia de graça.
	E1 - Porque eu reduziria meus custos de produção.
Qualificação da mão-de-obra	E1 - Hoje você tem uma quantidade gigante de cursos de instaladores de painéis fotovoltaicos, cursos que são de fim de semana e que formam de modo extremamente deficiente alguns profissionais e esses profissionais tendo sido formados de maneira deficiente, eles têm o potencial enorme de manchar essa cadeia de negócios em renováveis. Manchar por um serviço mal feito.
	E4 - Nós temos de ter engenheiros especializados, nós temos de ter técnicos especializados [...]

Quadro 15 – Segmentos de texto referentes a sustentabilidade econômica

(conclusão)

Subcategorias	Segmentos de texto
Independência energética	E2 - mas você imagina que hoje você paga um aluguel a Enel, mas é um aluguel que você não sabe o preço amanhã, porque ela tá um preço hoje o teu KW, ano que vem tá outro preço mais caro e sempre mais caro. No momento em que ele gera energia, ele zera isso porque a moeda dele passa ser o KW/h, não é?
	E4 - O KW/h da energia elétrica aqui no Ceará é um dos mais caros do Brasil, teve uma época que chegou a 82, 83 centavos cada KW/h. Quase três o KW/h dos Estados Unidos, o dobro de alguns estados do Brasil. Então, se o empresário tem a sua independência energética [...]

Fonte: Elaboração própria.

No sentido de estímulo à economia ocasionado pelo crescimento do setor de energia solar fotovoltaica, E1, E2 e E4 apontam quatro possíveis consequências: o desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços; a ampliação da competitividade das empresas; a redução dos custos de energia e o aparecimento de mais empreendedores.

A primeira vem para suprir a necessidade por itens acessórios como suportes, cabos, conectores e os serviços associados. Essa demanda associada, também encorajar novos empreendedores a atuar na área e pode gerar um ciclo de crescimento ao redor do setor da energia solar fotovoltaica. Outra consequência associada ao crescimento do setor apontada por E1 é que a própria redução da conta de energia, no caso para as empresas adotantes, faz com que os seus custos de produção diminuam e esse fato pode influenciar diretamente na competitividade dessas empresas por meio da diminuição dos preços dos produtos e/ou serviços por elas ofertados.

Foi observado, também, pelos especialistas E1, E2, E3 e E4, que, para haver a efetiva expansão da energia solar fotovoltaica algumas condições são necessárias, tais como condições de financiamento mais favoráveis e redução dos custos dos equipamentos. Tal observação é corroborada por Borges, Chotoe e Varela (2014) quando explicam que os critérios econômicos ainda prevalecem na decisão sobre a adoção de práticas sustentáveis.

Nesse sentido, apesar de Lacchini e Dos Santos (2013) afirmarem que os custos de geração fotovoltaica diminuíram consideravelmente nos últimos anos em razão do desenvolvimento tecnológico continuado e da expansão do mercado, E1 e E2 ainda apontam o elevado preço dos equipamentos como uma barreira para maior disseminação dessa fonte energética. Como possível solução para esse problema, E1 e E3 indicam a necessidade de melhorias nas condições de financiamento, como taxas de juros mais atraentes e prazos mais alongados: “Ainda não há um desenho que possibilite esse investimento com amortizações de

longo prazo, pelo menos com prazos compatíveis com o tempo de retorno”. (E1, 2018). Sobre melhores condições de financiamento, Carvalho, Abreu e Correia Neto (2017) afirmam que é um dos requisitos mais relevantes para impulsionar a geração solar fotovoltaica distribuída.

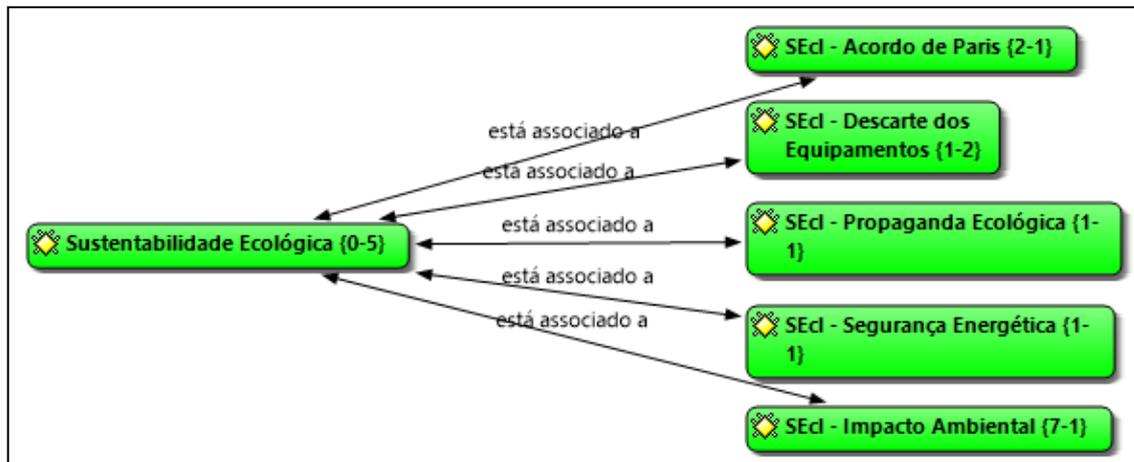
Em relação à necessidade de mão de obra qualificada, E1 e E4 indicaram a urgência e a relevância da existência de cursos de boa qualidade para a formação dos profissionais que atuarão no segmento da energia solar fotovoltaica, profissionais tanto de nível técnico como de nível superior. E1 chegou a apontar que profissionais mal qualificados podem atrapalhar de maneira significativa a expansão desse setor. No entanto, E1 afirma que já existe uma iniciativa do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) no sentido de melhorar a qualidade do trabalho dos profissionais: “É uma espécie de prova unificada que dá uma certificação especial para o instalador” (E1, 2018).

Outro ponto considerado relevante pelos entrevistados E2 e E4 foi a possibilidade de os usuários da energia solar fotovoltaica desobrigarem-se de, pelo menos em parte, pagar as altas tarifas de fornecimento de energia elétrica cobradas pelas concessionárias. Para eles, a autogeração possibilita que os consumidores estejam também protegidos das variações de preço das tarifas, uma vez que, pelo mecanismo de *net metering* adotado pela REN nº 482 da ANEEL, permite que haja compensação das eventuais diferenças entre a energia gerada e a consumida. Tal característica foi denominada pelos entrevistados de independência energética.

Sustentabilidade ecológica

Haja vista a compreensão de Sachs (2004, 2009) sobre a sustentabilidade ecológica como a ampliação da capacidade de regeneração da natureza, por meio da substituição de combustíveis fósseis por opções renováveis, diminuição do volume de resíduos, redução da poluição e expansão do consumo consciente, a Figura 7 representa as subcategorias ou variáveis extraídas das entrevistas relacionadas a sustentabilidade ecológica.

Figura 7 – Subcategorias da sustentabilidade ecológica



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TI.

O Quadro 16 exhibe as subcategorias vinculadas à vertente ecológica da sustentabilidade, juntamente com os trechos das falas dos entrevistados que remetem a cada uma das subcategorias.

Quadro 16 – Segmentos de textos referentes a sustentabilidade ecológica.

Subcategorias	Segmentos de texto
Acordo de Paris	E2 – [...] no caso aqui do Ceará e dos estados do Nordeste que dispõem de um potencial gigantesco de geração renovável, então nos interessa muito que esses conceitos do Acordo de Paris sejam preservados.
	E2 - Então é uma busca de todos os países, principalmente depois que assinaram aquele Acordo de Paris para substituir as suas... nas suas matrizes energéticas [...]
Descarte dos equipamentos	E4 - O que fazer com isso daqui a 25, 30 anos? É um problema sério. Vai ser lixo.
Propaganda ecológica	E5 – [...] a empresa se tornar uma empresa verde, uma empresa que tá contribuindo com o meio ambiente.
Segurança energética	E3 - Porque até quando ainda era alternativa ainda se tinha muita insegurança dela entrando na matriz energética do Brasil e hoje já não se tem mais.
Impacto Ambiental	E1 - De longe ela é vantajosa em termos de preço e em termos de impactos ambientais.
	E2 – [...] nos interessa muito a redução da emissão de gases poluentes [...]
	E3 – [...] hoje a energia solar fotovoltaica ela tende ser o maior potencial não só de geração de energia, mas de não contaminação e de não emissão de gases poluentes [...]
	E3 - Então energia solar ela tende a fazer esse trabalho, que é um trabalho de melhoria da matriz energética e limpeza realmente da nossa matriz energética [...]

Fonte: Elaboração própria.

Durante a entrevista com o especialista E2, dada a nova conjuntura política do País, foi suscitado o risco de o Brasil sair do Acordo de Paris. Para o especialista, como consultor na área de energias da FIEC, ele admite que é do interesse do Ceará a permanência do Brasil no acordo, não só pela promoção da limpeza da matriz energética, como também por questões estratégicas de desenvolvimento econômico, considerando o grande potencial do estado para a energia solar fotovoltaica.

No tocante à possível poluição ocasionada pelos equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica, Lacchini e Dos Santos (2013) afirmam que é difícil encontrar efeitos negativos no processo de geração de energia; no entanto, E4 demonstrou considerável preocupação com o descarte dos equipamentos obsoletos após a sua vida útil, considerado a existência de metais pesados em sua constituição.

O discurso da sustentabilidade e da responsabilidade social está cada vez mais ocorrente nas corporações, seja para demonstrar maior transparência ou comprometimento com o bem-estar da comunidade ou elevar a possibilidade de maximização dos lucros (BANERJEE, 2003, 2008). Nessa lógica, E5, como empresário adotante da energia solar fotovoltaica, apontou o *marketing* verde um dos motivos para a decisão de utilizar essa fonte energética.

A progressiva substituição de uma matriz energética poluidora para uma limpa depende também da confiabilidade desta última. Sobre o tema da segurança energética, Borges, Chotoe e Varela (2014, p. 104) entendem que “[...] as condições de disponibilidade de energia elétrica em quantidade, qualidade e custos competitivos determinam a capacidade das sociedades assegurarem determinado padrão de vida”. Nesse sentido, E3 opina que a energia solar fotovoltaica deixou de ser alternativa e atualmente é uma fonte segura e confiável, dadas a existente e as condições geográficas e climáticas favoráveis da região Nordeste.

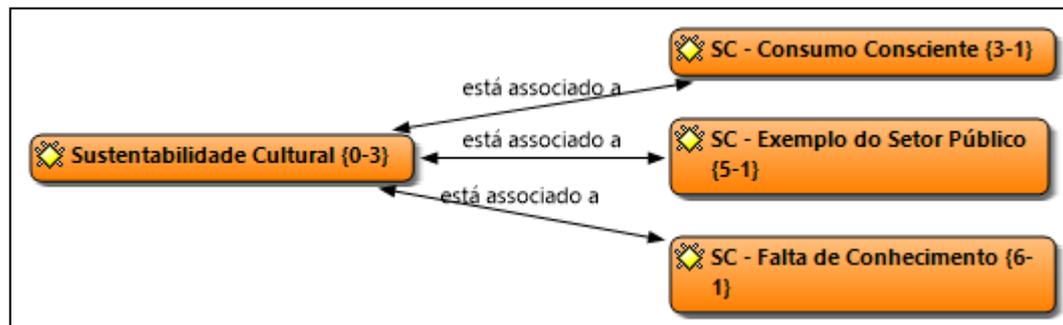
Existe um amplo consenso de que as energias renováveis, especialmente na modalidade de geração distribuída, estão aptas a responder às mudanças climáticas (COOPER, 2016). Desse modo, os especialistas E1, E2 e E3 concordaram com ideia de que a ampliação do uso da energia solar fotovoltaica exerce esse papel de reduzir os impactos ambientais por não emitir gases de efeito estufa durante a geração.

Sustentabilidade cultural

Com vistas a clarificar e melhor definir as variadas vertentes da sustentabilidade, Sachs (2009) definiu, entre outros, os critérios da sustentabilidade cultural como mudanças no interior da comunidade, respeitando o equilíbrio entre tradição e inovação, capacidade de autonomia para a formulação de um projeto nacional integrado e endógeno e autoconfiança associada a abertura para o mundo. Considerando a visão de Sachs (2007, 2009) para o

aspecto cultural do desenvolvimento sustentável, a Figura 8 exhibe as subcategorias extraídas das entrevistas com os especialistas.

Figura 8 – Subcategorias da sustentabilidade cultural



Fonte: Elaborada própria com o uso do *software* Atlas/TI.

O Quadro 17 exhibe as subcategorias juntamente com trechos das entrevistas relacionados a sustentabilidade cultural levantadas desde a codificação.

Quadro 17 – Segmentos de texto referentes a sustentabilidade cultural.

Subcategoria	Segmentos de texto
Consumo consciente	E2 - [...] olhe, é uma forma de energia que tá sendo disseminada no mundo todo, todos os consumidores aceitam, entende?
Exemplo do setor público	E1 - tem uma espécie de, de impacto formativo, porque se nos seus prédios você... nos prédios públicos você instala, você, por exemplo, cria uma cultura de uso dessas energias, dessas fontes energéticas.
	E4 - a pessoa já nasce e cresce vendo isso como uma coisa natural.
Falta de conhecimento	E3 - [...] as pessoas têm a energia solar ainda, infelizmente como algo novo, né?
	E4 - [...] só não tá tendo mais investimento assim mais agressivamente, é porque o pessoal tem ignorância disso.
	E4 - [...] quando você vê um sistema fotovoltaico, você não acredita que aquilo consiga produzir eletricidade.

Fonte: Elaboração própria.

Fundamentando-se na visão de Sachs (2007, 2009) sobre a sustentabilidade cultural que representa o apoio a processos de mudança no sentido da continuidade cultural que respeite as especificidades de cada ecossistema e de cada cultura, percebe-se a relevância da introdução gradual das inovações tecnológicas no âmbito das comunidades. Nesse sentido, os especialistas E1, E2 e E4 apontaram a disseminação do costume do consumo consciente, inclusive pelo ente público, e as políticas públicas como potenciais apoiadores da mudança no padrão de consumo da energia solar fotovoltaica.

Referindo-se ao consumo consciente, E1 e E2 afirmam que as energias renováveis já são uma realidade em muitos países desenvolvidos. Sobre a relevância das fontes renováveis, E1 (2018) chega a decretar que “[...] o cenário já chegou tal que, ou a gente

diversifica nossa matriz energética, ou a gente entra fortemente na solar e eólica ou a gente não vai ter energia”. Pode-se, portanto, depreender da declaração de E1 que a mudança da matriz energética é algo inexorável e que a sociedade ou adotará uma fonte renovável por consciência ambiental ou pela própria escassez de outras fontes não renováveis.

Já com relação às políticas públicas como indutoras do processo de mudança cultural, E1 e E4 concordam que a instalação da energia solar fotovoltaica em prédios públicos pode ser um facilitador para o processo de “aculturação psicológica” da sociedade. Referindo-se a esse processo, Berry (1997) ensina que se trata de aprendizado e adaptação de longo prazo que ocorrem em um indivíduo ou grupo em resposta às demandas ambientais. Dessa forma, o poder público poderá liderar o processo de mudança cultural da sociedade rumo à sustentabilidade por meio do próprio exemplo.

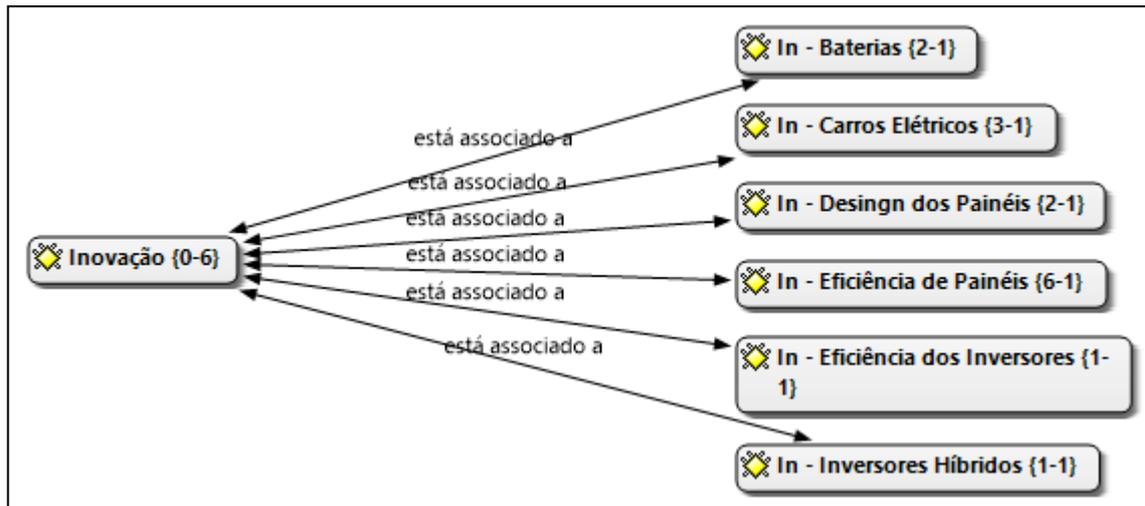
Outro fator relacionado à sustentabilidade cultural extraído das entrevistas com os especialistas foi, ainda, a falta de conhecimento da população sobre a energia solar fotovoltaica. Acerca desse aspecto, E3 e E4 afirmaram que o desconhecimento e a incredulidade sobre a confiabilidade desse tipo de energia ainda são barreiras para sua maior disseminação. E3, como empreendedor do setor, chega a afirmar que o primeiro obstáculo que enfrenta não é o custo dos equipamentos e sim o próprio desconhecimento sobre o sistema: “Eu acho que a preocupação dos consumidores não é se é caro ou barato, é se funciona ou não, e como funciona”. (E3, 2018).

Ante o exposto, percebe-se a relevância da implantação de uma conscientização da população sobre a necessidade de se adotar fontes renováveis de energia e clarificar o seu funcionamento para que a população se sinta segura e confortável em adotá-las. No entanto, esse processo deve ser conduzido de forma natural e gradual de forma que não haja imposição e se respeitem as especificidades culturais de cada região.

Inovação

A contribuição da ciência contemporânea é fundamental para se pensar em novo formato de civilização, baseada no uso sustentável dos recursos naturais (SACHS, 2009). Com suporte nessa premissa, são mostradas na Figura 9 as variáveis associadas à categoria de inovação.

Figura 9 – Variáveis referentes a inovação



Fonte: Elaboração própria com o auxílio do *software* Atlas/TI.

Estão no Quadro 18 as principais inovações tecnológicas, apontadas pelos especialistas, que poderão fomentar o setor da energia solar fotovoltaica.

Quadro 18 – Segmentos de texto referentes a inovação

Baterias	E1 - Há uma promessa gigante aí de inovação que é com baterias, aquela empresa Tesla tá propagandeando muito.
Carros Elétricos	E2 - um fator primordial nesse processo é a mobilidade elétrica, que tá vindo aí com tudo e aí a mobilidade elétrica só se justifica também porque a fonte de energia vem a ser uma energia renovável.
Design dos Painéis	E3 - Hoje a gente tá vendo painéis em cima do telhado, daqui a pouco você vai ver as fachadas dos edifícios com vidro solar, tá certo?
Eficiência dos Painéis	E3 - Então tem criado tecnologias onde cada vez mais os painéis tão com potências maiores e, conseqüentemente, geram mais energia.
Eficiência dos Inversores	E3 - Mas eu acho que a grande virada tecnológica foi em termos de inversores, que é praticamente o coração de um sistema [...]
Inversores Híbridos	E3 - Porque ainda não foi permitido pela, pelos órgãos que controlam essa área. Mas, por exemplo, inversores híbridos, inversores que geram energia de modo <i>on grid</i> e <i>off grid</i> , ou seja, ligado e desligado à rede, você não fica dependendo da rede elétrica.

Fonte: Elaboração própria.

Há, na visão dos especialistas E1, E2 e E3, uma intensiva correlação entre o desenvolvimento de baterias mais eficientes e leves e a indústria de carros elétricos ou híbridos. Na opinião deles, o elevado investimento em pesquisa, principalmente por parte da indústria automobilística Tesla, tende a beneficiar o setor da energia solar fotovoltaica.

Para tanto, vale lembrar que a energia solar fotovoltaica funciona de modo intermitente, dependendo, obviamente, da luz do sol para gerar a energia. Assim, a energia gerada durante o dia poderá ser armazenada nessas baterias para utilização no período noturno ou em dias chuvosos. Isto posto, percebe-se que o benefício do surgimento de baterias mais

eficientes será mais percebido no caso dos sistemas fotovoltaicos que funcionam *off grid*, ou seja, a sua utilização poderá, em um futuro próximo, desobrigar os consumidores do uso da energia elétrica oriunda das concessionárias públicas e, assim, isentá-los de pagar a conta de energia, bem como protegê-los das variações de preço da tarifa.

Outro aspecto referente aos carros elétricos levantado pelo especialista E2 foi a própria essência desse meio de transporte. Como uma inovação sustentável, desenvolvido para ser ambientalmente correto, ou seja, que objetiva o desenvolvimento sustentável por meio da redução dos impactos ambientais (PINSKY *et al.*, 2015), só se justifica a sua existência se ele for alimentado por fontes renováveis de energia. Dessa forma, a energia solar fotovoltaica cumpre esse papel complementar de dar suporte à ampliação do uso desse meio de transporte.

Quanto à concepção de artigos que convergem para a incorporação de novas tecnologias ao escopo do desenvolvimento sustentável, o especialista E3 apontou as principais tendências ligadas aos equipamentos de geração da energia solar fotovoltaica, tais como painéis fotovoltaicos e inversores de frequência mais eficientes. Tal observação encontra amparo no trabalho de Moro *et al.* (2018), quanto às principais pesquisas na área da energia solar fotovoltaica.

Com relação aos painéis fotovoltaicos disponíveis comercialmente na atualidade, E4 afirma que a eficiência, no melhor dos casos, se aproxima de 15%: “[...] em função da tecnologia de hoje, que te tá dando uma eficiência de quatorze, quinze por cento aqui no Ceará [...]” (E4, 2018). No entanto, Nazeerudin (2016) e Kumar e Kumar (2017) informam que há pesquisas em andamento sobre células fotovoltaicas que podem atingir eficiência de até 32%. Depreende-se, neste caso, que a disponibilização no mercado de placas fotovoltaicas mais eficientes tendem a diminuir os custos de implantação dessa energia renovável, à medida que menos placas serão necessárias para a obtenção da mesma potência instalada.

Nessa mesma linha de redução de custos, E3 também apontou a modernização dos inversores de frequência, itens fundamentais para a transformação da corrente contínua (gerada pelas células fotovoltaicas) em corrente alternada (utilizada pela maioria dos equipamentos elétricos de uma residência). Observa-se que o inversor de frequência é um dos itens mais caros que compõem o sistema de geração fotovoltaica (CARVALHO; ABREU;

CORREIA NETO, 2017) e pesquisas que apontem a criação de equipamentos mais modernos e eficientes também tendem a baratear o custo total do sistema.

Seguindo ainda com a tecnologia dos inversores, E3 também mencionou a possibilidade de chegarem ao mercado brasileiro os inversores híbridos. Tal acontecimento, segundo ele, depende apenas da autorização dos órgãos reguladores. Esses equipamentos têm a vantagem de permitir a utilização da energia solar fotovoltaica de modo *on grid* e *off grid*. Essa característica torna-se relevante, à medida que uma unidade produtora de energia solar fotovoltaica pode se tornar totalmente independente da rede elétrica pública durante um episódio de falta de energia, por exemplo.

Outro exemplo de inovação sustentável, impulsionado pela demanda (PINSKY *et al.*, 2015), são os painéis solares mais finos e flexíveis que podem ser incorporados aos vidros e fachadas dos prédios. Essa é outra tendência apontada por E3 e corroborada pelo trabalho de Moro *et al.* (2018). Neste caso, uma das grandes barreiras para a disseminação da energia solar fotovoltaica e ratificada pelo entrevistado E5, a falta de espaço seria sobrepujada. A esse respeito E5 (2019) comenta: “[...] aí muita gente quer botar dentro do apartamento, mas não tem como [...]. Azadian (2013) concorda que, entre os parâmetros a serem observados pelos projetistas, além do desempenho energético, é a integração à fachada dos prédios e ao envidraçamento.

Apesar de Sachs (2007, 2009) não destacar a inovação como uma das dimensões da sustentabilidade, considera-se pertinente acrescentar este aspecto, tendo em vista que o próprio autor entende que o acesso a tecnologias é dos itens essenciais ao desenvolvimento (SACHS, 2008). Além disto, vários autores também associam o tema à sustentabilidade, tais como Barbieri *et al.* (2010), Cooper (2016), Pinsky *et al.* (2015), entre outros.

Nesta fase, foram levantadas, por meio da análise das entrevistas, as variáveis relacionadas à energia solar fotovoltaica, tendo como parâmetros de análise as dimensões do desenvolvimento sustentável propostas por Sachs (2007, 2009). Para facilitar a identificação das variáveis, utilizou-se também como referência os temas e subtemas extraídos dos estudos sobre sustentabilidade que constam no Apêndice A. Porém, novos subtemas emergiram das entrevistas, tais como: oferta de empregos, exemplo do setor público, desconhecimento como barreira para expansão, Acordo de Paris, alteração na estrutura das redes de distribuição de

energia e os subtemas ou variáveis relacionadas à inovação (baterias mais eficientes e carros elétricos). Todos são considerados relevantes para o contexto da energia solar fotovoltaica.

4.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

A subseção 4.3 oferece o resultado da aplicação dos questionários contendo as 36 variáveis relacionadas às categorias de sustentabilidade - social, cultural, ecológica, territorial, econômica, política e inovação. No instrumento de coleta, os especialistas tiveram a oportunidade de atribuir pesos às variáveis em relação aos critérios de pertinência, favorabilidade e probabilidade. A coleta de dados ocorreu no período compreendido entre os dias 06 e 21 de fevereiro de 2019 e obtiveram-se 13 questionários respondidos na sua integralidade.

4.3.1 Análise do perfil dos respondentes e apresentação do critério de pertinência

Inicialmente, o instrumento de coleta pede a área de atuação e o tempo de experiência com energia solar fotovoltaica. A identidade do respondente, por sigilo da pesquisa, não será revelada. A Tabela 1 mostra a quantidade de respondentes por área de atuação.

Tabela 1 – Respondentes por área de atuação

Área de Atuação	Quantidade de Respostas
Professor/pesquisador	5
Empreendedor do ramo de energia solar	4
Usuário da energia solar fotovoltaica	2
Membro da Federação das Indústrias do Estado do Ceará	4
Representante do setor público	1
Outros	2

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na Tabela 1 a soma da quantidade de respostas ultrapassa o número de respondentes. Isso decorre da possibilidade de seleção de mais de uma opção. Neste caso, alguns respondentes declararam-se, por exemplo, professores/pesquisadores e empreendedores ao mesmo tempo. Os dois respondentes que declararam outra área de atuação que não as listadas no questionário (Apêndice F) são engenheiros eletricitas, um dos quais declarou ser funcionário da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF).

A Tabela 2 expressa o tempo de experiência declarado pelo respondente. Este item foi dividido em uma escala com três opções: até cinco anos, de seis a dez anos e mais de dez anos.

Tabela 2 – Tempo de experiência dos respondentes.

Tempo de Experiência	Número de Respondentes	Percentual
Até 5 anos	7	53,85%
De 6 a 10 anos	1	7,69%
Mais de 10 anos	5	38,46%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

A Tabela 2 denota que mais da metade dos especialistas consultados possui até cinco anos de experiência. Tal fato pode encontrar suporte no caráter recente da ampliação do uso da energia solar fotovoltaica, principalmente com o surgimento, no ano de 2012, da REN nº 482, da ANEEL, e sua alteração, a REN 486 de 2015, que regulamentaram a micro e minigeração distribuída no país.

Após a seção do perfil do entrevistado, o questionário demonstra variáveis transformadas em eventos com três colunas ao lado de cada uma representando os critérios de pertinência, favorabilidade e probabilidade, de modo que os respondentes pudessem atribuir os pesos a cada variável (Apêndice G). Os resultados do critério de pertinência foram mensurados por meio de uma escala de 0 a 5, onde zero corresponde a nenhuma pertinência e 5 à máxima pertinência.

A Tabela 3 exhibe as pontuações das variáveis relacionadas a sustentabilidade social.

Tabela 3 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade social.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Ampliação da oferta de empregos	0	0	3	1	2	7	13
Ampliação da quantidade de pequenas empresas	0	0	3	5	2	3	13
Melhoria da qualidade de vida	0	0	2	2	6	3	13

Fonte: Elaboração própria.

Destacou-se, quanto ao critério de pertinência, a variável “ampliação da oferta de empregos”, com sete respondentes, ou 54% do total, considerando-a de extrema pertinência. Em seguida, nota-se a “melhoria da qualidade de vida”, com nove respondentes, atribuindo

peso forte ou extremo a essa variável. E, por último, a variável “ampliação da quantidade de empregos atribuindo”, com os respondentes atribuindo razoável pertinência.

A Tabela 4 exhibe as pontuações atribuídas às variáveis relacionadas a sustentabilidade cultural.

Tabela 4 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade cultural.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Consumo consciente	0	1	1	1	4	6	13
Exemplo do setor público	0	1	3	2	5	2	13
Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão	0	2	2	2	4	3	13

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se nesta categoria de análise maior divergência de opiniões, sendo a variável considerada como de maior relevância o “consumo consciente”. As variáveis “exemplo do setor público” e “desconhecimento das pessoas como barreira para expansão” tiveram sete respondentes, indicando forte e extrema pertinência.

A Tabela 5 mostra a pontuação, do critério de pertinência, obtida pelas cinco variáveis que compõem a categoria da sustentabilidade ecológica.

Tabela 5 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade ecológica.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Permanência do Brasil no Acordo de Paris	0	1	2	3	3	4	13
Impacto do descarte dos equipamentos após vida útil	0	2	1	3	5	2	13
Propaganda ecológica	0	0	0	4	5	4	13
Segurança energética	0	0	1	2	4	6	13
Redução do impacto ambiental	0	0	0	3	5	5	13

Fonte: Elaboração própria.

Mais uma vez, é expressa divergência de opiniões entre os especialistas. Destaca-se, contudo, a variável “segurança energética” com seis respondentes, considerando-a de extrema pertinência. A “redução do impacto ambiental” foi considerada por dez respondentes como sendo de forte ou extrema pertinência. Em relação às variáveis “permanência do Brasil no Acordo de Paris” e “impacto do descarte dos equipamentos após vida útil”, não houve consenso entre os especialistas.

A Tabela 6 exibe as três variáveis relacionadas a sustentabilidade territorial com os respectivos pesos atribuídos pelos respondentes.

Tabela 6 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade territorial.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Desenvolvimento de localidades pobres	1	1	4	2	3	2	13
Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia	0	0	2	4	3	4	13
Potencial do Ceará	0	0	0	0	2	11	13

Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se nessa questão a relevância atribuída à variável “potencial do Ceará”, com todos os respondentes atribuindo-lhe forte ou extrema pertinência. Houve, contudo, divergência de opiniões entre os especialistas sobre as variáveis “desenvolvimento de localidades pobres” e “alteração na estrutura das redes de distribuição de energia”.

As pontuações obtidas pelas sete variáveis associadas a sustentabilidade econômica estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade econômica.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços	0	0	0	1	7	5	13
Competitividade do setor produtivo	0	0	2	3	4	4	13
Condições de financiamento	0	0	1	2	4	6	13
Custo dos equipamentos	0	0	0	3	4	6	13
Redução do custo de energia	1	0	2	0	6	4	13
Mão-de-obra qualificada	0	0	0	3	4	6	13
Independência energética	0	0	2	1	4	6	13

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se nessa questão do instrumento de coleta o fato de que mais da metade dos respondentes, pelo menos 62% deles, atribuiu forte ou extrema pertinência para todas as variáveis que compõem a categoria da sustentabilidade econômica. Tal observação aponta que, apesar do caráter meramente instrumental que a dimensão econômica representa para o desenvolvimento sustentável (SACHS, 2008), as pessoas atribuem intensa representatividade a essa dimensão no contexto da sustentabilidade.

A Tabela 8 exibe as pontuações obtidas pelas nove variáveis relacionadas a sustentabilidade política.

Tabela 8 – Pertinência dos eventos relacionados a sustentabilidade política.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Desburocratização	0	0	2	3	5	3	13
Financiamento por bancos públicos	0	0	1	2	5	5	13
Fundo estadual de incentivo a eficiência energética	1	0	3	0	5	4	13
Instalação em prédios públicos	1	0	0	4	1	7	13
Isenção/redução de impostos	1	0	1	1	5	5	13
Políticas estaduais para atração de investimento	1	0	1	2	4	5	13
Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis	1	0	0	4	3	5	13
Segurança política/jurídica	1	0	1	2	5	4	13
Implantação de política de subsídios	1	0	2	2	5	3	13

Fonte: Elaboração própria.

Assim como nas categorias ecológica e cultural, observa-se também na categoria da sustentabilidade política, divergência de opiniões entre os especialistas sobre a pertinência das suas variáveis. Porém, destacam-se, com 10 respondentes atribuindo o peso entre forte e extrema influência, as variáveis “financiamento por bancos públicos” e “isenção/redução de impostos”.

Por fim, estão na Tabela 9 as pontuações obtidas pelas variáveis relacionadas a categoria de inovação quanto ao critério de pertinência.

Tabela 9 – Pertinência dos eventos relacionados a inovação.

Variável	Pertinência						Total
	0 sem	1 muito pouca	2 pouca	3 razoável	4 forte	5 extrema	
Baterias mais eficientes	0	1	1	2	5	4	13
Carros elétricos	0	1	1	1	3	7	13
Design dos painéis	0	0	2	4	5	2	13
Eficiência dos painéis	0	0	0	1	5	7	13
Eficiência dos inversores	0	0	0	1	6	6	13
Inversores híbridos (on grid/off grid)	0	1	1	3	4	4	13

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se também nas respostas da questão referente a esta categoria o fato de que mais da metade dos respondentes considerou todas as variáveis como sendo de forte ou extrema pertinência.

Na próxima subseção será destacado o processo de redução das variáveis de forma que as remanescentes possam compor os cenários prospectados.

4.3.2 Redução das variáveis

Para o processo de elaboração de cenários, recomenda-se a redução da quantidade de variáveis (OLIVEIRA; FORTE, 2009). Para tanto, realizou-se análise da Estatística descritiva (média, desvio-padrão e coeficiente de variação) para o critério de pertinência. Desse modo, estabeleceu-se como critério de exclusão o coeficiente de variação maior do que 30%, considerada elevada dispersão por Martins e Teófilo (2016). Assim, permaneceram no estudo as variáveis que tiveram menor dispersão, ou maior consenso entre os especialistas que responderam o questionário. A Tabela 10 contém as 36 variáveis acompanhadas dos respectivos cálculos da média ponderada, do desvio-padrão e do coeficiente de variação. Cada variável recebeu um número de identificação para facilitar a apresentação dos cenários.

Tabela 10 – Variáveis avaliadas pelo critério de pertinência

(continua)

Quant.	Categoria	Número	Variável	Média	Desvio-Padrão	Coeficiente de Variação
3	Sustentabilidade Social	1	Ampliação da oferta de empregos	4,00	1,24	0,31
		2	Ampliação da quantidade de pequenas empresas	3,38	1,08	0,32
		3	Melhoria da qualidade de vida	3,77	0,97	0,26
3	Sustentabilidade Cultural	4	Consumo consciente	4,00	1,24	0,31
		5	Exemplo do setor público	3,31	1,20	0,36
		6	Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão	3,31	1,38	0,42
		7	Permanência do Brasil no Acordo de Paris	3,54	1,28	0,36
5	Sustentabilidade Ecológica	8	Impacto do descarte dos equipamentos após vida útil	3,31	1,26	0,38
		9	Propaganda ecológica	4,00	0,78	0,20
		10	Segurança energética	4,15	0,95	0,23
		11	Redução do impacto ambiental	4,15	0,77	0,19
3	Sustentabilidade Territorial	12	Desenvolvimento de localidades pobres	2,85	1,46	0,51
		13	Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia	3,69	1,07	0,29
		14	Potencial do Ceará	4,85	0,36	0,07
7	Sustentabilidade Econômica	15	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços	4,31	0,61	0,14
		16	Competitividade do setor produtivo	3,77	1,05	0,28

Tabela 10 – Variáveis avaliadas pelo critério de pertinência

104
(continua)

Quant.	Categoria	Número	Variável	Média	Desvio- Padrão	Coefficiente de Variação
		17	Condições de financiamento	4,15	0,95	0,23
		18	Custo dos equipamentos	4,23	0,80	0,19
		19	Redução do custo de energia	3,69	1,43	0,39
		20	Mão-de-obra qualificada	4,23	0,80	0,19
		21	Independência energética	4,08	1,07	0,26
		22	Desburocratização	3,69	0,99	0,27
		23	Financiamento por bancos públicos	4,08	0,92	0,23
		24	Fundo estadual de incentivo a eficiência energética	3,54	1,50	0,42
		25	Instalação em prédios públicos	3,92	1,44	0,37
9	Sustentabilidade Política	26	Isenção/redução de impostos	3,85	1,41	0,37
		27	Políticas estaduais para atração de investimento	3,77	1,42	0,38
		28	Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis	3,77	1,37	0,36
		29	Segurança política/jurídica	3,69	1,38	0,37
		30	Implantação de política de subsídios	3,46	1,39	0,40
		31	Baterias mais eficientes	3,77	1,19	0,32
		32	Carros elétricos	4,08	1,27	0,31
		33	Design dos painéis	3,54	0,93	0,26
6	Inovação	34	Eficiência dos painéis	4,46	0,63	0,14
		35	Eficiência dos inversores	4,38	0,62	0,14
		36	Inversores híbridos (<i>on grid/off grid</i>)	3,69	1,20	0,33

Fonte: Elaboração própria.

Após a aplicação do critério de corte, foram excluídas 19 variáveis, sendo duas ligadas à sustentabilidade social, todas as três relacionadas a sustentabilidade cultural, duas referentes a sustentabilidade ecológica, uma associada a sustentabilidade territorial, uma relacionada a sustentabilidade econômica, sete associadas a sustentabilidade política e três relacionadas a inovação. A relação das variáveis excluídas consta na Tabela 11.

Tabela 11 – Variáveis excluídas

(continua)

Categoria	Número	Variável	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Sustentabilidade Social	1	Ampliação da oferta de empregos	4,00	1,24	0,31
	2	Ampliação da quantidade de pequenas empresas	3,38	1,08	0,32
Sustentabilidade Cultural	4	Consumo consciente	4,00	1,24	0,31
	5	Exemplo do setor público	3,31	1,20	0,36
	6	Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão	3,31	1,38	0,42
Sustentabilidade Ecológica	7	Permanência do Brasil no Acordo de Paris	3,54	1,28	0,36
	8	Impacto do descarte dos equipamentos após vida útil	3,31	1,26	0,38
Sustentabilidade Territorial	12	Desenvolvimento de localidades pobres	2,85	1,46	0,51

Tabela 11 – Variáveis excluídas

(conclusão)

Categoria	Número	Variável	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Sustentabilidade Econômica	19	Redução do custo de energia	3,69	1,43	0,39
	24	Fundo estadual de incentivo a eficiência energética	3,54	1,50	0,42
	25	Instalação em prédios públicos	3,92	1,44	0,37
	26	Isenção/redução de impostos	3,85	1,41	0,37
Sustentabilidade Política	27	Políticas estaduais para atração de investimento	3,77	1,42	0,38
	28	Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis	3,77	1,37	0,36
	29	Segurança política/jurídica	3,69	1,38	0,37
	30	Implantação de política de subsídios	3,46	1,39	0,40
	31	Baterias mais eficientes	3,77	1,19	0,32
Inovação	32	Carros elétricos	4,08	1,27	0,31
	36	Inversores híbridos (<i>on grid/off grid</i>)	3,69	1,20	0,33

Fonte: Elaboração própria.

Após a exclusão das 19 variáveis, permaneceram 17, sendo uma da sustentabilidade política, três sobre a sustentabilidade ecológica, três relativas a sustentabilidade territorial, seis da sustentabilidade econômica, duas relativas a sustentabilidade política e três referentes a inovação. A Tabela 12 exhibe as variáveis que compõem a fase de elaboração dos cenários.

Tabela 12 – Variáveis remanescentes

Categoria	Número	Variável	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Sustentabilidade de Social	3	Melhoria da qualidade de vida	3,77	0,97	0,26
Sustentabilidade de Ecológica	9	Propaganda ecológica	4,00	0,78	0,20
	10	Segurança energética	4,15	0,95	0,23
	11	Redução do impacto ambiental	4,15	0,77	0,19
Sustentabilidade de Territorial	13	Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia	3,69	1,07	0,29
	14	Potencial do Ceará	4,85	0,36	0,07
	15	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços	4,31	0,61	0,14
Sustentabilidade de Econômica	16	Competitividade do setor produtivo	3,77	1,05	0,28
	17	Condições de financiamento	4,15	0,95	0,23
	18	Custo dos equipamentos	4,23	0,80	0,19
	20	Mão-de-obra qualificada	4,23	0,80	0,19
	21	Independência energética	4,08	1,07	0,26
Sustentabilidade de Política	22	Desburocratização	3,69	0,99	0,27
	23	Financiamento por bancos públicos	4,08	0,92	0,23
Inovação	33	Design dos painéis	3,54	0,93	0,26
	34	Eficiência dos painéis	4,46	0,63	0,14
	35	Eficiência dos inversores	4,38	0,62	0,14

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na subseção 4.3.3, demonstra-se o processo de composição dos cenários por meio da classificação das variáveis segundo o método proposto por Blanning e Reinig (1998), também utilizado por Silva e Forte (2016).

4.3.3 Análise das variáveis pelos critérios de favorabilidade e probabilidade

Nesta fase, as variáveis que expressaram maior consenso entre os especialistas foram analisadas pelos critérios de favorabilidade e probabilidade. Esses foram mensurados por meio de uma escala que varia de 0% a 100% e têm o intuito de captar a percepção dos especialistas sobre o quão benéfica é a ocorrência de cada variável ou evento para a energia solar fotovoltaica no Ceará pelos próximos dez anos. Do mesmo modo, os especialistas opinaram sobre a probabilidade de ocorrência de cada variável ou evento para o mesmo período.

Na Tabela 13 estão as variáveis remanescentes com o resultado do cálculo das suas respectivas médias para os critérios de favorabilidade e probabilidade.

Tabela 13 – Variáveis finais analisadas por favorabilidade e probabilidade

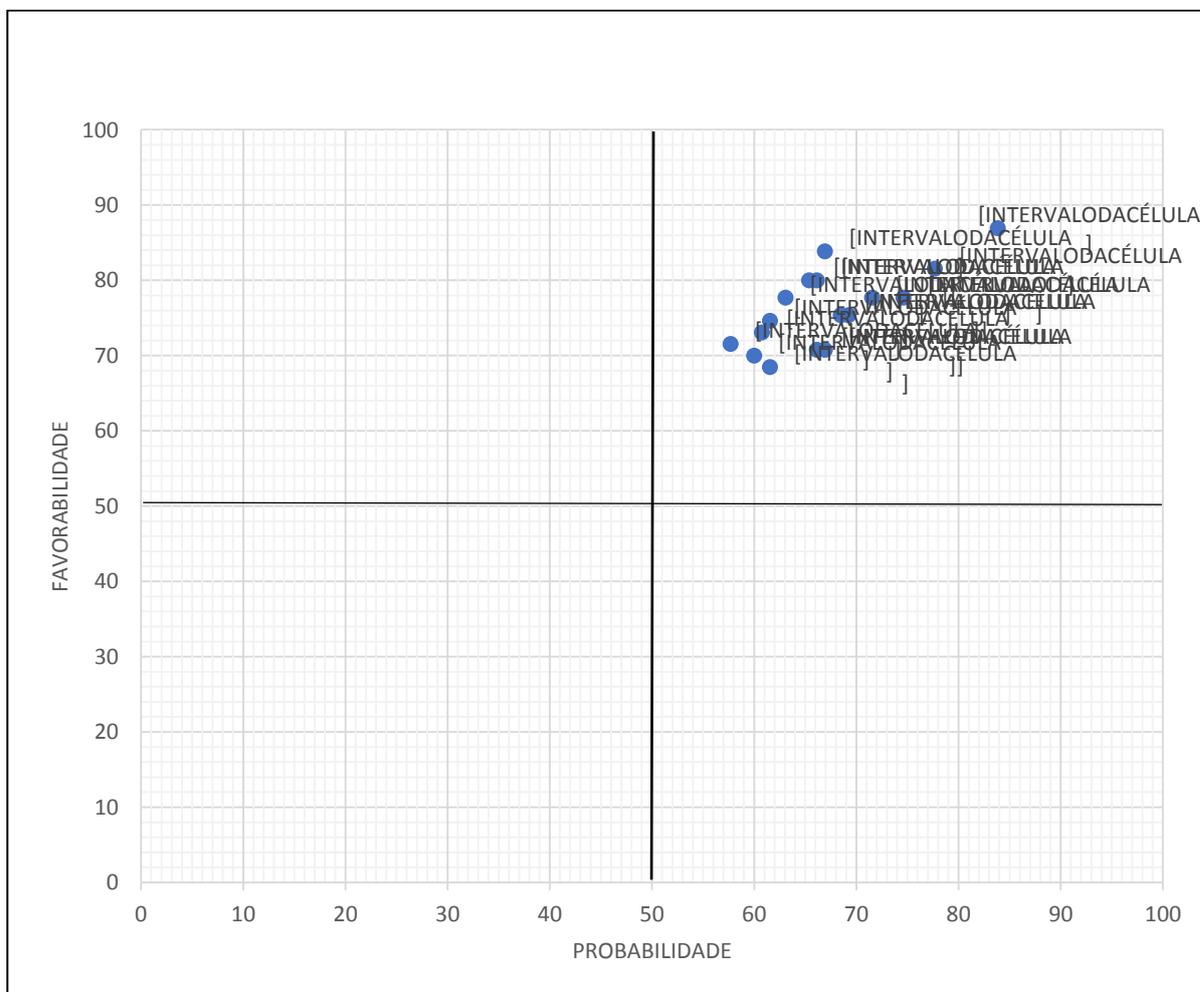
Número	Variável	Favorabilidade	Probabilidade
		Média (%)	
3	Melhoria da qualidade de vida	70,77	66,92
9	Propaganda ecológica	77,69	71,54
10	Segurança energética	75,38	68,46
11	Redução do impacto ambiental	81,54	77,69
13	Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia	70,77	66,15
14	Potencial do Ceará	86,92	83,85
15	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços	77,69	74,62
16	Competitividade do setor produtivo	68,46	61,54
17	Condições de financiamento	73,08	60,77
18	Custo dos equipamentos	75,38	69,23
20	Mão-de-obra qualificada	80,00	65,38
21	Independência energética	77,69	63,08
22	Desburocratização	71,54	57,69
23	Financiamento por bancos públicos	74,62	61,54
33	Design dos painéis	70,00	60,00
34	Eficiência dos painéis	83,85	66,92
35	Eficiência dos inversores	80,00	66,15

Fonte: Elaboração própria.

Com apoio nos valores das médias dos critérios de favorabilidade e probabilidade foi criado um gráfico de dispersão com o auxílio do *software Microsoft Excel* no qual o eixo X correspondeu ao critério de probabilidade e o eixo Y representou o critério de favorabilidade. Como resultado, mostra-se um gráfico cartesiano (Gráfico 1), denominado por

Blanning e Reinig (1998) como matriz de eventos, onde cada variável é representada por um ponto.

Gráfico 1 – Matriz de eventos



Fonte: Elaboração própria.

Para a elaboração de cenários recorreu-se à prospecção em otimista, realista e pessimista, seguindo o modelo proposto por Blanning e Reinig (1998), que determinaram como critérios para a seleção das variáveis em cada cenário o seu grau de favorabilidade e probabilidade. Segundo o modelo, os cenários são constituídos como vêm na sequência.

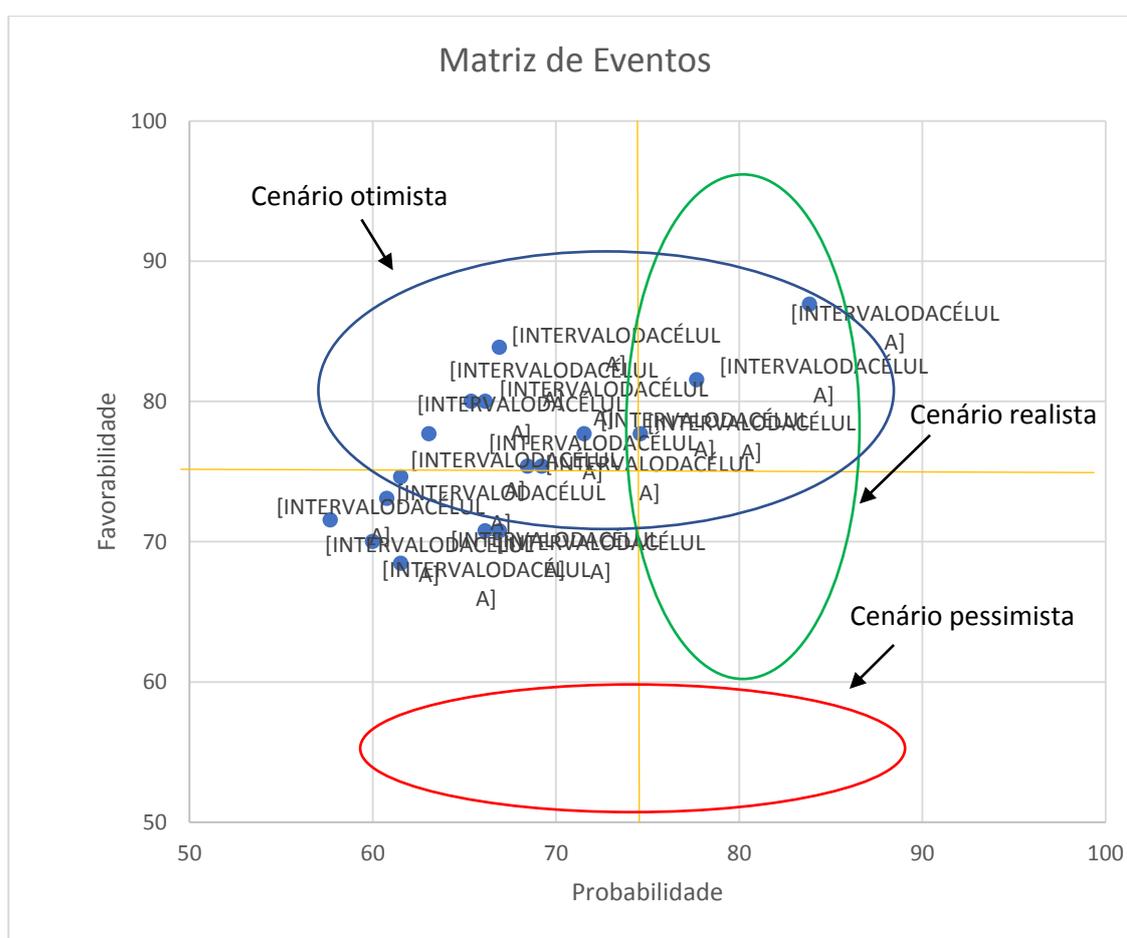
- Otimista: contém os eventos de alta probabilidade e alta favorabilidade e eventos de média probabilidade e alta favorabilidade.
- Realista: contém todos os eventos de alta probabilidade.

– Pessimista: contém os eventos de alta probabilidade e baixa favorabilidade e os eventos de média probabilidade e baixa favorabilidade.

Observa-se no Gráfico 1 que os cenários elaborados com base na matriz de eventos precisa de segunda análise, haja vista que todas as variáveis se concentraram em um quadrante. Este foi apreciado com base na segunda matriz de eventos, opção também verificada no estudo de Silva e Forte (2016).

O Gráfico 2 mostra o quadrante com a segunda matriz de eventos. Considera-se como ponto de partida do novo gráfico os valores de 50% para o eixo X (probabilidade) e 50% para o eixo Y (favorabilidade).

Gráfico 2 – Matriz de eventos final



Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 2 expõe uma análise detalhada do 2º quadrante do Gráfico 1, onde é possível analisar os cenários prospectados de acordo com o modelo de Blanning e Reinig (1998). O Quadro 19 traz as variáveis que compõem cada cenário prospectado.

Quadro 19 – Variáveis que compõem cada cenário

Cenário	Descrição	Número	Variável
Otimista	Variáveis: alta probabilidade (média a partir de 75%) e alta favorabilidade (média a partir de 75%); média probabilidade (média entre 60 e 74,99%) e alta favorabilidade (média a partir de 75%).	9	Propaganda ecológica.
		10	Segurança energética.
		11	Redução do impacto ambiental.
		14	Potencial do Ceará.
		15	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços.
		18	Custo dos equipamentos.
		20	Mão-de-obra qualificada.
		21	Independência energética
		23	Financiamento por bancos públicos
		34	Eficiência dos painéis.
Realista	Variáveis de alta probabilidade (media a partir de 75%).	35	Eficiência dos inversores.
		11	Redução do impacto ambiental (conclusão)
		14	Potencial do Ceará.
Pessimista	Variáveis: alta probabilidade (média a partir de 75%) e baixa favorabilidade (média inferior a 60%); média probabilidade (média entre 60 e 74,99%) e baixa favorabilidade (média inferior a 60%).	15	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços.
		-	Não há.

Fonte: Elaboração própria.

A subseção 4.4 detalha os cenários prospectados, seguidos de breve discussão sobre as variáveis que compõem cada um deles.

4.4 CENÁRIOS PROSPECTIVOS

O estudo de cenários prospectivos permite, por meio da aplicação de métodos estruturados, a visualização de imagens alternativas de futuro e, assim, ampliar a visão dos tomadores de decisão e dá-lhes suporte ao desenvolvimento de políticas, redução de incertezas e tomadas de decisões estratégicas (SCHENATTO *et al.*, 2011; SHOEMAKER; DAY; SNYDER, 2013; STAR *et al.*, 2016). Assim, os gestores que se utilizam planejamento por cenários são capazes de tomar decisões rápidas, seguras e de qualidade (DISCONZI *et al.*, 2017).

Nesse sentido, o planejamento por cenários prospectivos aufere relevância no âmbito organizacional e também no escopo da sustentabilidade (SCHENATTO *et al.*, 2011). Por conseguinte, evidencia-se a relevância de se apresentar futuros possíveis de uma inovação sustentável representada neste estudo pela energia solar fotovoltaica como um potencial alavancador do desenvolvimento sustentável no estado do Ceará.

De efeito, demonstra-se a seguir os cenários prospectados para a energia solar fotovoltaica no Ceará para os próximos dez anos analisados sob a óptica do desenvolvimento sustentável de Sachs (2007, 2009). Para tanto, utilizou-se metodologia proposta por Blanning e Reining (1998), que propõe a divisão dos cenários em otimista, realista e pessimista.

Cenário otimista

As variáveis que compõem o cenário otimista para a energia solar fotovoltaica denotaram, conforme opinião de especialistas e usuários dessa fonte energética, alta favorabilidade e elevada probabilidade (média a partir de 75% para os dois critérios) e alta favorabilidade e média probabilidade (média a partir de 75% e entre 60 e 74,99% respectivamente). Dessa forma, sobressaíram as variáveis (9), (10), (11), (14), (15), (18), (20), (21), (23), (34) e (35).

A existência da variável (9) – propaganda ecológica, relacionada a sustentabilidade ecológica, no cenário otimista pode sugerir que os especialistas e usuários da energia solar fotovoltaica consideram que essa fonte de energia traz, além dos benefícios de redução de custos e limpeza da matriz energética, boa imagem ou reputação para os adotantes. Desse modo, no caso de empresas, há a possibilidade de maximização de lucros com o discurso da sustentabilidade (BANERJEE, 2003, 2008). Para o setor público, pode-se demonstrar compromisso do governo com a causa ecológica.

Outra variável associada a sustentabilidade ecológica considerada favorável para o cenário da energia solar fotovoltaica no Ceará é a (10) – segurança energética. A esse respeito, Sachs (2012) afirma que essa variável é um dos pilares do desenvolvimento incluyente e sustentável, uma vez que a energia é essencial para a multiplicação da produtividade do trabalho humano.

A variável (11) – redução do impacto ambiental – está relacionada à categoria ecológica e representa o reconhecimento da energia solar fotovoltaica pelos especialistas como uma matriz energética limpa, ou seja, livre dos inconvenientes resultantes da queima dos combustíveis fósseis, como afirma E3 (2018) “[...] hoje a energia solar fotovoltaica ela tende ser o maior potencial não só de geração de energia, mas de não contaminação e de não emissão de gases poluentes [...]”. Observa-se que, de fato, uma das características que se

destaca da geração solar fotovoltaica é a não emissão de GEE durante o processo de produção de energia (MUNDO-HERNÁNDEZ; ALONSO; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, 2014).

A variável (14) – potencial do Ceará –, ligada a sustentabilidade territorial, destacou-se, na opinião dos especialistas, como a mais provável de ocorrer (média de 83,5%) e mais favorável para a energia solar fotovoltaica no Estado (média de 86,92%). Nesse sentido, a proximidade à linha do Equador faz com que a incidência dos raios solares seja praticamente constante o ano todo. Além disso, há também a ocorrência de longos períodos de estiagem na região. Pode-se, portanto, inferir que tais características da região exerçam influência na implantação de usinas solares fotovoltaicas no Estado, como se observa nos dados demonstrados pela ANEEL (2019), que apontam a existência de 22 projetos de geração centralizada no estado do Ceará contando com aqueles já em operação, em fase de edificação e com a construção ainda não iniciada.

Observam-se, também, no cenário otimista, quatro variáveis relacionadas à categoria econômica da sustentabilidade: (15) – desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços; (18) – custo dos equipamentos; (20) – mão de obra qualificada; e (22) – independência energética.

A variável (15) – desenvolvimento da cadeia de suprimentos - e serviços representa o potencial surgimento e o crescimento da indústria de componentes relacionados a fonte solar fotovoltaica, como placas inversores, suportes entre outros no estado do Ceará. Também se tem a expectativa de desenvolvimento da cadeia de serviços associada a essa fonte energética.

Outra variável que inspira expectativas positivas junto aos especialistas e usuários da energia solar fotovoltaica que responderam o questionário (Apêndice F) da pesquisa é a (18) – custo dos equipamentos. Desse modo, eles esperam que haja redução dos preços dos equipamentos no período do cenário prospectado. De fato, tem-se observado constante diminuição nos custos da geração fotovoltaica (LACCHINI; DOS SANTOS, 2013) e essa redução está estreitamente associada ao vigoroso desenvolvimento das tecnologias de baixo carbono (COOPER, 2016).

O cenário otimista também possui em sua composição a variável (20) – mão de obra qualificada. Os especialistas consideram que maior especialização/qualificação da mão de obra tem a capacidade de beneficiar sobremaneira o setor da energia solar fotovoltaica no

Ceará (80% de favorabilidade). No entanto, eles atribuem média probabilidade de ocorrência para essa variável (65,38% de probabilidade).

Atenta-se, neste caso, para a relevância do aspecto da formação na área de energias. Apesar de o emprego da energia solar fotovoltaica estar se disseminando em um período relativamente recente, o Ceará já conta com cursos superiores na área de energias renováveis em pelo menos três universidades distintas (UFC, UNIFOR e UNILAB), além de cursos técnico-profissionalizantes na área. Porém, o entrevistado E1 demonstra preocupação com a qualidade desses últimos:

Hoje você tem uma quantidade gigante de cursos de instaladores de painéis fotovoltaicos, cursos que são de fim de semana e que formam de modo extremamente deficiente alguns profissionais e esses profissionais tendo sido formados de maneira deficiente, eles têm o potencial enorme de manchar essa cadeia de negócios em renováveis. Manchar por um serviço mal feito. (E1, 2019).

Essa desconfiança talvez explique o motivo de os especialistas atribuírem média probabilidade de ocorrência dessa variável. Observa-se, contudo, que há a possibilidade de essa variável se tornar realista no caso de os alunos que forem se formando nos cursos técnicos e superiores serem aproveitados pelas empresas de energia solar fotovoltaica no Estado ou eles próprios decidirem empreender na área. Essa mesma variável pode se tornar pessimista se não houver alocação dessa mão-de-obra no Estado.

A variável (21) - independência energética - suscita, considerando as entrevistas realizadas na primeira etapa, a inferência de pelo menos duas vertentes: a primeira refere-se a uma espécie de “blindagem” dos usuários adotantes da energia solar fotovoltaica quanto às variações de preço da tarifa de energia elétrica advinda com o sistema de compensação (*net metering*) inserido no mercado de energia elétrica brasileiro por meio da REN 482 (ANEEL, 2012); a segunda é fortemente dependente das inovações tecnológicas na área., precisamente aquelas relacionadas às baterias. Neste caso, baterias mais modernas e eficientes permitiriam que os sistemas fotovoltaicos pudessem trabalhar totalmente isolados da rede pública. Dessa forma os consumidores ficariam totalmente desobrigados de pagar quaisquer tarifas às concessionárias.

Observa-se que a variável (23) – financiamento por bancos públicos - consta no cenário otimista, apesar da média para o critério de favorabilidade ser menor que que 75% (limite inferior estabelecido para alta favorabilidade). No entanto, optou-se por incluí-la por apresentar valor próximo a esse limite, fato este que também se pode verificar no Gráfico 2 –

o ponto 23 ser tangenciado pela reta que divide os eixos inferior e superior da matriz de eventos. Assim, a variável é considerada como potencialmente benéfica para a energia solar fotovoltaica no Ceará. Tal otimismo se justifica pela expectativa dos especialistas e usuários de que a atuação de bancos públicos com linhas de crédito para o financiamento de energias renováveis ocorra com recursos subsidiados pelo Governo e, dessa forma, com juros mais baixos.

Mostram-se também no cenário otimista, representando a categoria de inovação, as variáveis 34 (eficiência dos painéis) e 35 (eficiência dos inversores). Na opinião dos especialistas consultados, essas variáveis têm o potencial de alavancar o setor de energia solar fotovoltaica.

O estudo de Moro *et al.* (2018) aponta que, dentre as pesquisas mais recentes relacionados a energia solar fotovoltaica, destacam-se aquelas referentes a novas tecnologias das células fotovoltaica; ou seja, existem pesquisadores desenvolvendo células fotovoltaicas mais eficientes e mais acessíveis economicamente. Isso significa dizer que, para uma mesma potência instalada, serão necessários menos equipamentos e, assim, menores custos de instalação. No mesmo sentido, destaca-se a variável “eficiência dos inversores” como um item que pode favorecer a energia solar fotovoltaica por meio da melhoria da qualidade dos equipamentos em si, qualidade da energia que é inserida na rede e com custo reduzido para a sua aquisição.

Cenário realista

Para a composição do cenário realista considerou-se a média do critério de probabilidade a partir de 75%. Dessa forma, as variáveis (11), (14) e (15) representam, na visão dos especialistas e usuários consultados, o cenário mais provável de ocorrer.

Nota-se neste cenário que as três variáveis também fazem parte do cenário otimista. Relativamente a essa sobreposição, Blanning e Reinig (1998) observam que a ocorrência dos eventos nos cenários não são mutuamente excludentes, ou seja, podem ocorrer casos de variáveis pertencerem a cenários otimista e realista, ao mesmo tempo, e também nos cenários pessimista e realista. Porém, nunca nos cenários otimista e pessimista juntos.

Vale salientar que a ocorrência das variáveis (11) redução do impacto ambiental, (14) potencial do Ceará e (15) desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços nos cenários otimista e realista ao mesmo tempo põe em evidência a relevância da fonte solar fotovoltaica como matriz energética do Estado do Ceará.

Nota-se nesse contexto que o Estado deve explorar a sua localização privilegiada para alavancar o próprio desenvolvimento. Para tanto, a instituição de políticas públicas de incentivo ao uso das energias renováveis, particularmente a solar fotovoltaica, é de grande relevância.

A localização geográfica cearense também pode favorecer o desenvolvimento da cadeia de negócios associadas a energia solar fotovoltaica com a vinda para o Estado de indústrias de placas, inversores e demais equipamentos que compõem o sistema; bem como fomentar demais empresas ligadas ao setor energético. Tal fato, se acontecer, ensejará um círculo virtuoso que favorece a ampliação do desenvolvimento sustentável, com o desenvolvimento econômico, social e ambiental do Estado.

Cenário pessimista

Os dados expostos na segunda matriz de eventos (Gráfico 2) sugerem a inexistência de cenário pessimista para a energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará por não haver variáveis com baixa favorabilidade. Tal constatação encontra suporte nas narrativas dos especialistas que participaram da etapa qualitativa da pesquisa quando questionados sobre quais seriam os possíveis cenários pessimistas para essa fonte energética:

No pessimista, não consigo ver não, no pessimista, porque acho que é um caminho sem retorno. Já chegou, o cenário já chegou tal que, ou a gente muda de... ou a gente diversifica nossa matriz energética, ou a gente entra fortemente na solar e eólica ou a gente não vai ter energia. (E1, 2018).

No horizonte mais avançado, aí não tenha a menor dúvida que a solar vai dominar, vai dominar completamente. Agora, em geração distribuída, não tenha dúvida, a solar fotovoltaica vai predominar. (E2, 2018).

O entrevistado E3 (2018) menciona dados de uma pesquisa atribuída à ANEEL, informando que, até o ano de 2030 cerca de um milhão e quinhentos mil consumidores gerarão a própria energia no Brasil e aponta essa informação como um cenário pessimista.

Nota-se, também, por meio da análise do Gráfico 2, que as variáveis (3) melhoria da qualidade de vida, (13) alteração na estrutura das redes de distribuição de energia, (16) competitividade do setor produtivo, (17) condições de financiamento, (22) desburocratização, e (33) *design* dos painéis não constaram em nenhum cenário. A esse respeito, Blanning e Reinig (1998) afirmam que muitos dos eventos identificados durante a fase de discussão e que evoluem para a fase de atribuição de pesos podem não aparecer em nenhum dos cenários prospectados. Dessa forma, as variáveis que apresentaram baixa probabilidade e aquelas que obtiveram ao mesmo tempo média favorabilidade e média probabilidade foram omitidas.

Os dados coletados e a combinação de técnicas de análises de cenários evidenciam que há considerável expectativa positiva por parte dos especialistas consultados para a energia solar fotovoltaica no Ceará para os próximos 12 anos. Os dados da pesquisa demonstram que nove das 17 variáveis avaliadas na etapa quantitativa compuseram cenários otimista e/ou realista, indicando que há uma tendência de ampliação do uso da energia solar fotovoltaica na região.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em explicitar os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável no período de 2019 a 2030. Estabeleceram-se como etapas para o atingimento dessa finalidade os seguintes objetivos:

- a) relacionar fontes de energias renováveis com o desenvolvimento sustentável;
- b) descrever o cenário da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará;
- c) identificar as variáveis relacionadas aos cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Para a consecução do primeiro objetivo específico, procedeu-se, inicialmente à apresentação dos principais marcos teóricos do tema do desenvolvimento sustentável desde a fundação do Clube de Roma, no ano de 1969, passando pelas conferências climáticas, nas décadas seguintes, até a entrada em vigor do Acordo de Paris, no ano de 2016.

Em seguida, realizou-se um levantamento bibliográfico no sentido de traçar um panorama dos estudos sobre o desenvolvimento sustentável o que, culminou em uma lista de categorias e subcategorias mais pesquisadas por diversos autores, com destaque para temas como análise de riscos ambientais, consumo consciente, impactos sociais e ambientais, desempenho de empresas, ecoeficiência, inovação, energias alternativas, entre outros.

Na visão de Ignacy Sachs, o desenvolvimento sustentável deve ser perseguido de modo que satisfaça a alguns princípios fundamentais: satisfação das necessidades básicas; solidariedade com as gerações futuras; participação da população envolvida; preservação dos recursos naturais; elaboração de um sistema social que garanta emprego; segurança social e respeito a outras culturas. Desse modo, ele propõe uma visão do desenvolvimento sustentável baseada em aspectos sociais, econômicos, ambientais, territoriais, culturais e políticos.

Ainda no sentido de satisfazer o primeiro objetivo específico, expôs-se a ideia de que há estreita ligação entre inovação e sustentabilidade. Desse modo mostrou-se o conceito de inovação sustentável e a sua relevância para a satisfação de demandas sociais de forma eficiente e menos agressivo ao meio ambiente.

Buscou-se, também, indicar as energias renováveis como inovações sustentáveis. Assim, foram discutidas algumas fontes energéticas consideradas limpas, como a biomassa, hidrelétrica, eólica e a solar fotovoltaica. Esta foi analisada mais detalhadamente de forma a explicitar sua origem e funcionamento.

Acredita-se, portanto, que o primeiro objetivo específico foi atingido por ter-se conseguido demonstrar a estreita relação entre o desenvolvimento sustentável e as energias renováveis, com destaque para a solar fotovoltaica.

Para o atingimento do segundo e terceiro objetivos específicos, descrever o cenário da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará e identificar as variáveis relacionadas aos cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica na perspectiva do desenvolvimento sustentável, respectivamente –, foi oferecida a conceituação de análise de cenários, com sua relevância como método auxiliar no processo de elaboração de estratégias e suporte a tomadas de decisão.

Prosseguindo no âmbito da análise de cenários, procedeu-se a um levantamento de pesquisas envolvendo cenários no campo da Administração. Como resultado, evidenciou-se a predominância de artigos de natureza empírica, o horizonte temporal de cinco a dez anos, a energia como um dos setores mais pesquisados e a recorrência da sustentabilidade como um dos temas mais discutidos.

Ainda em referência a cenários prospectivos, foram expressas algumas das técnicas mais utilizadas para a sua formulação. Com efeito, foram explicitados os procedimentos propostos por autores como Godet, Porter, Ghemawat, Ringland e Shoemaker. Porém, deteve-se mais atentamente para os métodos elaborados por Blanning e Reinig (1998) e Marcial e Grumbach (2008).

Quanto ao segundo objetivo, a seção 4apontou a descrição do cenário da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará, em que foi dado destaque, principalmente, às fontes de financiamento, às políticas públicas estaduais relacionadas ao setor e a um panorama das unidades geradoras do Estado do Ceará.

Como fontes de financiamentos, descobriu-se que dentre os seis grandes bancos que atuam no Ceará, apenas BB, BNB, CEF e Santander oferecem linhas de crédito específicas para o financiamento de equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica.

No tocante às políticas públicas de incentivo à disseminação do uso de energias renováveis, o Ceará dispõe de alguns dispositivos, dentre os quais se destacam o FIEE, isenção de ICMS para a energia gerada por micro e minigeração e o PIER.

No concernente à geração distribuída da energia solar fotovoltaica no âmbito do estado do Ceará, apontou-se que, de acordo com informações coletadas da ANEEL, em fevereiro de 2019, o Ceará contava com 1378 unidades consumidoras que geram a própria energia.

Na modalidade de geração centralizada, o Estado do Ceará possui cinco usinas de energia solar fotovoltaica em operação com capacidade instalada de 137 GW de potência. Há ainda três usinas em fase de construção e outras 14 com a construção não iniciada.

Para o atingimento do terceiro objetivo específico – identificar as variáveis relacionadas aos cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica na perspectiva do desenvolvimento sustentável – foram realizadas entrevistas exploratórias com a participação de cinco especialistas na área de energia solar fotovoltaica, no sentido de confirmar os achados obtidos com a revisão da literatura, bem como ampliar a gama de variáveis já identificadas, principalmente levando em consideração as especificidades da região em estudo.

Efetivamente, foram identificadas 36 variáveis divididas entre as cinco categorias de análise relacionadas ao desenvolvimento sustentável e uma referente à inovação, assim distribuídas: três ligadas a sustentabilidade social; três associadas a sustentabilidade cultural; cinco relacionadas a sustentabilidade ecológica; três inerentes a sustentabilidade territorial; sete relativas a sustentabilidade econômica; nove pertencentes a sustentabilidade política e seis referentes a inovação.

Em seguida, procedeu-se ao exame das variáveis com suporte da Estatística descritiva com o intuito de reduzir a sua quantidade. Assim, ficou estabelecido como critério de exclusão das variáveis o baixo consenso entre os especialistas sobre a efetiva pertinência delas para o futuro da energia solar fotovoltaica no Ceará. Então, apenas 17 seguiram para a fase de composição dos cenários. Ressalta-se nesse processo a exclusão de todas as variáveis vinculadas à dimensão cultural do desenvolvimento sustentável.

Em contraposição, das 17 variáveis que permaneceram no estudo após o critério de exclusão, seis referem-se à dimensão econômica da sustentabilidade. Percebe-se daí a prevalência dos critérios econômicos, na visão dos especialistas e usuários consultados. Os dados demonstram que questões relacionadas a redução do preço dos equipamentos e melhores condições de financiamento foram consideradas mais potencialmente benéficas para a energia solar fotovoltaica do que processos mais graduais na mudança no padrão de consumo e a incorporação de atitudes ambientalmente responsáveis como potenciais alavancadores do setor.

Por fim, em atendimento ao objetivo geral, que é explicitar os cenários prospectivos da energia solar fotovoltaica no Estado do Ceará na perspectiva do desenvolvimento sustentável, no período de 2019 a 2030, foram apresentados os cenários otimista, realista e pessimista, seguindo a metodologia proposta por Blanning e Reinig (1998) e Marcial e Grumbach (2008) assim como realizado em Silva e Forte (2016).

De tal maneira, foram obtidas no cenário otimista as seguintes variáveis: (9) propaganda ecológica; (10) segurança energética; (11) redução do impacto ambiental; (14) potencial do Ceará; (15) desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços; (18) custo dos equipamentos; (20) mão de obra qualificada; (21) independência energética; (23) financiamento por bancos públicos, (34) eficiência dos painéis e (35) eficiência dos inversores. No cenário realista, as variáveis foram: (11) redução do impacto ambiental; (14) potencial do Ceará e (15) desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços. O cenário pessimista não expressou variáveis.

A existência de maior quantidade de variáveis no cenário otimista reflete a grande expectativa dos especialistas e usuários consultados em relação a energia solar fotovoltaica no Ceará e vai ao encontro da ideia de aceitação dos pressupostos ligados ao desenvolvimento sustentável e o uso de energia renovável como norma amplamente aceita pela sociedade, além de algumas questões relacionadas especificamente ao contexto do uso da energia solar no Ceará, haja vista que a localização geográfica e a relativa escassez de períodos chuvosos acabam também por favorecer a região, ao elevar o potencial de aproveitamento desse tipo de fonte energética. Tal afirmação encontra embasamento nos dados coletados por meio dos questionários que indicam a variável **potencial do Ceará** como a mais favorável e mais provável de ocorrer.

Os achados deste estudo demonstram que está havendo gradual redução dos custos dos equipamentos e constante evolução tecnológica, fatos que favorecem a energia solar fotovoltaica no sentido amplo. Revelam, também, que essa fonte energética é considerada limpa e segura. No caso específico do Estado do Ceará, acrescentam-se como tendências favoráveis o potencial da região e a quantidade de cursos (inclusive superiores) na área de energias renováveis que vêm qualificando a mão de obra. Em razão de tantas evidências que beneficiam a solar fotovoltaica como matriz energética no Estado do Ceará, expressa-se como natural a expectativa positiva por parte das pessoas consultadas quanto ao desenvolvimento do setor.

Para que haja, no entanto, a concretização dessas expectativas, ou seja, transformação do cenário otimista em realista, é necessário também haver empenho do Governo no sentido de criar ambiente propício à ampliação da energia solar fotovoltaica na composição da matriz energética no Estado. Para tanto, a implantação de políticas de incentivo e desburocratização de processos mostram-se relevantes.

Como contribuição teórica, esta pesquisa relacionou a visão de desenvolvimento sustentável, seguindo a proposta de Sachs (2007, 2009) de abordar o conceito com base na sua multidimensionalidade, associada ao conceito de inovação sustentável e a metodologia de cenários prospectivos, para analisar os cenários da energia solar fotovoltaica no Ceará. Assim, apresentou-se essa fonte energética como potencial alavancadora do desenvolvimento sustentável, ante a indicação de inexistência de cenários pessimistas para o setor no horizonte até 2030.

Exprime-se como contribuição prática da pesquisa a possibilidade de maior embasamento para o processo de tomada de decisões estratégicas por parte de potenciais empreendedores e usuários da energia solar fotovoltaica. Para o Governo, o conhecimento das expectativas de especialistas do setor da energia solar fotovoltaica e dos seus usuários permite a indicação de políticas públicas necessárias para melhor aproveitamento dessa fonte energética com vistas ao efetivo desenvolvimento sustentável do Estado do Ceará.

Quanto às limitações da pesquisa, exprime-se a pequena quantidade de especialistas e usuários consultados, haja vista a dificuldade de identificação e acesso a esse público.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se explorar as relações entre as variáveis por meio da aplicação de técnicas de impactos cruzados de modo que possam ser verificadas as possíveis influências que as variáveis exercem umas sobre as outras. Recomenda-se, também, o levantamento, junto aos empreendedores do setor e usuários da energia solar fotovoltaica do Estado do Ceará, das estratégias desses agentes para lidar com cada cenário prospectado. Sugere-se, ainda, verificar como a análise do cenário se comporta em regiões onde o potencial não se configura claramente favorável, como é o caso do Ceará.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Inovações para que se democratize o acesso à energia, sem ampliar as emissões. **Ambient. Soc.**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1-18, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Infográfico Absolar**. 2019. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. **Atração de Investimentos no Estado do Ceará**: Relatório de Energia Solar. Fortaleza, 2010.

ALMER, C.; WINKLER, R. Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 82, p. 124-151, 2017.

ANDRADE GUERRA, J. B. S. O.; DUTRA, L.; SCHWINDEN, N. B. C.; ANDRADE, S. F. Future scenarios and trends in energy generation in brazil: supply and demand and mitigation forecasts. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, p. 197-210, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa n. 482**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

_____. **Resolução Normativa n. 687**. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

_____. **Geração Distribuída**: Unidades consumidoras com geração distribuída da Unidade da Federação: CE. 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_estadual_detalhe.asp?uf=CE>. Acesso em: 18 fev. 2019.

_____. **BIG - Banco de Informações de Geração**: Capacidade Instalada por Estado. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/ResumoEstadual.cfm>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

ATKINSON, R.; FLINT, J. Accessing hidden and hard-to-reach populations: snowball research strategies. **Social Research Update**, v. 33, 2001.

AZADIAN, F. A general approach toward building integrated photovoltaic systems and its implementation barriers: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 527-538, 2013.

BANDEIRA-DE-MELLO, R. Softwares em pesquisa qualitativa. In: GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. (Org.). **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais**: paradigmas, estratégias e métodos. São Paulo: Saraiva, 2006.

BANERJEE, S. B. Who sustains whose development? Sustainable development and reinvention of nature. **Organization Studies**, v. 24, p. 143-180, 2003.

BANERJEE, S. B. Corporate Social Responsibility: The Good, the Bad and the Ugly. **Critical Sociology**, v. 34, n. 1, p. 51-79, 2008.

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. de. Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146-154, abr./jun. 2010.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BAUER, M. W.; GASKELL, G.; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento – evitando confusões. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Trad. Pedrinho A. Guareschi. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

BANCO DO BRASIL. **Banco do Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial#/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BECKER, H. S. **Segredos e truques da pesquisa**. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

BERRY, J. W. Immigration, acculturation and adaptation. **Applied psychology: An International Review**, v. 46, n. 1, p. 5-30, 1997.

BLANNING, R. W.; REINIG, B. A. Building scenarios for Hong Kong using EMS. **Long Rang Planning**, v. 31, n. 6, p. 900-910, 1998.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, maio/ago. 2015.

BLOIS, H. D.; PARIS, E.; CARVALHO, M. P.; NUNES, B. B. Silvicultura: cenários prospectivos para geração de energia elétrica. **GeAS - Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 140-159, 2017.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Banco do Nordeste**. 2019. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BOAVENTURA, J. M. G. **Um modelo para validar e aprimorar a visão de futuro**: um estudo no setor de automação comercial. 2003. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.

BOAVENTURA, J. M. G.; FISCHMANN, A. A. Um método para cenários empregando stakeholder analysis: um estudo no setor de automação comercial. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 141-154, abr./maio/jun. 2007.

BORGES, F. Q.; ZOUAIN, D. M. A matriz elétrica no estado do Pará e seu posicionamento na promoção do desenvolvimento sustentável. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 35, p. 187-221, jul./dez. 2010.

BORGES, F. Q.; CHOTOE, J. R.; VARELA, L. B. Administração energética e análise tendencial de custos econômicos de fontes de geração no Brasil. **Revista de Administração da UNIMEP**, v. 12, n. 3, p. 100-121, set./dez. 2014.

BRASIL. **Lei nº 10848**, de 15 de março de 2004. Dispõe Sobre A Comercialização de Energia Elétrica, Altera As Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras Providências. 2004.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Ignacy Sachs e a nave espacial Terra. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 360-366, jun. 2013.

BRONZATTI, F. L.; IAROSINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: Abepro, 2008.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CABALLERO, F.; SAUMA, E.; YANINE, F. Business optimal desing of a grid-connected hybrid (photovoltaic) – wind energy system without energy storage for an Easter Island’s block. **Energy**, v. 61, p. 248-261, 2013.

CAMARGO, O. **Uma contribuição metodológica para planejamento estratégico de corredores de transporte de carga usando cenários prospectivos**. 2005. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CANADA, A. H. Solar Energy. **IEEE Power Engineering Review**, v. 2, p. 8-12, dez. 1982.

CARLOS, M. G. O.; PEREIRA FILHO, H.; CARVALHO, C. M.; FORTE, S. H. A. C.; MORAIS, D. O. C. Era uma vez o futuro! - O que se tem produzido no século XXI sobre cenários na Academia Brasileira de Administração. In: ENCONTRO DA ANPAD, 37., 2013, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ANPAD, 2013. p. 1-16.

CARVALHO, D. E.; SUTTER, M. B.; POLO, E. F.; WRIGHT, J. T. C. Construção de cenários: apreciação de métodos mais utilizados na administração estratégica. In: ENCONTRO DA ANPAD, 35., 2011, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ANPAD, 2011. p. 1-17.

CARVALHO, F. I. A.; ABREU, M. C. S.; CORREIA NETO, J. F. Financial Alternatives to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power. **RAM - Rev. Adm. Mackenzie**, v. 18, n. 1, p. 120-147, 2017.

CEARÁ (Estado). Lei nº 170, de 28 de dezembro de 2016. **Altera a Lei Complementar nº 81, de 2 de setembro de 2009**. Fortaleza, CEARÁ: Diário Oficial, 13 jan. 2017. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/fiscalizacao-e-controle/item/5681-lei-complementar-n-170-de-28-12-16-d-o-13-01-17>. Acesso em: 29 nov. 2018.

_____. Decreto n. 32.438, de 08 de dezembro de 2017. Regulamenta a Lei nº 10.367, de 7 de dezembro de 1979, que dispõe acerca do Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará

(FDI), e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. Fortaleza, n. 229, p. 3, 08 dez. 2017. Série 3.

CEARÁ (Estado). Decreto n. 32.688, de 30 de maio de 2018. Altera dispositivos do Decreto n. 32.438, de 8 de dezembro de 2017, que regulamenta a Lei n. 10.367, de 7 de dezembro de 1979, que dispõe acerca do Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará (FDI), e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, n. 101, p. 1, 01 jun. 2018. Série 3.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Química verde no brasil 2010-2030**. 2010. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Quimica_Verde_9560.pdf/f6fa468d-8725-46d6-bc90-6c185835e4bf?version=1.3>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CHABOWSKI, B. R.; MENA, J. A.; GONZALEZ-PADRON, T. L. The structure of sustainability research in marketing, 1958-2008: a basis for future research opportunities. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 39, n. 1, p. 55-70, 2011.

CLÉMENÇON, R. The two sides of the Paris Climate Agreement: dismal failure or historic breakthrough? **Journal of Environment & Development**, v. 25, n. 1, p. 3-24, 2016.

COATES, J.; DURANCE, P.; GODET, M. Strategic foresight issue: introduction. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1423- 1425, 2010.

CONEJERO, M. C.; CALIA, R. C.; SAUAIA, A. C. A. Redes de inovação e a difusão da tecnologia solar no Brasil. **Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 2, p. 90-109, 2015.

COOPER, M. Renewable and distributed resources in a post-Paris low carbon future: The key role and political economy of sustainable electricity. **Energy Resource & Social Science**, v. 19, p. 66-93, 2016.

CRIVITS, M.; PAREDIS, E. ; BOULANGER, P. M.; MUTOMBO, E. J. K.; BAULER, T.; LEFIN, A. L. Scenarios based on sustainability discourses: constructing alternative consumption and consumer perspectives. **Futures**, v. 42, n. 10, p. 1035-1230, 2010.

DESTATTE, P. Foresight: A major tool in tackling sustainable development. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1575-1587, 2010.

DISCONZI, C. M. D. G.; CASSANEGO JUNIOR, P.; FERRAZ, R. C.; LEÃES JUNIOR, W. M. P.; SILVEIRA, M. B.; KNOLL, K. R. H. Um olhar bibliométrico sobre os cenários prospectivos. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIAS, 8., Curitiba, 2017. **Anais Curitiba: ANPAD**, 2017. p. 1-8.

DONG, C.; DONG, X.; JIANG, Q.; DONG, K.; GUIXIAN, L. What is the probability of achieving the carbon dioxide emission targets of the Paris Agreement? Evidence from the top ten emitters. **Science of the Total Environment**, v. 622-623, p. 1294-1303, 2018.

DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F. Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 122-138, 2015.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade**: canibais com garfo e faca. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro, 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. **Energias renováveis: Camilo sanciona Fundo de Incentivo à Eficiência Energética**. 2017. Disponível em: <<https://www1.sfiiec.org.br/fiec-noticias/101646/energias-renovaveis-camilo-sanciona-fundo-de-incentivo-a-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

FREITAS, J. E. de F. **O Sistema de Inovação no Setor de Defesa no Brasil**: Proposta de uma metodologia de análise prospectiva e seus possíveis cenários. 2013. 335 f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2013.

FROEHLICH, C. Publicações internacionais sobre sustentabilidade: uma revisão de artigos com o uso da técnica de análise de conteúdo qualitativa. **Revista de Administração da UFSM**, v. 7, n. 2, p. 178-195, 2014.

FROEHLICH, C.; MELLO, D.; ENGELMAN, R. Inovação e sustentabilidade: um olhar sobre a produção científica publicada em eventos da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, Novo Hamburgo, v. 14, n. 2, p. 19-32, maio 2017.

GALLON, A. V.; SOUZA, F. C.; ROVER, S.; BELLEN, H. M. V. Um estudo longitudinal da produção científica em administração direcionada à temática ambiental. **Revista Alcance**, v. 15, n. 1, p. 81-101, 2008.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. Trad. Pedrinho A. Guareschi. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

GNATZY, T.; MOSER, R. Scenario development for an evolving health insurance industry in rural India: INPUT for business model innovation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 79, p. 688-699, 2012.

GODET, M. **A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica**. Lisboa: CEPES, 2000a.

GODET, M.; DURANCE, P.; DIAS, J. **A prospectiva estratégica para as empresas e os territórios**. IEESF: Lisboa, 2008.

GODET, M. The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 65, n. 1, p. 3-22, 2000.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p.7-20, 2007.

GRISHAN, T. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 1, p. 112-130, 2009.

GUIMARAES, R.; FONTOURA, Y. Desenvolvimento sustentável na Rio+20: discursos, avanços, retrocessos e novas perspectivas. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 508-532, set. 2012.

HANSEN, E. G.; GROSSE-DUNKER, F.; REICHWALD, R. Sustainability innovation cube: a framework to evaluate sustainability-oriented innovations. **International Journal of Innovation Management**, v. 13, n. 4, p. 683-713, 2009.

HEINIMÖ, J.; OJANEN, V.; KÄSSI, T. Views on the international market for energy biomass in 2020: results from a scenario study. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 2, n. 4, p. 547-569, 2008.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. C. A.; BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: um levantamento da produção científica brasileira divulgada em periódicos da área de administração entre 1996 e 2005. **Rev. Adm. Contemp.**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 689-715, 2008.

JANNUZZI, G. M.; MELO, C. A. Grid-connected photovoltaic in Brazil: policies and potential impacts for 2030. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, p. 40-46, 2013.

KLEWITZ, J.; HANSEN, E. G. Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 57-75, 2014.

KUMAR, M.; KUMAR, A. Performance assessment and degradation analysis of solar photovoltaic technologies: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 554-587, 2017.

LACCHINI, C.; DOS SANTOS, J. C. V. Photovoltaic energy generation in Brazil e Cost analysis using coal-fired power plants as comparison. **Renewable Energy**, v. 52, p. 183-189, 2013.

LEAL FILHO, W.; MANOLAS, E.; PACE, P. The future we want: Key issues on sustainable development in higher education after Rio and the UN decade of education for sustainable development. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 16, n. 1, p. 112-129, 2015.

LEONIDOU, C. N.; LEONIDOU, L. C. Research into environmental marketing/management: a bibliographic analysis. **European Journal of Marketing**, v. 45, n. 1/2, p. 68-103, 2011.

LIZUKA, E. S.; PEÇANHA, R. S. Análise da produção científica brasileira sobre sustentabilidade entre 2008 e 2011. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2014.

LOUSLEY, C. Global future past: our common future, postcolonial times, and wordly ecologies. **Resilience: A Journal of the Environmental Humanities**, v. 4, n. 2-3, p. 21-42, 2018.

LUCA, M. M. M.; CARDOSO, V. I. C.; VASCONCELOS, A. C.; PONTES, A. B. Análise da produção científica referente à temática de sustentabilidade em pesquisas da Administração. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 15, n. 3, p. 469-469, 2014.

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. Financial Crisis, Energy and Sustainability in Brazil. **Estudos Avançados**, v. 23, n. 65, p. 121-130, 2009.

MACHADO NETO, A. J.; SILVA, J. P. C.; ALMEIDA, F. C.; CAVALCANTI, M. C. O método de análise de cenários aplicado ao agronegócio do etanol interpretado a partir da abordagem sistêmica. **Facef Pesquisa**, v. 13, n. 2, p. 162-180, 2008.

MALHOTRA, N. K.; ROCHA, M. C.; ALTHEMAN, E.; BORGES, F. M. **Introdução à pesquisa de marketing**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. **Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor**. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

MARCONI M. A.; LAKATOS E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARTENS, M. L.; BRONES, F.; CARVALHO, M. M. Lacunas e tendências na literatura de sustentabilidade no gerenciamento de projetos: uma revisão sistemática mesclando bibliometria e análise de conteúdo. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 4, n. 1, p. 165-195, 2013.

MARTINS, G. A.; THEOPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MASCARENHAS, I. P.; WEERSMA, L. A. Fatores críticos de sucesso dos projetos de parques eólicos: estudo a partir dos stakeholders de uma empresa brasileira de grande porte. **SODEBRAS**, n. 143, p. 55-60, 2017.

MAYCOCK, P. D. Cost reduction in PV manufacturing impact on grid-connected and building-integrated markets. **Solar Energy Material and Solar Cells**, v. 47, p. 37-45, 1997.

MEBRATU, D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. **Environ Impact Asses Rev.**, v. 18, p. 493-520, 1998.

MELO, P. T. N. B.; SALLES, H. K.; VAN BELLEN, H. M. Quadro institucional para o desenvolvimento sustentável: o papel dos países em desenvolvimento com base na análise crítica do discurso da Rio+20. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 701-720, 2012.

MESMO com investimento robusto, CE perde espaço na geração de energia solar fotovoltaica. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 21 de jan. 2019. Negócios. Disponível em <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/negocios/mesmo-com-investimento-robusto-ce-perde-espaco-na-geracao-de-energia-solar-1.2052265>. Acesso em: 18 fev. 2019.

MINAYO, M. C. S. (Org). **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Vozes, 2014.

MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. C.; CORNACCHIONE JUNIOR, E. B. Uma aplicação da técnica Delphi no mapeamento das dimensões das qualificações docentes na área contábil. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, v. 8, n. 2, p. 142-158, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MORAIS, N. M.; FORTE, S. A. C.; OLIVEIRA, O. V.; SOBREIRA, M. C. Proposição de método para avaliar a maturidade do processo de cenários nas organizações. **RAM - Rev. Adm. Mackenzie**, v. 16, n. 2, p. 214-244, 2015.

MORITZ, G. O.; NUNER, R.; PEREIRA, M. F. Os métodos de prospecção de cenários e sua aplicação nas organizações: um estudo de caso no período 1998-2008. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 7, n. 2, p. 68-83, 2008.

MORO, A.; BOELMAN, E.; JOANNY, G.; GARCIA, J. L. A bibliometric-based technique to identify emerging photovoltaic technologies in a comparative assessment with expert view. **Renewable Energy**, v. 123, p. 407-416, 2018.

MOTTA-ROTH, D. **Redação acadêmica: princípios básicos**. Santa Maria: Laboratório de Pesquisa e Ensino de Leitura e Redação/Imprensa Universitária, Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

MUNDO-HERNÁNDEZ, J.; ALONSO, B. C.; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, J.; CELIS-CARRILLO, B. An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 639-646, 2014.

NAÇÕES UNIDAS. **Acordo de Paris**. dez. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

_____. **Acordo de Paris para o clima entra em vigor; ONU pede mais esforços na redução de emissões**. nov. 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acordo-de-paris-para-o-clima-entra-em-vigor-onu-pede-mais-esforcos-na-reducao-de-emissoes/>. Acesso em: 8 set. 2018.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estud. Av.**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.

NASCIMENTO, T. C., MENDONÇA, A. T. B.; CUNHA, S. K. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 10, n. 3, p. 630-651, 2012.

NAZEERUDDIN, M. K. Twenty-five years of low-cost solar cells. **Nature**, v. 538, p. 463-464, 2016.

O'REGAN, B.; GRÄTZEL, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. **Nature**, v. 353, p. 737-740, 1991.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data**. 3. ed. Paris, 2005.

OLIVEIRA, A. D. Desempenho da implementação do Programa Luz para Todos: novos atores como fator explicativo. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 18, n. 63, p. 269-289, 2013.

OLIVEIRA, A. G. **Orientação para o Mercado Sustentável: um modelo de gestão para os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia Brasileiros**. 2015. 213 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas (PPGA), Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza, 2015.

OLIVEIRA, O.; FORTE, S. A. C. A indústria bancária brasileira: Construindo cenários prospectivos e identificando as estratégias de utilização mais provável. **Rev. Portuguesa e Brasileira de Gestão**, Lisboa, v. 8, n. 2, p. 64-77, 2009.

OLIVEIRA, O. V.; FORTE, S. H. A. C. Cenários Prospectivos da Indústria Bancária Brasileira: identificação dos recursos competitivos de utilização mais provável. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 4., 2009, Recife. **Anais [...]**. Recife: ANPAD, 2009.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Acordo de Paris**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

_____. **Agenda 2030**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PINSKY, V. C.; MORETTI, S. L. A.; KRUGLIANSKAS, I.; PLONSKI, G. A. Inovação sustentável: uma perspectiva comparada da literatura internacional e nacional. **RAI - Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 3, p. 226-250, 2015.

PODCAMENI, M. G. V. B. **Sistemas de inovação e energia eólica: a experiência brasileira**. 2014. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2014.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

PORTO, M. F. S.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 100, p. 37-64, 2013.

QUADROS, R.; VIEIRA, G.; CONSONI, F.; QUINTÃO, R. Choosing accurately: competitive intelligence on prospecting partners for technological cooperation. **RAI - Revista de Administração e Inovação**, v. 1, n. 3, p. 323-346, 2014.

RINGLAND, G. **Scenario Planning: Managing for the Future**. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 1998.

ROBERTS, D. A global roadmap for climate change action: From COP17 in Durban to COP21 in Paris. **S. Afr. J. Sci.**, Pretoria, v. 112, n. 5-6, p. 1-3, 2016.

ROMANO, G. Segurança energética e mudanças climáticas na União Europeia. **Contexto Int.**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 1, p. 113-143, 2014.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico - ecológica. **Estud. Av.**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

ROSA, F.; ENSSLIN, S. R. Tema a "gestão ambiental" em eventos científicos: um estudo exploratório nos eventos avaliados segundo critério qualis da Capes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 9., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Unicenp: 2007.

RUTHER, R. Relatório da sessão "Energias alternativas e potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil". **Parc. Estrat.** Ed. Esp. Brasília-DF, v. 15, n. 31, p. 273-286, jul./dez. 2010.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI – desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel Fundap, 1993.

_____. **Desenvolvimento Includente, Sustentável, Sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

_____. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. São Paulo: Cortez, 2007.

_____. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

_____. De volta à mão visível: os desafios da Segunda Cúpula da Terra no Rio de Janeiro. **Estud. Av.**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 5-20, 2012.

SALAMONI, I. T.; RUTHER, R.; ZILLES, R. Uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria fotovoltaica no Brasil: eletricidade solar para os telhados. **Parc. Estrat.** ed. Esp. Brasília-DF, v. 14, n. 28, p. 219-243, jan./jun. 2009.

SANTANDER. **Santander**. 2019. Disponível em: <https://www.santander.com.br/>. Acesso em: 17 nov. 2018.

SCHENATTO, F. J. A. POLACINSKI, E.; ABREU, A. F.; ABREU, P. F. Análise crítica dos estudos do futuro: uma abordagem a partir do resgate histórico e conceitual do tema. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 18, n. 4, 2011.

SCHUTTE, G. R. Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil em comparação internacional. **Revista do Serviço Público**, v. 66, n. 2, p. 227-255, 2015.

SCHUBERT, A.; LÁNG, I. The literature after math of the brundtland report 'our common future'. A scientometric study based on citations in science and social science journals. **Environment, Development and Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2005.

SCHOEMAKER, P. J. H. Scenario Planning: a tool for strategic thinking. **Sloan Management Review**, v. 36, n.2, p. 25-40, 1995.

SHOEMAKER, P. J. H.; DAY, G. S.; SNYDER, S. A. Integrating organizational networks, weak signals, strategic radars and scenario planning. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 80, p. 815-824, 2013.

SILVA, M. C. da. **Estratégias de Criação de Valor Compartilhado a serem Adotadas pela Indústria da Construção Civil Diante de Cenários Prospectados para o Período de 2016 a 2025**. 2016. 187 f. Dissertação (Mestrado e Administração de Empresas) – Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas (PPGA), Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza, 2016.

SILVA, M. C.; FORTE, S. H. A. C. Estratégias de criação de valor compartilhado a serem adotadas diante de cenários prospectados para a indústria da construção cível no Ceará. **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 227-254, set./dez. 2016.

SILVA, C. L.; RABELO, J. M. O.; BOLLAMANN, H. A. Energia no lixo: uma avaliação da viabilidade do uso do biogás a partir de resíduos sólidos urbanos. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - ANPPAS, 2008, Brasília. In: ENCONTRO NACIONAL ANPPAS, 4., , 2008, Brasília. **Anais....** Brasília: ANPPAS, 2008. p. 1-20.

SILVA, C. L.; RABELO, J. M. O; RAMAZZOTE, V. C. B.; ROSSI, L. F. S.; BOLLAMANN, H. A. A cadeia de biogás e a sustentabilidade local: uma análise socioeconômica ambiental da energia de resíduos sólidos urbanos do aterro da Caximba em Curitiba. **Innovar**, Bogotá, v. 19, n. 34, p. 83-98, maio 2009.

SILVA, R. M.; PRIMO, M. A. M. Framework para análise da sustentabilidade de fontes de energia. **Interciencia**, Caracas, v. 38, n. 11, p. 760-768, nov. 2013.

SILVA, C. O. S.; NASSAR, C. A. G. Análise do Uso da Energia Elétrica no Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 3, p. 1-20, 2016.

SILVEIRA, L. M.; PETRINI, M. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social Corporativa: uma análise bibliométrica da produção científica internacional. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 56-67, mar. 2018.

SILVERMAN, D. **Interpretação de dados qualitativos: métodos para análise de entrevistas, textos e interações**. Porto Alegre: Artmed/Bookman, 2009.

SOUZA, M. T. S.; RIBEIRO, H. C. M. Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração. **Rev. Adm. Contemp.**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 368-396, 2013.

SOUZA, M. T. S.; MACHADO, C., Jr.; PARISOTTO, I. R.; SILVA, H. E. M. A pós-Graduação stricto sensu em administração como elemento de formação de pesquisadores na área ambiental. In: ENCONTRO DE ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, n. 35, 2011, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2011.

STAR, J.; ROWLAND, E. L.; BLACK, M. E.; ENQUIST, C. A. F.; GARFIN, G.; HOFFMAN, C. H.; HARTMANN, H.; JACOBS, R. H.; WAPLE, A. M. Supporting adaptation decisions through scenario planning: Enabling the effective use of multiple methods. **Climate Risk Management**, v. 13, p. 88-94, 2016.

TRAVERSO, M.; ASDRUBALI, F.; FRANCIÀ, A.; FINKBEINER, M. Towards life cycle sustainability assessment: an implementation to photovoltaic modules. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, p. 1068-1079, 2012.

TONN, N. E. Futures sustainability. **Futures**, v. 39, n. 9, p. 1097-1116, 2007.

TU, Y. Urban debates for climate change after the kyoto protocol. **Urban Studies**, v. 55, n. 1, p. 3-18, jan. 2018.

VERGARA, S. C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

VILELA, P. R. Segurança energética depende de fontes limpas, diz Moreira Franco. **Agência Brasil**, Brasília, ago. 2018. Economia. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-08/seguranca-energetica-depende-de-fontes-limpas-diz-moreira-franco>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

VON FRANTZIUS, I. World summit on sustainable development Johannesburg 2002: a critical analysis and assessment of the outcomes. **Environmental Politics**, Londres, v. 13, n. 2, p. 467-473, 2004.

WANG, H.; ZHENG, S.; ZHANH, Y.; ZHANG, K. Analysis of the policy effects of downstream Feed-In Tariff on China's solar photovoltaic industry. **Energy Policy**, v. 95, p. 479-488, 2016.

YOSHIDA, N. D. **A prospecção do futuro como suporte à busca de informações para a decisão empresarial**: um estudo exploratório. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2011.

ZACKIEWICZ, M.; BONACELLI, M. B.; SALLES FILHO, S. Estudos prospectivos e a organização de sistemas de inovação no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, mar. 2005.

ZHANG, Y.; SIVAKUMAR, M.; YANG, S.; ENEVER, K.; RAMEZANIANPOUR, M.; Applivation of solar energy in water treatment processes: a review. **Desalination**, v. 428, p. 116-145, 2018.

APÊNDICIA A – VARIÁVEIS EXTRAÍDAS DE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Temas	Subtemas	Autores
Agricultura e Meio Ambiente	Agricultura ambiental; Agricultura ecológica; Agroecologia; Agroecológico	Souza et al (2011); Sousa e Ribeiro (2013); Lizuka e Peçanha (2014); Froehlich (2014) e Silveira e Petrini (2018)
Análise de Riscos Ambientais	Análise de riscos ambientais; Acidente ambiental; Dano ambiental	
Áreas e subáreas da ciência da sustentabilidade.	Ciência da sustentabilidade, áreas e subáreas.	
Avaliação de desempenho	Desempenho financeiro, mensuração, indicadores	
Avaliação do Ciclo de Vida	ACV; Análise do ciclo de vida; Avaliação do ciclo de vida	
Cadeia de Suprimentos Verde	Cadeia de suprimento orgânico; Cadeia reversa; Compra verde; Logística ambiental; Logística reversa	
Conflito Ambiental	Conflito (ambiental/socioambiental)	
Consumo consciente.	Ecological footprint method; publicidade; produção; consumo.	
Contabilidade Ambiental	Contabilidade ambiental; Passivo ambiental	
Desempenho social das empresas.	Responsabilidade social total = responsabilidade econômica, legal, ética e discricionária.	
Desenvolvimento local participativo, indicadores de sustentabilidade e contabilidade ambiental.	Desenvolvimento local participativo; contabilidade ambiental.	
Desenvolvimento Sustentável	Agenda 21; Cidade sustentável; Crescimento sustentável; Desenvolvimento (local/municipal/regional/rural/econômico) sustentável; Ecodesenvolvimento; Footprint; Sustentabilidade e Desenvolvimento Indicadores de desenvolvimento sustentável; Pegada ecológica;	
Disclosure ambiental, balanço social.	Divulgação de informações sobre iniciativas socioambientais; desempenho financeiro corporativo.	
Ecodesign	Ecodesign	
Ecoeficiência	Ecoeficiência; Eco-eficiência; Produtividade + Ambiental	
Economia ambiental	Compensação ambiental; Externalidade ecológica; Valoração ambiental; Viabilidade ecológica.	
Educação Ambiental	Educação ambiental	
Empreendedores verdes.	Empreendedor verde, itens recicláveis e negócio verde.	
Energias Alternativas	Biocombustível; Biodiesel; Etanol; Energia Alternativa; Sucroalcooleiro;	
Fatores para adoção	Características internas e externas, recursos e capacidades organizacionais	
Fatores que motivam os atores para prática da sustentabilidade	População versus consumo e recursos versus produtividade.	
Gestão Ambiental	Desempenho ambiental; Gestão ambiental municipal; Gestão do meio ambiente; Governança ambiental; Impacto ambiental; Práticas ambientais; Responsabilidade ambiental; Sustentabilidade ambiental.	
Gestão de Resíduos	Catador; Coletador de material; Coleta seletiva; Descarte; Gerenciamento /Gestão de resíduos (sólidos/ urbanos); Gestão de perdas; Lixo; Material (reaproveitável/ reciclável);	

Temas	Subtemas	Autores
	Reaproveitamento; Reciclagem; Redução de desperdício	
Impactos sociais e ambientais	Recursos ambientais, justiça e equidade social	
Inovação ambiental	Inovação ambiental; Tecnologias + Meio Ambiente	
Legislação Ambiental	ICMS Ecológico; Imposto verde; Jurídico-ambiental; Procedimento ambiental legal; licenciamento/Regulamentação/Política (ambiental)	
Logística reversa e resíduos sólidos.	Monitoramento ambiental de resíduos; gestão de resíduos.	
Manufatura verde e responsabilidade social	Manufatura verde e responsabilidade social corporativa.	
Marketing Verde	Apelo/ Atributo (ecológico); Atitude + meio ambiente (Eco-atitudes); Comportamento (ambiental/socioambiental); Consumidor ambiental; Consumo (consciente/ sustentável/ + Meio Ambiente); Decisão de compra ecológica; Discurso/ Percepção (ambiental); Marketing ambiental; Processo de compra + meio ambiente; Produto sustentável; Propaganda ecológica	
MDL e Inventário de emissões	(Certificado de) redução de emissão; Mecanismo de desenvolvimento limpo; Mercado de carbono; Mudanças climáticas; Protocolo de Kyoto	
Movimento ambientalista	ONG's Ambientais; Organização ambientalista; Preocupação ambiental	
Ontologia	Conceituação, elementos definidores	
Os determinantes para o desenvolvimento da sustentabilidade corporativa	Desenvolvimento da sustentabilidade corporativa: experiência internacional, capacidades de gerenciamento de capital, multas e penalidades e atenção da mídia.	
Os paradigmas e a sustentabilidade.	Desenvolvimento sustentável, paradigmas e componentes do desenvolvimento sustentável (inclusão, conectividade, equidade, prudência e segurança).	
Produção científica	Avaliação de desempenho; bibliometria; inovação sustentável.	
Produção mais limpa	P+L; Produção mais limpa	
Redes organizacionais e sociais.	Redes sociais; redes de relações cooperativas.	
Responsabilidade social corporativa.	Responsabilidade social corporativa, mudança organizacional orientação de mercado e stakeholders.	
Rotulagem Ambiental	Agricultura orgânica; Alimento orgânico; Produção de orgânicos; Produto orgânico; Selo verde	
Sistema de Gestão Ambiental	Auditoria ambiental; Certificação ambiental; (Certificação) ISO 14001; SGA; Segurança e Meio Ambiente; Sistema de avaliação de segurança, saúde, meio ambiente e qualidade (SASSMAQ); Sistemas de gestão integrados	
Sustentabilidade como estratégia	Gestão, estratégia empresarial	
Sustentabilidade e marketing.	Recursos corporativos e desempenho ambiental, teoria do stakeholder e desempenho financeiro, teoria do stakeholder e desempenho social.	
Sustentabilidade e pequenas empresas.	Governança corporativa, diferenças entre gerações, logística, contabilidade, tecnologia e ambiente.	
Sustentabilidade e stakeholders.	Padrões de responsabilidade ambiental, ambiente de proatividade e influência dos stakeholders.	
Trade-off entre meio-ambiente e economia	Produtividade, inovação, leis ambientais e competitividade.	
Triple bottom line.	Mensuração, agregação, convergência, obrigação social e transparência	

Temas	Subtemas	Autores
Turismo sustentável	Ecoturismo; Turismo ecológico; Turismo + ambiental	
Temáticas diversas.	Crédito governamental; visão baseada em recursos; política urbana; reordenação territorial e ambiental; biopirataria; qualidade de vida; desempenho social e econômico; competências empreendedoras; apoio multicritério à decisão; desenvolvimento sustentável; produtos orgânicos; saneamento básico; certificação agrícola; tributação verde; ICMS Ecológico; políticas públicas; tecnologias limpas, projetos de MDL; mobilização de recursos; ecovilas; economia solidária.	

Fonte: Adaptação própria a partir de Froehlich (2014), Lizuka e Peçanha (2014), Silveira e Petrini (2018), Sousa e Ribeiro (2013) e Souza et al. (2011).

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA

As perguntas elaboradas para este questionário sugerem que você reflita sobre o atual panorama das energias renováveis no Ceará, particularmente, a fotovoltaica, no sentido de identificar aspectos relevantes dessa fonte alternativa de energia para a elaboração de cenários no escopo dos próximos 10 anos.

Dimensões	Perguntas
Sustentabilidade Social	Você percebe relação entre a adoção da energia solar fotovoltaica com a melhoria da qualidade de vida, redução das desigualdades sociais e distribuição de renda no estado do Ceará? Em que sentido? Exemplifique.
Sustentabilidade Cultural	Você tem objeção ou aceitação ao uso da energia solar fotovoltaica? Por que? Você percebe objeção ou aceitação das pessoas? E de empresas? E do governo?
Sustentabilidade Ecológica	Você compreende a energia solar fotovoltaica como uma fonte de energia que preserva o meio ambiente? Por que?
Sustentabilidade Territorial	Você relaciona a energia solar fotovoltaica com o processo de desenvolvimento territorial (urbano e/ou rural)? Faria sugestões de políticas públicas para o desenvolvimento territorial? Quais? Dê exemplos. Em que sentido a energia solar fotovoltaica contribui com o desenvolvimento urbano e rural?
Sustentabilidade Econômica	A energia solar fotovoltaica pode ser concebida como um negócio? Por que? Que vantagens e desvantagens econômicas estariam associadas a adoção desse empreendimento? Na situação de você ser proprietário de uma empresa você adotaria a energia solar? Por que? Que vantagens e desvantagens econômicas estariam associadas a adoção dessa modalidade de energia no seu negócio? E no uso residencial?
Sustentabilidade Política (nacional)	Como políticas públicas poderiam influenciar ou não a adoção da energia solar fotovoltaica? Você identifica políticas relacionadas ao tema ou em processo de formulação no estado do Ceará, na atualidade?
	Quais tem sido as principais inovações que ocorreram nos últimos anos em relação a energia solar fotovoltaica? E quanto ao futuro, o que se pode esperar?
	Considerando o futuro da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará para o ano de 2030, que situações você imagina que poderão acontecer nos cenários otimista, realista e pessimista?

Fonte: Elaboração própria (2018).

APÊNDICE C – VARIÁVEIS INICIAIS

Categorias	Variáveis
Sustentabilidade Social	Acesso aos recursos de comunicação
	Oferta de empregos
	Quantidade de pequenas empresas
	Qualidade de vida
Sustentabilidade Cultural	Consumo consciente
	Exemplo do setor público
	Falta de conhecimento
Sustentabilidade Ecológica	Acordo de Paris
	Gestão de resíduos
	Marketing verde
	Matriz energética limpa
	Redução das emissões
	Segurança energética
	Impacto Ambiental
Sustentabilidade Territorial	Desenvolvimento local
	Estrutura de fornecimento de energia
	Potencial do Ceará
Sustentabilidade Econômica	Cadeia de suprimentos
	Competitividade do setor produtivo
	Condições de financiamento
	Custo dos equipamentos
	Redução do custo de energia
	Qualificação da mão-de-obra
	Empreendedorismo verde
	Independência energética
Sustentabilidade Política	Desburocratização
	Financiamento por bancos públicos
	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética
	Instalação em prédios públicos
	Isenção/redução de impostos
	Políticas para atração de investimentos
	Políticas municipais de incentivo
	Segurança política/jurídica
Subsídios diretos	
Inovação	Baterias
	Carros Elétricos
	Design dos Painéis
	Eficiência dos Painéis
	Eficiência dos Inversores
	Inversores Híbridos

Fonte: Elaboração própria (2018).

APÊNDICE D – VARIÁVEIS TRANSFORMADAS EM EVENTOS

	Variáveis	Variáveis Transformadas em Eventos
Sustentabilidade Social	Acesso aos recursos de comunicação	Proporciona acesso aos recursos de comunicação
	Oferta de empregos	Ampliação da oferta de empregos
	Quantidade de pequenas empresas	Ampliação da quantidade de pequenas empresas
	Qualidade de vida	Proporciona melhoria da qualidade de vida
Sustentabilidade Cultural	Consumo consciente	Consumo consciente
	Exemplo do setor público	Exemplo do setor público
	Falta de conhecimento	Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão
Sustentabilidade Ecológica	Acordo de Paris	Permanência do Brasil no Acordo de Paris
	Gestão de resíduos	Impacto do descarte dos equipamentos após vida útil
	Marketing verde	Propaganda ecológica
	Matriz energética limpa	Limpeza da matriz energética
	Redução das emissões	Redução das emissões de gases do efeito estufa
	Segurança energética	Segurança energética
	Impacto Ambiental	Redução do impacto ambiental
Sustentabilidade Territorial	Desenvolvimento local	Desenvolvimento de localidades pobres
	Estrutura de fornecimento de energia	Alteração na estrutura das redes de fornecimento de energia
	Potencial do Ceará	Potencial do Ceará
Sustentabilidade Econômica	Cadeia de suprimentos	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos
	Competitividade do setor produtivo	Competitividade do setor produtivo
	Condições de financiamento	Condições de financiamento
	Custo dos equipamentos	Custo dos equipamentos
	Redução do custo de energia	Redução do custo de energia
	Qualificação da mão-de-obra	Mão-de-obra qualificada
	Empreendedorismo verde	Empreendedorismo verde
Sustentabilidade Política	Independência energética	Independência energética
	Desburocratização	Desburocratização
	Financiamento por bancos públicos	Financiamento por bancos públicos
	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética	Fundo estadual de incentivo à eficiência energética
	Instalação em prédios públicos	Instalação em prédios públicos
	Isenção/redução de impostos	Isenção/redução de impostos
	Políticas para atração de investimentos	Políticas estaduais para atração de investimentos
	Políticas municipais de incentivo	Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis
	Segurança política/jurídica	Segurança política/jurídica
Subsídios diretos	Implantação de política de subsídios	
Inovação	Baterias	Baterias mais eficientes
	Carros Elétricos	Carros elétricos
	Design dos Painéis	Design dos painéis
	Eficiência dos Painéis	Eficiência dos painéis
	Eficiência dos Inversores	Eficiência dos inversores
	Inversores Híbridos	Inversores híbridos (<i>on grid/offgrid</i>)

Fonte: Elaboração própria (2018).

APÊNDICE F – EVENTOS QUE CONSTAM NO QUESTIONÁRIO DEFINITIVO

Sustentabilidade Social	Acesso aos recursos de comunicação	Proporciona acesso aos recursos de comunicação
	Ampliação da oferta de empregos	Ampliação da oferta de empregos
	Ampliação da quantidade de pequenas empresas	Ampliação da quantidade de pequenas empresas
	Melhoria da qualidade de vida	Proporciona melhoria da qualidade de vida
Sustentabilidade Cultural	Consumo consciente	Consumo consciente
	Exemplo do setor público	Exemplo do setor público
	Falta de conhecimento	Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão
Sustentabilidade Ecológica	Acordo de Paris	Permanência do Brasil no Acordo de Paris
	Gestão de resíduos	Impacto do descarte dos equipamentos após a vida útil
	Marketing verde	Propaganda ecológica
	Matriz energética limpa	Limpeza da matriz energética
	Redução das emissões	Redução das emissões de gases do efeito estufa
	Segurança energética	Segurança energética
	Impacto Ambiental	Redução do impacto ambiental
Sustentabilidade Territorial	Desenvolvimento local	Desenvolvimento local
	Estrutura de fornecimento de energia	Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia
	Potencial da região	Potencial do Ceará
Sustentabilidade Econômica	Cadeia de suprimentos	Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços
	Competitividade do setor produtivo	Competitividade do setor produtivo
	Condições de financiamento	Condições de financiamento
	Custo dos equipamentos	Custo dos equipamentos
	Redução do custo de energia	Redução do custo de energia
	Qualificação da mão-de-obra	Mão-de-obra qualificada
	Empreendedorismo verde	Empreendedorismo verde
	Independência energética	Independência energética
Sustentabilidade Política	Desburocratização e agilidade nos processos	Desburocratização e agilidade nos processos de homologação
	Financiamento por bancos públicos	Financiamento por bancos públicos
	Fundo de Incentivo à Eficiência Energética	Fundo estadual de incentivo à eficiência energética
	Instalação em prédios públicos	Instalação em prédios públicos
	Isenção/redução de impostos	Isenção/redução de impostos
	Políticas para atração de investimentos	Políticas estaduais para atração de investimentos
	Políticas municipais de incentivo	Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis
	Segurança política/jurídica	Segurança política/jurídica
	Subsídios diretos	Implantação de política de subsídios
Inovação	Baterias	Baterias mais eficientes
	Carros Elétricos	Carros elétricos
	Design dos Painéis	Design dos painéis
	Eficiência dos Painéis	Eficiência dos painéis
	Eficiência dos Inversores	Eficiência dos inversores
	Inversores Híbridos	Inversores híbridos (<i>on grid/of grid</i>)

Fonte: Elaboração própria (2018).

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DEFINITIVO

CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ	
Perfil do Respondente	
* Nome	<input type="text"/>
* Qual a sua área de atuação?	
<input type="checkbox"/> Professor / Pesquisador	
<input type="checkbox"/> Empreendedor do ramo de energia solar	
<input type="checkbox"/> Usuário da energia solar fotovoltaica	
<input type="checkbox"/> Membro da Federação das Indústrias do Estado do Ceará	
<input type="checkbox"/> Representante do setor público	
<input type="checkbox"/> Outro (especifique)	<input type="text"/>
* Tempo de experiência na área de energia solar fotovoltaica	
<input type="radio"/> Até 5 anos	
<input type="radio"/> de 6 a 10 anos	
<input type="radio"/> mais de 10 anos	

CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ

Prospecção de Cenários

A seguir estão listadas as variáveis que poderão compor os cenários prospectivos para os próximos dez anos referentes a energia solar fotovoltaica no Ceará. Para cada variável listada, serão apresentadas três colunas para resposta. Por favor marque as respostas como segue:

Pertinência - indica a pertinência ou não da variável para a definição / desenho dos cenários futuros da energia solar fotovoltaica no Ceará. A escala vai de 0 a 5, sendo que 0 corresponde a nenhuma pertinência e 5 à máxima pertinência.

(0- sem pertinência, 1- muito pouca pertinência, 2- pouca pertinência, 3- razoável pertinência, 4- forte pertinência, 5- extrema pertinência).

Favorabilidade - indica o quanto a variável exerce de influência positiva ou negativa para o futuro da energia solar fotovoltaica. Vai de 0 a 100% com intervalos de 10 e 10%. (0%- indica que a ocorrência da variável é muito desfavorável, ..., 100% indica que a ocorrência da variável é muito favorável)

Probabilidade - indica a probabilidade de ocorrência da variável nos próximos dez anos. Essa escala vai de 0 a 100% com intervalos de 10 em 10%. (0%- indica que não existe nenhuma probabilidade de ocorrência da variável no futuro, ..., 100% indica que existe uma elevada probabilidade de ocorrência da variável).

* Seção 1

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Ampliação da oferta de empregos	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ampliação da quantidade de pequenas empresas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Melhoria da qualidade de vida	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Seção 2

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Consumo consciente	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Exemplo do setor público	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Desconhecimento das pessoas como barreira para expansão	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Seção 3

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Permanência do Brasil no Acordo de Paris	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Impacto do descarte dos equipamentos após a vida útil	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Propaganda ecológica	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Segurança energética	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Redução do impacto ambiental	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Seção 4

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Desenvolvimento de localidades pobres	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Alteração na estrutura das redes de distribuição de energia	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencial do Ceará	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Seção 5

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Desenvolvimento da cadeia de suprimentos e serviços	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Competitividade do setor produtivo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Condições de financiamento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Custo dos equipamentos	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Redução do custo de energia	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mão-de-obra qualificada	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Independência energética	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Seção 6

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Desburocratização e agilidade nos processos de homologação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Financiamento por bancos públicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundo estadual de incentivo à eficiência energética	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instalação em prédios públicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Isenção/redução de impostos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Políticas estaduais para atração de investimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Políticas municipais de incentivo a geração de energias renováveis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segurança política/jurídica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implantação de política de subsídios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

* Seção 7

	Pertinência (0 a 5)	Favorabilidade (0% a 100%)	Probabilidade (0% a 100%)
Baterias mais eficientes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carros elétricos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Design dos painéis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eficiência dos painéis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eficiência dos inversores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inversores híbridos (<i>on grid / off grid</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

APÊNDICE G – MODELO DE E-MAIL DE ENCAMINHAMENTO DO QUESTIONÁRIO

Prezado Senhor(a),

Sou Alex Bizarria Bezerra, mestrando do curso de Administração de Empresas da Universidade Estadual do Ceará (UECE), orientando da Profa. Dra. Adriana Teixeira Bastos e estou realizando uma pesquisa para minha dissertação sobre: **CENÁRIOS PROSPECTIVOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO CEARÁ**, como requisito para conclusão do curso.

Considerando a sua posição de especialista na área, solicito a gentileza em responder este questionário. Sua contribuição será de valorosa importância para o levantamento de possíveis cenários futuros da energia solar fotovoltaica no Ceará. Dessa forma, solicito que responda o questionário de forma que atribua pesos às variáveis listadas.

Abaixo segue o link do questionário de pesquisa:

<https://pt.surveymonkey.com/r/6B6SLKT>

Agradeço a sua contribuição!

Alex Bizarria Bezerra

Tel.: (85) 98885-5644

<http://lattes.cnpq.br/1782792504441437>