

## **A PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA SOBRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PERÍODO DE 2007 A 2017**

*THE BRAZILIAN SCIENTIFIC PRODUCTION ON SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY IN THE PERIOD 2007 TO 2017*

### **Sandra Mara Stocker Lago**

Email: smstocker@uol.com.br

Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio - Unioeste - Campus de Toledo. Professora do Curso de Administração e do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) - Mestrado Profissional - Unioeste - Campus de Cascavel, PR, Brasil

### **Cibely Delabeneta**

Email: cibely\_d@hotmail.com

Bacharel em Ciências Contábeis - Unioeste - Campus de Cascavel. Mestranda em Administração - Unioeste - Mestrado Profissional - Unioeste - Campus de Cascavel, PR, Brasil

Manuscript first received/Recebido em: 04/07/2018 Manuscript accepted/Aprovado em: 27/12/2018

### **Resumo:**

O estudo objetivou analisar a produção científica brasileira sobre energia solar fotovoltaica no período de 2007 a 2017. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e foram analisados teses e dissertações publicados no Catálogo de teses e dissertações da Capes; e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Também foram analisadas as publicações em periódicos nacionais classificados pelo sistema de avaliação *Qualis* Capes 2017 nos estratos de classificação A1 à B4. Ao todo foram selecionados 35 trabalhos. Analisou-se individualmente os principais aspectos de cada pesquisa, evidenciando e discutindo as similaridades e/ou divergências nos resultados. As pesquisas exploraram principalmente a viabilidade técnica financeira e/ou econômica da aplicação de sistemas fotovoltaicos, bem como os mecanismos de incentivos, aspectos jurídicos e ambientais. Embora a maioria dos

projetos apresentassem viabilidade técnica, no entanto, no aspecto financeiro e/ou econômico, muitos demonstraram ser inviáveis devido aos elevados custos dos equipamentos.

**Palavras-chave:** sustentabilidade; energia renovável; fotovoltaica; energia solar; geração de energia.

**Abstract:**

The study aimed to analyze the Brazilian scientific production on photovoltaic solar energy from 2007 to 2017. It is a bibliographical research and analyzed theses and dissertations published in the Catalog of theses and dissertations of Capes; and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD). We also analyzed the publications in national journals classified by the Qualis Capes 2017 evaluation system in strata classified as A1 to B4. In all, 35 papers were selected. The main aspects of each research were analyzed individually, evidencing and discussing the similarities and / or divergences in the results. The researches mainly explored the technical financial and / or economic viability of the application of photovoltaic systems, as well as incentive mechanisms, legal and environmental aspects. Although most of the projects presented technical feasibility, however, in the financial and / or economic aspect, many proved to be unviable due to the high equipment costs.

**Keywords:** sustainability; renewable energy; photovoltaic; solar energy; power generation.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente a relação do homem com a natureza é marcada por degradações, provocada tanto pela utilização desenfreada e despreocupada dos recursos naturais, quanto de práticas criminosas de poluição, que causam grandes desastres ambientais (Brandalise *et al.*, 2017). Segundo Mazzuoli e Teixeira (2013) é direito da humanidade ter a garantia de um ambiente sadio. Neste sentido, o homem é desafiado a promover o desenvolvimento econômico, e ainda assim, assegurar a preservação do meio ambiente (Aye & Edoja, 2017).

Considerando que o setor energético é responsável por 68% das emissões globais de gases de efeito estufa (*International Energy Agency [IEA], 2017*) e a matriz energética global é altamente dependente dos combustíveis fósseis, buscar uma alternativa de energia sustentável não se torna apenas uma opção, mas é, antes disso uma responsabilidade ética (Lardizabal *et al.*, 2014).

O Brasil é destaque internacional na geração de energia renovável e ocupa atualmente a 3ª posição no *ranking*, com evidência para a energia hidroelétrica que representa 9% da geração mundial (*International Energy Agency [IEA]*, 2017). No entanto, a produção brasileira atual de energia é insuficiente para atender a demanda projetada para os próximos anos. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), as projeções de demanda de energia para o período de 2013 a 2050 tendem a aumentar pouco mais de duas vezes (EPE, 2016).

Dentre as opções de utilização de recursos renováveis para a geração de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica apresenta um grande potencial no Brasil. Os piores indicadores de irradiação solar de algumas regiões do país, supera inclusive, o local mais ensolarado da Alemanha (*Atlas Brasileiro de Energia Solar*, 2017).

Diante desse cenário, a pesquisa busca investigar o seguinte questionamento: como a produção científica tem abordado a utilização de energia solar fotovoltaica ao longo dos últimos 11 anos? Visando responder à questão de pesquisa, realizou-se uma revisão sistemática de artigos científicos, teses e dissertações que exploraram sobre o tema.

## **2 Revisão teórica**

### **2.1 Sustentabilidade**

A noção de sustentabilidade advém de duas origens, sendo a primeira voltada a biologia e a sua capacidade de recuperação dos ecossistemas. Já a segunda origem está relacionada a questões econômicas aliadas ao desenvolvimento e a expansão do consumo mundial. Surge então, a necessidade do desenvolvimento sustentável considerando a finitude dos recursos naturais (Nascimento, 2012).

A preocupação com a degradação ambiental teve início já na década de 1960, no entanto, o marco histórico em prol ao meio ambiente ocorreu em 1972 na cidade de Estocolmo, onde realizou-se a Conferência da ONU (Organização das Nações Unidas) em que foi elaborado o Manifesto Ambiental que declarou: “Defender e melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações se tornou uma meta fundamental para a humanidade.” (Organização das Nações Unidas [ONU], 1972, p. 2)

Posteriormente, diversos eventos mundiais ratificaram a importância das questões ambientais, visando conscientizar a humanidade da utilização racional e consciente dos recursos naturais.

## 2.2 Energia renovável

A pressão pelo progresso resulta no consumo predatório de bens públicos globais finitos, como é o caso da matriz energética a partir de combustíveis fósseis, que além de sua finitude, ainda possuem alto potencial poluidor (Boff & Boff, 2017). De acordo com Boff e Boff (2017) e Vidadili *et. al* (2017) para suprir as necessidades humanas, sem agredir ao meio ambiente, a sociedade é desafiada a buscar novas tecnologias.

Na seara energética, amplia-se a opção por energias renováveis tendo como principais: o biodiesel, a energia solar, a energia eólica, a biomassa e a hidroenergia, que estão substituindo as fontes de energia tradicionais como o petróleo, gás e carvão que são insustentáveis.

## 2.3 Energia solar fotovoltaica

O modelo brasileiro de energia é altamente dependente da hidrelétrica, que apesar de ser uma fonte renovável também está sujeita a escassez, comprometendo o fornecimento de energia do país (Lardizabal *et al.*, 2014). Com o emprego de novas tecnologias é possível gerar eletricidade a partir da energia solar, as quais podem ser amplamente praticadas como alternativas renováveis às tecnologias hidroelétricas convencionais (Kabir *et. al*, 2017).

A eletricidade solar ocorre por sistemas térmicos ou do tipo fotovoltaico. O primeiro é convertido em aquecimento, refrigeração, secagem, usina termoelétrica, e são aplicados em secagem de culturas, aquecimento de casas, conservação de alimentos e tantas outras funções. A do tipo fotovoltaica é convertida diretamente em eletricidade e pode ser aplicada em baixa e média potência como: em estações de comunicação, luzes de rua, bombeamento de água e atividades equiparadas (Akuru *et al.* 2017).

Segundo Rocha *et. al* (2013) a sociedade demanda cada vez mais por energia “limpa”, e é relevante criar alternativas que amenizem os impactos ao meio ambiente e que ao mesmo tempo promovam o bem-estar da sociedade. A energia solar fotovoltaica é uma alternativa energética sustentável e promissora, e o Brasil possui características climáticas favoráveis para a exploração desta matriz (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

## 3 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa exploratória, na qual utilizou-se a revisão sistemática, que segundo Conforto, Amaral e Silva (2011) apresenta maior rigor e níveis de confiabilidade na pesquisa, que devido ao método sistemático adotado para realizar as buscas e analisar os resultados, possibilita a repetição por meio de ciclos contínuos até que os objetivos da revisão sejam alcançados. Lopes e Fracoli (2008) destacam que as principais características da revisão sistemática estão na uniformidade dos critérios aplicados na seleção de estudos, bem como a abrangência das fontes de busca e, por fim, a avaliação criteriosa da amostra.

Neste sentido, a coleta de dados foi realizada em duas etapas, sendo a primeira por meio de teses e dissertações e a segunda utilizando as publicações em periódicos nacionais classificados pelo sistema de avaliação *Qualis* Capes (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) no Quadriênio 2013-2016, nos estratos de classificação A1 à B4. Visando atender o objetivo da pesquisa, delimitou-se o período das publicações em 11 anos, que compreende o período de 2007 a 2017.

A busca das teses e dissertações ocorreu no período de 07 a 13 de dezembro de 2017, nos seguintes portais: Catálogo de teses e dissertações da Capes; e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Inicialmente, buscou-se no portal da Capes, utilizando em conjunto os descritores: “fotovoltaico” “fotovoltaica” “energia solar” e retornaram 1286 trabalhos. O filtro foi aplicado somente para refinar as buscas nos anos de 2007 a 2017, e as demais opções foram mantidas. Feito isso, efetuou-se a leitura de todos os títulos, selecionando 64 trabalhos que foram submetidos a leitura dos resumos. Após a leitura dos resumos, foram selecionados 15 trabalhos, sendo 2 teses e 13 dissertações.

No portal do BDTD, optou-se pela busca avançada, na qual utilizou-se nos campos de busca, respectivamente, os seguintes descritores: “energia solar”; “fotovoltaica”. Retornaram 508 trabalhos, que na sequência aplicou-se o filtro de escolha de idioma, sendo selecionando somente os trabalhos em português, retornando 487 trabalhos, sendo 388 dissertações e 99 teses. Efetuou-se a leitura de todos os títulos e foram selecionados 22 trabalhos que foram submetidos a leitura dos resumos. Destes foram escolhidos 6 trabalhos, sendo uma tese e cinco dissertações.

A seleção deu-se a partir de trabalhos que abordaram a energia solar fotovoltaica, demonstrando questões relacionadas à gestão, como: análise de risco de investimento; viabilidade técnica, ambiental e financeira e/ou econômica; políticas de incentivo fiscal;

amortização de passivo ambiental. Estes critérios também foram adotados para as buscas nos periódicos.

A Figura 1 representa o processo de busca nos portais de teses e dissertações, onde observa-se os resultados da pesquisa de cada portal, a remoção de trabalhos que não atendiam os critérios, e finalizando a pesquisa com um total de 25 trabalhos.

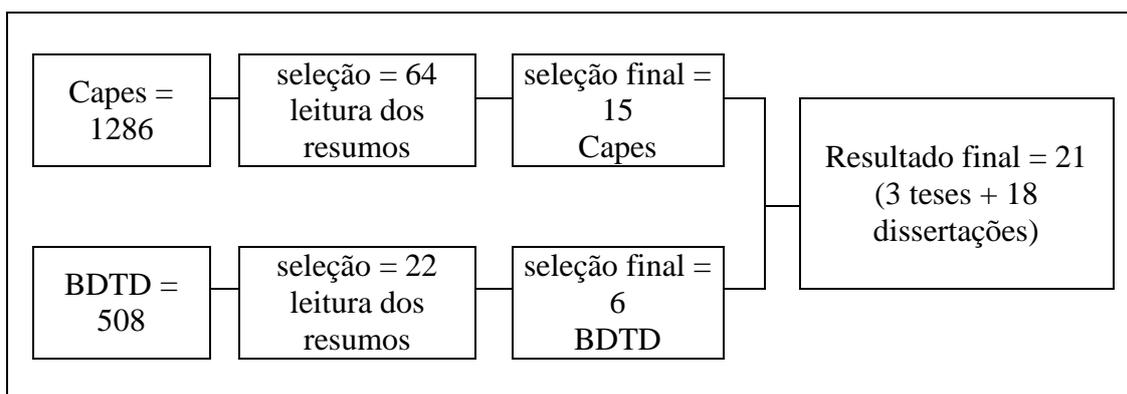


Figura 1. Ilustração do processo de busca nos portais de teses e dissertações  
Fonte: Autores (2017)

Na sequência, pesquisou-se nos Periódicos da Capes na área de avaliação: Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo, do período do quadriênio 2013-2016, e obteve-se a relação de 3563 periódicos. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: periódicos internacionais; periódicos repetidos; área sem relação com a pesquisa; e com estrato de classificação abaixo de B4.

Foram obtidos 336 periódicos, que em seguida foram utilizados para realização das buscas, utilizando os seguintes descritores: “energia solar”; “*solar energy*”; “fotovoltaico”; “fotovoltaica”, “*fotovoltaic*”. As buscas ocorreram entre os dias 13 a 16 de dezembro de 2017, retornando 131 artigos em 39 periódicos, e após a leitura dos resumos foram selecionados 14 artigos. Os resultados desta busca estão demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Artigos por periódico

Periódicos	Estrato	Resultado	Utilizado
Ambiente construído	B2	2	0
Desenvolvimento e meio ambiente	B3	2	0
Revista Agrogeoambiental	B3	4	0
Revista de direito econômico e socioambiental	B3	1	0
Revista tecnologia e sociedade	B3	1	0
Bragantia São Paulo	B1	1	0
RAP Revista de Administração Pública	A2	1	0
Pesquisa e planejamento econômico	B3	9	0
Revista ciências administrativas	B2	1	0

Revista de estudos sociais (UFMT)	B3	2	1
Anais da academia brasileira de ciências	A2	1	0
Revista de administração da Unimep	B2	1	1
Estudos Avançados (USP)	A2	17	0
Holos (Natal - on line)	B2	11	2
Irriga	B1	2	0
Organizações em contexto	B2	1	0
RAI - Revista de administração e inovação	B1	3	0
Ric@ Revista interdisciplinar científica aplicada	B3	1	0
Agro@ambiente on line	B3	1	0
REA Revista de Administração da UFSM	B1	1	0
Exacta on line	B2	2	0
RAUSP Revista de administração	A2	3	0
RDE Revista de desenvolvimento econômico	B3	2	0
Revista de administração de Roraima RARR	B3	1	1
Administração de empresas em revista	B3	1	1
Revista brasileira de planejamento e desenvolvimento	B3	3	0
Pensamento & Realidade FEA	B3	3	0
Boletim regional, urbano e ambiental IPEA	B4	2	0
Cadernos de agroecologia	B4	3	0
Energia na agricultura UNESP	B4	15	2
Extensão rural	B4	1	0
Holos environment	B4	1	0
RCA Revista de ciências ambientais (Unilasalle)	B4	1	0
Revista brasileira de energia	B4	22	6
Revista brasileira de engenharia de biosistemas	B4	3	0
Revista da faculdade de adm. e economia REFAE	B4	1	0
Revista de política agrícola	B4	1	0
Revista paranaense de desenvolvimento	B4	1	0
Sustentabilidade em debate	B4	2	0
<b>Total</b>		<b>131</b>	<b>14</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

O total geral de trabalhos selecionados foi de 3 teses, 18 dissertações e 14 artigos. Após a seleção, foi possível realizar a análise qualitativa e quantitativa dos trabalhos, identificando os dados sumarizados, demonstrando as discussões e o que foi abordado sobre o tema nos últimos 11 anos. Os trabalhos foram organizados em duas planilhas do *Microsoft Excel*, permitindo assim a visão geral dos mesmos, como também extrair detalhes que possibilitaram avançar nas análises dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi de identificar e analisar os trabalhos publicados nos últimos 11 anos, sobre energia solar fotovoltaica com abordagem administrativa e de gestão. Portanto, foram elencadas as abordagens centrais das pesquisas: viabilidade técnica financeira e/ou econômica; análise de riscos de investimentos; aspectos técnicos, jurídicos, ambientais e econômicos; e mecanismos de incentivos.

A análise dos resultados foi dividida em duas partes, contemplando na primeira a análise das teses e dissertações e na segunda a análise dos artigos científicos.

## ANÁLISE DAS TESES E DISSERTAÇÕES

Na análise das 21 teses e dissertações selecionadas, identificou-se a evolução das pesquisas sobre o tema no período de 2007 a 2017. Segue a Tabela 1 com os trabalhos distribuídos por ano de defesa.

Tabela 1 – Teses e dissertações por ano de defesa

Ano de defesa	Quantidade	Porcentagem
2011	1	5%
2013	1	5%
2014	2	10%
2015	7	33%
2016	8	38%
2017	2	10%
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>100%</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Os resultados apontam que em 2015 e 2016 houve maior número de pesquisas sobre o tema, que juntos somam 71% dos trabalhos publicados. Apesar de ter aplicado o período de 11 anos para as buscas, os trabalhos concentraram-se nos 6 últimos anos, revelando a atualidade do tema pesquisado.

Também foram analisadas as instituições que abordaram sobre o tema. Foram elencados por região do país e a quantidade de trabalhos de cada instituição, como segue demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Teses e dissertações por região

Região do país	Instituição	Trabalhos por Instituição	Trabalhos por região
Nordeste	Universidade Federal do Ceará	4	7
	Universidade Federal da Paraíba	2	
	Universidade Federal do Maranhão	1	
Sudeste	Universidade de São Paulo	2	6
	Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Minas Gerais	1	
	Universidade do Grande Rio	1	
	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	1	
	Universidade Federal do ABC	1	
Sul	Universidade Federal de Santa Catarina	1	4
	Universidade Federal de Santa Maria	1	
	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	1	
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	1	
Centro-oeste	Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Goiás	1	3
	Universidade de Brasília	1	
	Universidade Federal de Goiás	1	
Norte	Universidade Federal do Pará	1	1

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

As regiões nordeste e sudeste apresentaram 7 e 6 trabalhos cada, com destaque para a Universidade Federal do Ceará com a publicação de quatro trabalhos. A região sul, centro-oeste e norte apresentaram respectivamente 4, 3 e 1 trabalhos.

Na análise das teses e dissertações, os autores Arruda (2015), Delgado (2015), Costa (2016), Nascimento (2011), Baracco (2015) Ruiz (2016) e Ortiz (2014) abordaram a utilização da energia solar fotovoltaica concomitante com outra fonte de energia, como: o biogás, a eólica e a hidrelétrica. Estes modelos são chamados de sistema híbrido ou bi, tri e poligeração (produção combinada de dois ou mais serviços energéticos).

Neste sentido, Arruda (2015) avaliou o desempenho técnico-financeiro de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico aplicado ao bombeamento de água. O estudo foi desenvolvido na jusante do açude do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, no estado do Ceará. Os indicadores de desempenho técnico apontaram resultados inferiores ao estimados. Quanto ao desempenho financeiro, o custo da energia foi de 0,86 R\$/kWh (Quilowatt hora), inviabilizando o projeto, pois o retorno não ocorre no período de 20 anos, considerado o tempo de vida útil do mesmo.

Por sua vez Delgado (2015) abordou os aspectos econômicos, jurídicos e ambientais da inclusão da energia solar e da biomassa na poligeração de energia aplicado a um hospital

público do estado da Paraíba. No aspecto jurídico realizou uma análise comparativa do instrumento regulatório da Geração Distribuída do Brasil (resolução normativa nº 482 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica), tendo como parâmetros a legislação espanhola, que é referência nesse tipo de instalação. Observou que a normativa brasileira é específica, clara e que satisfatoriamente detalha os requisitos necessários para a implantação da micro e minigeração distribuída. A microgeração é definida como a central distribuidora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 Quilowatt (KW). Já a minigeração é definida pela potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 Megawatt (MW).

O autor destaca que apesar do avanço na legislação, o Brasil ainda carece de incentivos fiscais e econômicos para tornar a geração distribuída viável. No aspecto ambiental aplicou a Análise do Ciclo de vida (ACV) dos equipamentos e dos recursos energéticos da superestrutura. Na simulação de viabilidade das matrizes energéticas, a solução ambiental otimizada indicou a trigeração, combinação da utilização do gás natural, energia fotovoltaica e a biomassa, para minimizar os impactos ambientais do sistema de energia.

Costa (2016) analisou a viabilidade técnica e financeira do uso de energias renováveis na produção de aves de postura e corte. O estudo foi realizado em 3 cenários, onde o primeiro contemplava somente a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas do tipo LED (Diodo emissor de luz). No segundo cenário foi analisado a implantação de um sistema de biodigestão concomitante com a substituição das lâmpadas pelas de LED (lâmpadas de LED + biodigestor). Para o terceiro cenário, visando substituir totalmente o uso de energia elétrica da concessionária, analisou a troca das lâmpadas pelas de LED, e complementou a utilização do biodigestor com um sistema de energia solar fotovoltaica (lâmpadas de LED + biodigestor + fotovoltaica). Todos os cenários apresentaram viabilidade, com o *payback* de investimento de 7 meses para o cenário 1, de 4,5 anos para o segundo cenário e de 12 anos para o cenário 3.

Nascimento (2011) realizou um estudo de viabilidade econômica para o suprimento parcial ou total de energia elétrica a partir da utilização de energia fotovoltaica e eólica conectados à rede, instaladas em um aviário do modelo *Dark House* (galpão avícola climatizado) localizado na região sudoeste do Paraná. Os resultados da pesquisa demonstraram que o projeto não é economicamente atrativo no cenário atual utilizando 100% de energia eólica-fotovoltaica, pois o *payback* ocorre em 20,9 anos. Porém, os investimentos são viáveis para algumas configurações simuladas a partir de um cenário otimista sob influência de reajustes tarifários, tarifas especiais e subsídios na aquisição de aerogeradores e módulos fotovoltaicos, podendo ocorrer o *payback* em até 6 anos.

Baracco (2015) realizou uma análise técnica e financeira de uma usina híbrida eólica-fotovoltaica instalada na cidade de Caetitê, Bahia. O estudo apresentou elevado grau de sensibilidade das saídas às mudanças nas entradas. O menor custo de geração de energia equivalente foi de R\$ 0,144 centavos o *quilowatt*. Utilizando como referência os preços médios praticados no leilão de Energia de Reserva de 2014 (processos licitatórios para a contratação de energia elétrica) e aplicando a média ponderada para o total de energia gerada de cada fonte, o valor negociado nesta configuração seria representado por R\$ 0,15 o *quilowatt* gerado, representando um lucro equivalente a 4 por cento.

Ruiz (2016) analisou os aspectos técnicos, econômicos e ambientais da implementação de Sistemas Híbridos de Geração de Energia Elétrica (SHGEE) em edifícios, utilizando a energia eólica e fotovoltaica. O estudo analisou seis cenários com edifícios de baixa, média e alta renda, localizados nas cidades de Fortaleza, no estado do Ceará e Lagoa Santa no estado de Minas Gerais. No aspecto ambiental analisou-se o dióxido de carbono economizado e a eficiência ecológica de cada cenário com a implementação dos SHGEE, concluindo que a poluição gerada apresentou menor impacto ambiental se comparado com outras fontes de energia. No aspecto técnico os sistemas apresentaram capacidade de atender a demanda dos edifícios. Quanto ao aspecto econômico, este apresentou viabilidade mesmo considerando os altos investimentos para cada apartamento, e o valor investido pode ser recuperado em até 6 anos sem subsídio governamental.

Ortiz (2014) analisou o uso de forma complementar das energias solar fotovoltaica e eólica em três regiões do Brasil, considerados no estudo como local 1, 2 e 3. Os resultados demonstraram que tecnicamente existe a complementaridade energética entre as fontes. Porém, o custo de instalação da fonte fotovoltaica ainda é elevado e que inviabiliza os investimentos em larga escala.

Por sua vez, Pinheiro Neto (2017) em sua tese realizou uma análise de risco de investimento em geração de energia elétrica renovável analisando as fontes hidrelétrica, eólica e fotovoltaica de modo individual. Para a análise utilizou modelos econométricos, com a aplicação do método de Monte Carlo. Os resultados da pesquisa fornecem apoio à tomada de decisão, com informações sobre o potencial de geração de energia, indicadores estatísticos de probabilidade do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno Modificada e do *Payback* Descontado, e também fronteiras de Pareto com as soluções ótimas para o investimento. Com base nos resultados da pesquisa o investidor poderá optar pela melhor carteira de investimento, atendendo as características de demanda e o seu perfil de risco financeiro.

A pesquisa de Carvalho (2016) analisou aspectos econômicos e ambientais em sistemas de abastecimento de água usando a energia fotovoltaica para a captação subterrânea. O estudo propôs um método de simulação com a utilização do GRG (*Generalized Reduced Gradient*) realizado em um sistema piloto, localizado em uma comunidade rural, no município de Orleans, estado de Santa Catarina. O método demonstrou ser eficiente, pois a diferença entre as configurações do sistema e o comportamento monitorado foi de apenas 0,98%. Os benefícios ambientais estimados pela substituição do bombeamento elétrico pelo sistema fotovoltaico evitam a emissão de 0,58 toneladas de CO<sub>2</sub>/ano. A cada 1 m<sup>3</sup> de água tratada, impede-se a emissão de 0,346 kg de CO<sub>2</sub>. Na análise econômica, o sistema piloto se mostrou competitivo se comparado ao custo de implantação de eletrificação na área rural, sendo estes de R\$ 4.400,00 e R\$ 20.000,00, respectivamente.

Os autores Teles Filho (2015), Cunha (2016), Carvalho (2014) e Carli (2016) desenvolveram pesquisas sobre sistemas fotovoltaicos aplicados em residências de diferentes regiões do Brasil, e abordaram os modelos: de micro e/ou minigeração e os sistemas conectados à rede. O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) possui várias nomenclaturas como: *Net Metering*, *On Grid* e Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Neste sistema a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é injetada na rede elétrica da concessionária e descontada da energia consumida pelo usuário.

Neste contexto, na sequência estão demonstradas as análises individuais de cada pesquisa, iniciando pelo trabalho de Teles Filho (2015) que apresentou um estudo econômico de sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração para a região Nordeste do Brasil, considerando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O autor analisou três sistemas com potências de 1,5 KW, 100 KW e 1 MW e os resultados apontaram que o sistema 1,5 KW obteve VPL negativo e a Taxa Interna de Retorno (TIR) inferior a taxa de atratividade financeira. Os sistemas de 100 KW e 1 MW apresentaram VPL positivo e a TIR superior a taxa de atratividade financeira.

Cunha (2016) avaliou a viabilidade financeira de projetos de microgeração de energia solar fotovoltaica distribuída na cidade do Rio de Janeiro com o emprego do método de Opções Reais. A pesquisa trata-se de um estudo de caso e o propenso investidor é qualquer pessoa física residente nessa cidade. Os resultados indicaram que na primeira análise, pelo método tradicional de Fluxo de Caixa Descontado, o investimento apenas atingiu o ponto de equilíbrio. Na análise por Opções Reais identificou-se que seria necessária uma redução de 17% no *Capex* (Investimento de capital) para fomentar o investimento.

Carvalho (2014) analisa a viabilidade financeira de implantação de projetos de geração de energia fotovoltaica na perspectiva do consumidor do estado do Ceará. A pesquisa foi realizada sobre os SFCR, através da construção de dois cenários: contemplando no primeiro a proposta de autossuficiência em geração fotovoltaica, pagando o custo de disponibilidade da distribuidora e os impostos devidos. No segundo cenário contemplou a utilização da energia fotovoltaica de forma à anular o “horário de sol” na geração alternativa, também arcando com custos de disponibilidade e impostos devidos. O resultado da análise econômica para o consumidor mostrou-se atrativa apenas no segundo cenário, uma vez que a TIR foi maior que a Taxa Mínima de Atratividade e o tempo médio de *Payback* calculado em 9,92 anos.

Carli (2016) analisou a viabilidade econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico em residências no distrito de Rio do Salto, no município de Cascavel, Paraná. Para análise da viabilidade utilizou os parâmetros da ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento). A implantação do sistema apresentou viabilidade econômica com o *payback* médio de 8,17 anos.

Além do trabalho de Delgado (2015) que pesquisou a utilização de sistemas fotovoltaicos em um hospital, outros autores também estudaram estes sistemas em outros prédios públicos, como foram os casos de Amaral (2016), Barbosa (2016) Gonçalves (2013) e Rodrigues (2015). Neste contexto, Amaral (2016) apresentou um estudo abrangente de viabilidade técnica e econômica da utilização de energia fotovoltaica através da geração distribuída, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul. O objetivo da pesquisa foi identificar se o *Net Metering* é um mecanismo suficiente. No estudo foram considerados metas de 10% de penetração na distribuidora e os resultados propõem: o projeto de 5 MWp (Megawatt-pico, medida de potência energética) como ideal devido a algumas restrições; o projeto de 11,3 MWp para a otimização do *Net Metering* e 17 MWp para tornar a universidade “*net zero building*” (zero conta de luz).

Barbosa (2016) também estudou a viabilidade energética e financeira de um painel fotovoltaico com seguimento solar de um eixo, instalado no Laboratório de Energias Alternativas (LEA) da Universidade Federal do Ceará (UFC). As medições foram realizadas em dois sistemas com seguidor solar em malha aberta e malha fechada, em intervalos de posicionamentos angulares de 15, 30, 60 e 180 minutos. A análise da viabilidade financeira do projeto baseou-se em fluxos de caixa com bandeiras tarifárias fixas, ou seja, considerando um único cenário para os meses analisados. No entanto, os sistemas apresentaram ser inviáveis no aspecto financeiro, pois o tempo médio de *payback* descontado foi de aproximadamente 25 anos.

Gonçalves (2013) aplicou uma avaliação técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos conectado à rede para a eletrificação do Aeroporto Internacional Val-de-Cans, localizado em Belém, no estado do Pará. Avaliou duas propostas com diferentes sistemas fotovoltaicos. Na proposta 1 utilizou o módulo AVP72M, monocristalino, com investimento inicial superior a R\$ 16 milhões. Na proposta 2 utilizou o módulo PVL-144, amorfo, com investimento inicial de aproximadamente R\$ 11 milhões. Ambos projetos utilizaram o inversor SMC 11000TLPR-10. Os resultados apontaram que a proposta 1 apresentou melhor desempenho técnico, portanto, o *payback* foi de aproximadamente 6 anos, enquanto que na segunda proposta foi de aproximadamente 8 anos.

Rodrigues (2015) analisou a viabilidade técnica e econômica em projetos de utilização de sistema de energia fotovoltaica instaladas nos telhados do edifício da sede do governo do Estado de Goiás (Centro Administrativo), em Goiânia e da fábrica da HEINZ, em Nerópolis, ambas no estado de Goiás. No aspecto técnico os projetos apresentaram viabilidade em ambos os casos. Para a análise de viabilidade econômica foram obtidos os indicadores financeiros calculados sobre a vida útil dos projetos, e o resultado demonstrou que o sistema projetado para o prédio público é inviável para as atuais condições de mercado, mas apresentou viabilidade para a indústria. Também analisou a utilização de créditos de carbono, cujo resultado demonstrou não ser financeiramente atrativo. Os créditos de carbono são certificados recebidos pela redução na emissão de gases de efeito estufa, e podem ser comercializados para empresas ou países que não atingem a meta de reduções.

A geração fotovoltaica também pode ser obtida por meio da fachada de edifícios. Santos (2015) em sua tese realizou uma avaliação técnica e financeira da geração fotovoltaica integrada à fachada de edifícios de escritórios corporativos da cidade de São Paulo a partir de uso de vidros fotovoltaicos. De acordo com os resultados da pesquisa, há potencialidade para redução de 15% no consumo de eletricidade anual, considerando a energia gerada pelo sistema e também a redução de consumo na utilização de ar condicionado devido à redução térmica da utilização dos vidros fotovoltaicos. O sistema é viável financeiramente quando associado ao vidro reflexivo, apresentando *payback* em 2,9 anos, TIR de 34,2% e VPL de R\$ 1,78 milhões para um edifício de 21 andares. O autor destaca que apesar desse tipo de projeto apresentar viabilidade, há algumas dificuldades para a sua expansão como: maximização dos lucros das construtoras reduzindo os investimentos iniciais; obrigatoriedade das construtoras de fornecer garantia de 5 anos para todos os sistemas que entrega instalados.

O trabalho de Nascimento (2015) analisou a viabilidade da aplicação de centrais fotovoltaicas na região nordeste do Brasil utilizando três casos de seguimentos distintos,

sendo: Indústria de calçados, Serviço educacional e Indústria mineradora, com centrais de 117,6 Quilowatt pico (KWp), 352,8 KWp e 1 MW, respectivamente. Os resultados apontaram viabilidade de investimento em todos os casos estudados.

A pesquisa de Silva (2017) analisa o equilíbrio econômico financeiro das distribuidoras e do contrato de concessão de distribuição de energia elétrica e os impactos sentidos pelos demais consumidores não microgeradores, em caso de eventual migração em massa de consumidores a microgeração. No estudo foram considerados os impactos técnicos e financeiros.

O autor comparou as diversas medidas adotadas em outros 5 países, que se destacam pela geração descentralizada, mas que não se aplicam a realidade do Brasil. Portanto, o modelo proposto pela pesquisa foi uma construção baseada na melhor forma de alocação dos custos, balanceando as diferenças dos agentes de mercado e estabelecendo limites de inserção da microgeração sem pagamento de custos por parte dos microgeradores e prevendo limites de potência a serem instalados nos anos seguintes aos das revisões tarifárias.

Por fim, França (2016) avaliou os mecanismos de incentivos à inserção da energia fotovoltaica no Brasil. Também comparou os incentivos aplicados em países que são considerados pioneiros na sua exploração, como a tarifa prêmio (Alemanha e Austrália), regimes de quotas (Índia e Reino Unido), mecanismos de leilões (Reino Unido) e Geração Distribuída (Estados Unidos), bem como possibilidades de financiamento e de subsídios à exploração dessa fonte. O estudo propôs uma série de mecanismos de incentivos como as possibilidades de: contratação da geração distribuída por meio das chamadas públicas; utilização de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL); subsídio ao investimento em painéis solares, que poderia ser capitaneado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O autor destaca que muitas dessas propostas são factíveis, e cabem apenas à agência reguladora implementar. Porém, algumas destas propostas necessitam da alteração na legislação, como é o caso da liberalização da comercialização.

Nas teses e dissertações, foi possível tecer algumas conclusões gerais dos principais resultados de cada pesquisa, como demonstrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais resultados das teses e dissertações.

Resultados	Aspectos analisados	Autores	Total
Projetos viáveis	Aspectos e/ou viabilidade: técnica; financeira; econômica; ambiental; e jurídica.	Carvalho (2016); Delgado (2015); Ruiz (2016); Carli (2016); Costa (2016); Amaral (2016); Nascimento (2015); Baracco (2015); Gonçalves (2013); Santos (2015).	10

Projetos inviáveis	Viabilidade: técnica; financeira; e econômica.	Nascimento (2011); Cunha (2016); Rodrigues (2015); Ortiz (2014); Barbosa (2016); Arruda (2015).	6
Projetos parcialmente viáveis	Aspectos e/ou viabilidade: técnica; financeira; e econômica.	Teles Filho (2015); Carvalho (2014); Pinheiro Neto (2016);	3
Outros resultados	Incentivos fiscais; impactos sob a ótica de migração para a microgeração	França (2016); Silva (2017)	2
Total			21

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Resumidamente, os resultados da pesquisa sobre as teses e dissertações foram: 10 projetos viáveis, 6 projetos inviáveis, 3 projetos parcialmente viáveis. Além destes, há outros dois trabalhos que abordaram os incentivos fiscais; e análise dos impactos causados as concessionárias sob a ótica de migração em massa para sistemas de microgeração.

Os 10 projetos viáveis apresentaram como principais resultados: bom desempenho técnico; redução na emissão de poluentes; e *payback* atrativo. Os 6 projetos inviáveis, de acordo com os resultados financeiros e/ou econômicos, apresentaram as seguintes motivações: elevado custo de investimento; subsídio nas tarifas de energia fornecida pela concessionária; inviabilidade na utilização de crédito de carbono. Dentre estes, apenas um projeto apresentou baixo desempenho técnico, ratificando que a inviabilidade de tais sistemas de energia recai sobre os elevados custos de investimento, pois tais custos variam de acordo com o modelo de equipamento proposto em cada pesquisa.

Sobre os 3 projetos parcialmente viáveis, foram considerados as seguintes situações: analisaram mais de um cenário, apresentando viabilidade em parte dos cenários estudados; análise de risco de investimento, na qual vai depender do perfil do investidor para os cenários propostos.

## ANÁLISE DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS

Os 14 artigos científicos selecionados na busca nos periódicos, foram submetidos a leitura integral, o que possibilitou identificar diversos aspectos, que são analisados nesta seção. Inicialmente analisou-se a evolução dos artigos publicados ao longo dos anos de 2007 a 2017, que foram contabilizados e demonstrado no Gráfico 2.

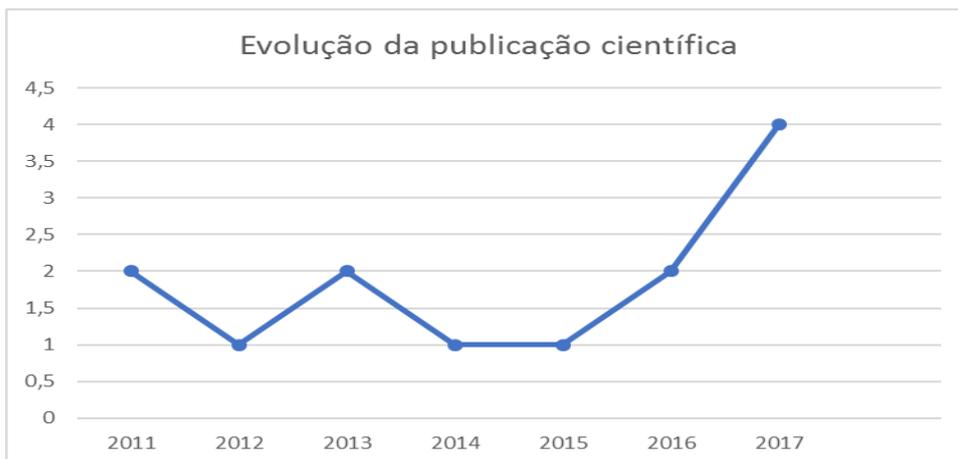


Gráfico 2 – Evolução da publicação científica  
 Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Observa-se que o maior volume de artigos se refere ao ano de 2017, com quatro trabalhos publicados. Conforme observa-se no Gráfico 2, os resultados reafirmam a atualidade do tema, como exposto na análise das teses e dissertações, cujo resultado demonstrou o maior volume de produção a partir de 2015. Também foram analisados a quantidade de artigos por periódico e apresentado no Gráfico 3.

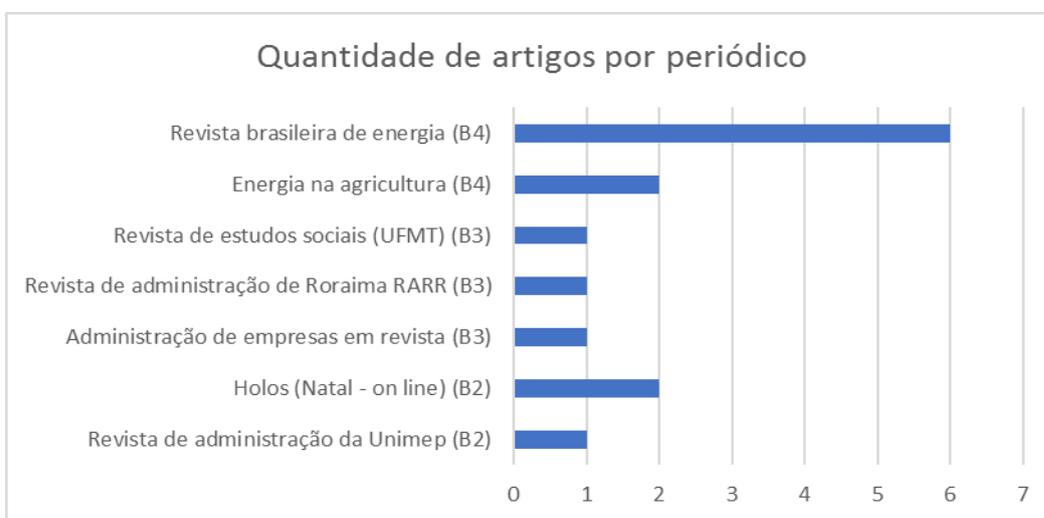


Gráfico 3 – Quantidade de artigos por periódico  
 Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Quanto aos periódicos destaca-se a Revista Brasileira de Energia com seis artigos. Com relação a classificação *Qualis*, observa-se que a maioria dos trabalhos publicados sobre o tema encontram-se em revistas B4. Os temas centrais abordados nos artigos e os respectivos autores foram elencados e demonstrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Temas centrais dos artigos

Temas centrais	Autores
----------------	---------

Viabilidade econômica, técnica, social e ambiental para implantação de sistema fotovoltaico	Hobmeir e Trindade (2015); Pereira Silva <i>et al.</i> (2017); Silva <i>et al.</i> (2016); Martins e Serra <i>et al.</i> (2013) Oliveira Silva <i>et al.</i> (2016); Teixeira <i>et al.</i> (2016); Oliveira e Vieira (2011); Borges <i>et al.</i> (2014).
Análise de políticas de incentivos fiscais	Varella <i>et al.</i> (2012); Koengkan (2017); Baumgarten <i>et al.</i> (2017).
Geração compartilhada de energia solar fotovoltaica	Vilela e Silva (2017)
Estimativa de nacionalização dos equipamentos fotovoltaicos	Varella <i>et al.</i> (2011).
Amortização de passivos energéticos e ambientais	Tiago e Rosa (2013).

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

A elaboração do Quadro 4 possibilitou identificar os temas centrais dos artigos, dos quais a maioria dos trabalhos trataram de analisar a viabilidade econômica para a implantação de sistema fotovoltaico, nos mais diversos ambientes, como: indústrias; residências; campus universitário; e na captação de água para a irrigação.

Após a quantificação dos artigos selecionados, foram analisados os principais resultados encontrados nos trabalhos. Hobmeir e Trindade (2015) desenvolveram uma ferramenta no *Microsoft Excel* para auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a instalação de sistema de energia solar fotovoltaica em indústrias. Esta ferramenta contempla informações que combinam aspectos técnicos e financeiros para verificar a viabilidade de implantação, como: potência dos painéis; insolação diária por região do Brasil, obtida pelo Atlas Solarimétrico do Brasil; e cálculos e apresentação de indicadores para a análise da viabilidade. Na oportunidade, realizaram um estudo de caso em uma indústria, cuja proposta se apresentou inviável. No entanto, se a energia gerada exceder ao consumo da indústria, esta pode ser injetada na rede e gerando créditos dos KWh excedentes, os mesmos podem ser compensados em faturas subsequentes, ou utilizados em outro local, desde que tenha a mesma titularidade. Nestes critérios o projeto torna-se viável.

Os autores Pereira Silva *et al.* (2017) estudaram a viabilidade econômica do uso da energia solar fotovoltaica na agricultura familiar irrigada no município de Barbalha-CE. Utilizaram para a análise a ferramenta computacional *Retscreen* (software de gerenciamento de energia renovável) e os dados coletados nos últimos 30 anos da Estação Climatológica de Barbalha. Os resultados demonstram que considerando a atual situação de produção, o retorno financeiro ocorre em 18,5 anos. No entanto, com a utilização da irrigação oportunizada pela energia solar fotovoltaica, há possibilidade de aumentar os ciclos de cultivo de milho e,

consequentemente, a produtividade, diminuindo assim o tempo de pagamento do investimento, tornando-se, portanto, viável nestas condições.

O artigo elaborado por Silva *et al.* (2016) abordou a viabilidade econômica da utilização da energia solar fotovoltaica nas residências do sertão Paraibano, comparando com a energia fornecida pela concessionária local em *Grid*. O resultado demonstrou viabilidade, pois o custo final é menor do que a energia elétrica fornecida pela concessionária.

Oliveira e Vieira (2011) também abordaram a viabilidade econômica da utilização de energia solar fotovoltaica residencial, porém, aplicado na cidade de São Carlos – SP e concluíram que o custo da energia gerada pelo sistema fotovoltaico é quatro vezes superior a tarifa cobrada pela concessionária local por KWh consumido, e que sem o subsídio fiscal, o investimento torna-se inviável no aspecto econômico.

A divergência dos resultados da pesquisa de Silva *et al.* (2016) com a de Oliveira e Vieira (2011) está no custo dos equipamentos fotovoltaicos estudados. O trabalho de Silva *et al.* (2016) apresentou um custo aproximado de R\$ 9.200,00, com capacidade de gerar 2916 Kwh/ano, enquanto que os equipamentos estudados por Oliveira e Vieira (2011) custaram aproximadamente R\$ 63.801,60 com capacidade de gerar 3776 kwh/ano. Silva *et al.* (2016) apenas descreveram que o sistema era composto por módulos solares, inversores, baterias, painel de controle e contador de fornecimento. No trabalho de Oliveira e Vieira (2011) os equipamentos estudados foram: 54 painéis solar STP040-12/Rb da fabricante Suntech; 2 inversores SB1100 Sunny Boy da fabricante SMA, também alocou os custos acessórios para a instalação e importação dos equipamentos. Outro aspecto a ser considerado é o intervalo de 5 anos entre as duas pesquisas, o que pode ter corroborado para a redução dos custos dos equipamentos e/ou surgimento de nova tecnologia com menor custo.

Martins e Serra (2013) estudaram a viabilidade econômica da implantação de sistema solar fotovoltaico no campus da Universidade Federal de Tocantins. Concluíram que o alto custo para a implantação do projeto torna a proposta do projeto inviável. Afirmam que a tecnologia da energia solar fotovoltaica utilizando placas de silício deve ser aprimorada para que seja viável economicamente para grandes empreendimentos. Opostamente, a pesquisa de Teixeira *et al.* (2016) realizada no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, no campus de João Camara/RN, apresentou viabilidade econômica. O *payback* estimado de retorno do investimento é de 11 anos. O VPL (valor presente líquido) foi positivo em R\$ 211.670,00, obtendo assim uma taxa de retorno superior a taxa da poupança.

Oliveira Silva *et al.* (2016) estudaram os impactos econômicos e ambientais da produção de energia elétrica com o sistema fotovoltaico. Utilizaram estudo de casos, análise

de documentos, referenciais teóricos e pesquisas exploratórias qualitativas. A pesquisa demonstrou que a tecnologia fotovoltaica é pouca difundida, com barreiras à sua implantação devido aos altos custos de investimento.

Borges *et al.* (2014) abordaram sobre o uso de energias alternativas à hídrica, discutindo a expansão e diversificação do setor elétrico. O estudo concluiu que as fontes solar e eólica, seguida pela fonte biomassa, foram as que apresentaram uma tendência mais acentuada de redução de seus custos econômicos no Brasil entre os anos 2000 e 2012.

Quanto aos incentivos fiscais, Varella *et al.* (2012) apresentaram a evolução dos incentivos regulatórios no uso da energia solar fotovoltaica no Brasil ao longo dos anos. Embora o Brasil tenha alguns programas de incentivo fiscal que isentam alguns equipamentos de geração de energia fotovoltaica de impostos, estes são insuficientes para promover o uso intensivo dessa fonte, apesar do grande potencial de energia solar no país. A pesquisa de Koengkan (2017) corrobora com este resultado. O autor examinou o impacto das políticas de incentivo fiscal sobre a capacidade instalada de energia renovável, e foram analisados em treze países latino-americanos, durante o período de 1980 a 2014, utilizando a metodologia *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Os resultados apontam para a necessidade de criar mais políticas de incentivo fiscal para promover os investimentos em fontes de energia renovável, e assim promover a economia do país ou regiões específicas.

Tratando ainda de incentivos fiscais, Baumgarten *et al.* (2017) apresentaram um modelo que utiliza abordagem de Dinâmica de Sistemas, para análise de políticas de incentivo à micro e mini geração solar fotovoltaica, bem como para avaliação do impacto da utilização destas fontes no faturamento de distribuidoras de energia elétrica e na arrecadação de impostos. Afirmaram que a retirada do ICMS sobre a energia injetada na rede pelo prosumidor (que é quem produz e consome o insumo), apresenta-se como a melhor opção para todos da cadeia. Para o consumidor, o incentivo aumenta a rentabilidade do investimento. Para o governo estadual, a perda no faturamento é compensada com o incremento da receita do ICMS cobrado sobre os produtos do sistema fotovoltaico. Para a distribuidora, essa política, entre as avaliadas, possui o menor impacto sobre o seu faturamento.

Considerando os elevados custos de investimento e/ou impossibilidade técnica para a utilização de energia solar fotovoltaica, Vilela e Silva (2017) estudaram sobre a geração compartilhada de energia, e como a criação de consórcios ou cooperativas podem contribuir para a adesão ao sistema de energia fotovoltaica. A geração compartilhada segundo a ANEEL (2016, p. 15) “se caracteriza pela reunião de consumidores por meio de consórcio ou cooperativa, [...] que possua unidade consumidora com micro ou mini geração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, nas quais a energia excedente será compensada.”

Os autores apresentaram também algumas barreiras a esta novidade, especialmente no que tange a falta de informações e casos reais para comparação. No entanto, enfatizam que a modalidade é factível e possui embasamento regulatório para a sua aplicação.

Abordando ainda os elevados custos dos equipamentos fotovoltaico, e os incentivos fiscais para a sua utilização, o trabalho apresentado por Varella *et al.* (2011) estimaram o índice de nacionalização de três sistemas fotovoltaicos (bombeamento de água, eletrificação rural, sistema conectado à rede elétrica). O sistema de bombeamento de água possui 5% de equipamentos nacionais. O sistema de eletrificação rural utiliza 35% de produtos nacionais, porém, o sistema conectado à rede elétrica utiliza 100% de equipamentos importados.

Por fim, a pesquisa de Tiago e Rosa (2013) abordou sobre a amortização dos passivos energéticos e ambientais dos painéis fotovoltaicos. Utilizaram a ferramenta de análise do ciclo de vida (ACV) dos painéis, contemplando todo o processo, desde a extração do minério até o descarte. Apresentaram algumas considerações, dentre elas, que a produção do módulo fotovoltaico produz uma série de passivos ambientais com relação a emissão de CO<sub>2</sub> e que este custo ambiental deve ser amortizado.

Na análise geral dos 14 artigos selecionados, obteve-se as seguintes conclusões, como demonstrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Principais resultados dos artigos

Resultados	Aspectos analisados	Autores	Total
Projetos viáveis	Viabilidade econômica; políticas de incentivos fiscais;	Silva <i>et al.</i> , (2016); Teixeira <i>et al.</i> , (2016); Baumgarten <i>et al.</i> , (2017).	3
Projetos inviáveis	Viabilidade econômica	Oliveira e Vieira (2011); Martins e Serra (2013);	2
Projetos parcialmente viáveis	Viabilidade econômica; viabilidade técnica e financeira.	Pereira Silva <i>et al.</i> , (2017); Hobmeir e Trindade (2015).	2
Outros resultados	Diversificação no setor elétrico; políticas de incentivos fiscais; geração compartilhada de energia; amortização dos passivos energéticos.	Oliveira Silva (2016); Borges <i>et al.</i> , (2014); Varella <i>et al.</i> , (2012); Koengkan (2017); Vilela e Silva (2017); Varella <i>et al.</i> , (2011); Tiago e Rosa (2013).	7
Total			14

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Similar aos resultados obtidos na análise das teses e dissertações, nos artigos analisados também verificou-se que o fator que inviabiliza a implantação de projetos de energia fotovoltaica são os elevados custos dos equipamentos. Quanto aos estudos relacionados à projetos parcialmente viáveis, para que se tornem viáveis, estes dependem da injeção na rede da energia gerada em excesso; e na pesquisa utilizando o sistema para

irrigação, o projeto torna-se viável com o aumento na produção do milho, proporcionado pela irrigação.

### **Considerações finais**

O presente estudo identificou e analisou artigos, teses e dissertações sobre energia solar fotovoltaica com abordagem administrativa e de gestão. Os trabalhos selecionados exploraram principalmente a viabilidade técnica financeira e/ou econômica da aplicação de sistemas fotovoltaicos. Além destes aspectos, as pesquisas abordaram também os mecanismos de incentivos e aspectos jurídicos e ambientais.

Na análise das teses e dissertações, 07 autores estudaram a utilização da energia solar fotovoltaica concomitante com outra fonte de energia, como: o biogás, a eólica e a hidrelétrica. Estes modelos são chamados de sistema híbrido ou bi, tri e poligeração de energia. Quanto aos artigos científicos, somente Borges *et al.* (2014) estudaram os sistemas híbridos, cujo resultado demonstrou que as fontes solar e eólica, seguida pela fonte biomassa, foram as que apresentaram uma tendência mais acentuada de redução de seus custos econômicos no Brasil entre os anos 2000 e 2012. Quanto aos periódicos, a classificação *Qualis* dos estudos publicados nos periódicos foi B2, B3 e B4 e a revista com maior volume de publicação foi a Revista Brasileira de Energia.

As pesquisas foram realizadas em diferentes regiões do Brasil, inclusive as que apresentam menor índice de insolação, mas que tecnicamente demonstrou potencial para a geração de energia fotovoltaica. Nesse aspecto os sistemas fotovoltaicos se diferenciam de outras fontes renováveis de energia que não são disponíveis em todas as regiões, como é o caso das hidrelétricas pela escassez de água e com baixa incidência de ventos como ocorre com os sistemas eólicos.

Dentre as teses e dissertações que abordaram a viabilidade, 10 projetos apresentaram ser viáveis, 6 foram inviáveis e 3 apresentaram viabilidade parcial. Da mesma forma a análise dos artigos, dentre os que abordaram a viabilidade, 3 foram viáveis, 2 inviáveis e 2 apresentaram ser parcialmente viável. Os resultados demonstraram que apesar dos avanços tecnológicos, os sistemas fotovoltaicos ainda são pouco difundidos e os elevados custos de investimentos tornam-se barreiras que inviabilizam tais projetos, embora tecnicamente os sistemas demonstrem bom desempenho.

Considera-se uma limitação desta pesquisa o baixo índice de retorno de pesquisa que abordaram energia solar fotovoltaica nos periódicos nacionais, portanto, sugere-se como

estudo futuro, uma revisão sistemática de artigos publicados em periódicos internacionais e uma análise comparativa do avanço das pesquisas nesta temática em outros países.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. (2016). Micro e Minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Recuperado em 18 março, 2018, de <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>
- Akuru, U. B., Onukwube, I. E., Okoro, O. I., & Obe, E. S. (2017). Towards 100% renewable energy in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 943–953. Recuperado em 10 outubro, 2017, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311716>
- Amaral, R. C. do. (2016). *Impacto técnico e econômico da energia solar fotovoltaica em prédios públicos através da geração distribuída*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.
- Arruda, M. F. de. (2015). *Desempenho técnico-financeiro de sistema híbrido eólico-solar aplicado ao bombeamento de água*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- Aye, C. G., & Edoja, P. E. (2017). Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. *Cogent Economics & Finance*, (5) 1-22. Recuperado em 18 outubro, 2017, de <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23322039.2017.1379239>
- Baracco, R. P. (2015). *Análise técnica e financeira de usina híbrida eólica-fotovoltaica*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil.
- Barbosa, D. A. (2016). *Análise energética e financeira de um dispositivo de seguimento solar para a geração fotovoltaica*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- Baumgarten, C., Bordin, G., & Ferreira, G. D. (2017). Impacto de pequenas fontes solares sobre o faturamento de distribuidoras de energia elétrica. *Revista Brasileira de Energia*, 23 (2), 33-45. Recuperado em 15 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/impacto-de-pequenas-fontes-solares-sobre-o-faturamento-de-distribuidoras-de-energia-eletrica/>
- Boff, S. O., & Boff, V. A. (2017). Inovação tecnológica em energias renováveis no Brasil como imperativo da solidariedade intergeracional. *Revista Direito Econômico Socioambiental*, 8 (2) 282-302. Recuperado em 8 outubro, 2017, de <https://periodicos.pucpr.br/index.php/direitoeconomico/article/view/16442>
- Borges, F. Q., Chotoe, J. R., & Varela, L. B. (2014). Administração energética e análise tendencial de custos econômicos de fontes de geração no Brasil. *Revista de Administração da UNIMEP*, 12 (3), 100-121. Recuperado em 14 dezembro, 2017, de <http://www.raunimep.com.br/ojs/index.php/regen/article/view/628/583>
- Brandalise, L. T.; Bertolini, G, R, F.; Hoss, O.; Rojo, C. A. (2017) Educação e gestão ambiental: sustentabilidade em ambientes competitivos. Cascavel, Paraná: Ed. DRHS, 2. ed.
- Carli, R. L. de. (2016). *Análise de viabilidade econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico em uma célula urbana rural*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil.
- Carvalho, R. D. (2016). *Aspectos econômicos e ambientais em sistemas de abastecimento de água usando energia solar fotovoltaica e captação subterrânea*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

- Carvalho, F. I. A. de. (2014). *Uma avaliação de viabilidade financeira no uso da energia solar fotovoltaica apoiada pela Resolução ANEEL 482/2012 sobre geração distribuída no setor elétrico do Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- Conforto, E. C., Amaral, D. C., Silva, S. L. da. (2011). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso brasileiro de gestão e desenvolvimento de produto – CBGDP, Porto Alegre, RS, Brasil. Recuperado em 05 fevereiro, 2018, de <http://vision.ime.usp.br/~acmt/conforto.pdf>
- Costa, C. R. de S. (2016). *Análise de viabilidade do uso de energias renováveis na produção de aves*. Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Bambuí, MG, Brasil.
- Cunha, O. de S., Junior. (2016). *Avaliação de viabilidade de microgeração de energia solar fotovoltaica na cidade do Rio de Janeiro com emprego de opções reais*. Dissertação de mestrado, Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Delgado, D. B. de M. (2015). *Otimização econômica e ambiental de um sistema de poligeração incluindo energia solar fotovoltaica e biomassa: Estudo de caso em um hospital paraibano*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- Empresa de pesquisa energética – EPE. (2016). Plano nacional de energia 2050. Recuperado em 18 março, 2018, de <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>
- França, V. C. L. (2016). *Inserção da energia fotovoltaica no Brasil: Uma avaliação de incentivos*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- Gonçalves, F. A. V. dos S. (2013). *Avaliação técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos no Aeroporto Internacional de Belém*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.
- Hobmeir, L., Trindade, E. M. (2015). Ferramenta para estudo da viabilidade econômica de implantação de painéis fotovoltaicos em indústrias. *Administração de empresas em revista*, 14 (15), 1-19. Recuperado em 16 dezembro, 2017, de <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/1171/839>
- International Energy Agency (2017). Statistic 2017. Recuperado em 06 fevereiro, 2018, de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017). Atlas brasileiro de energia solar. Recuperado em 18 de março, 2018, de [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html)
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), 894–900. Recuperado em 10 outubro, 2017, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117313485>
- Koengkan, M. (2017). Do fiscal incentive policies impact the installed capacity of renewable energy? Na empirical evidence from Latin American countries. *Revista de Estudos Sociais*, 1-25. Recuperado em 16 dezembro, 2017, de <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/article/view/5071/pdf>
- Lardizabal, C. C., Rosales, I., Pasqual, J. C., Herrera, G., Mejia, S., & Cancino, M. A. (2014). Desenvolvimento de energias renováveis: comparativo dos cenários e das perspectivas de políticas públicas para alguns países da América Latina. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 30, 11-30. Recuperado em 6 outubro, 2017, de <http://revistas.ufpr.br/made/article/view/34221/22866>
- Lopes, A. L. M., & Fracolli, L. A. (2008). Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, 17(4). Recuperado em 07 julho, 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/714/71411240019.pdf>.

- Martins, T. C., & Serra, J. C. V. (2013). Ecoeficiência energética no Campus de Palmas da UFT. *Revista Brasileira de Energia*, 19 (2), 155-171. Recuperado em 13 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/ecoeficiencia-energetica-no-campus-de-palmas-da-uft/>
- Mazzuoli, V. O. & Teixeira, G. F. M. (2013). O direito internacional do meio ambiente e o *greening* da Convenção Americana sobre direitos humanos. *Anuário mexicano de Derecho Internacional*, 13, 145-203.
- Nascimento, A. de S. (2015). *Energia solar fotovoltaica: estudo e viabilidade no nordeste brasileiro*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- Nascimento, E. P. (2012). Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos avançados*, 26(74), 51-64. Recuperado em 05 fevereiro, 2018, de <http://www.scielo.br/pdf/ea/v26n74/a05v26n74.pdf>
- Nascimento, L. A. B. do. (2011). *Análise energética na avicultura de corte: estudo de viabilidade econômica para um sistema de geração de energia elétrica eólico-fotovoltaico conectado à rede*. Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil.
- Oliveira Silva, R. de, Estender, A. C., & Barbosa, L. (2016). Transição do sistema elétrico tradicional para a implantação do sistema fotovoltaico: percepção dos funcionários. *Revista de Administração de Roraima*, 6 (1), 224-244. Recuperado em 14 dezembro, 2017, de <https://revista.ufrb.br/adminrr/article/view/2727/pdf>
- Oliveira, R. D., Vieira, J. C. de M. Junior. (2011). Análise econômica da geração fotovoltaica de energia elétrica no município de São Carlos (SP). *Revista Brasileira de Energia*, 17 (2), 157-174. Recuperado em 13 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/analise-economica-da-geracao-fotovoltaica-de-energia-eletrica-no-municipio-de-sao-carlos-sp/>
- Organização das Nações Unidas – ONU. (1972). Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment – 1972. Recuperado em 31 janeiro, 2018, de [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politicis/DesenvolvimentoSustentavel/1972\\_Declaracao\\_Estocolmo.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Politicis/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf)
- Ortiz, E. R. T. (2014). *Sistemas fotovoltaicos e eólicos: Metodologia para análise da complementaridade espacial-temporal com aplicação no dimensionamento e análise de risco financeiro*. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Pereira Silva, F. V. P., Feitosa, H. O., Pereira, C. F., Silva, J. A. S., & Feitosa, E. O. (2017). Potencial de energia solar para irrigação no município de Barbalha-CE. *Energia na agricultura*, 32 (1), 57-64. Recuperado em 13 dezembro, 2017, de <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2216/pdf>
- Pinheiro, D., Neto. (2017). *Processo de otimização aplicada à análise de risco de investimento em geração de energia elétrica com fontes renováveis*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.
- Rocha, W. F., Junior, Shikida, P. F. A., Souza, S. N. M. de, & Zanella, M. G. (2013). O ambiente institucional e políticas públicas para o biogás proveniente da suinocultura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 1, 72-82. Recuperado em 6 outubro, 2017, de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/2606>
- Rodrigues, J. M. (2015). *Arranjos técnicos e análise de viabilidade econômica para subsidiar a decisão de instalar geradores de energia elétrica fotovoltaica sobre telhados*. Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.
- Ruiz, J. M. A. (2016). *Aspectos técnicos, econômicos e ambientais da implementação de energia eólica e solar fotovoltaica em edifícios*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, Brasil.
- Santos, A. H. C. dos. (2015). *Avaliação técnica e financeira da geração fotovoltaica integrada à fachada de edifícios de escritórios corporativos da cidade de São Paulo*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Silva, W. C. de M. (2017). *Impactos da inserção da microgeração no equilíbrio econômico financeiro dos contratos de concessão de distribuição de energia elétrica*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

- Silva, G. L. da, Oliveira, M. S. de, Silva, R. M. da, & Silva, N. L. da. (2016). Análise de viabilidade econômica entre o uso de energia em Grid e a energia solar no sertão paraibano. *Energia na agricultura*, 31 (1), 89-96. Recuperado em 13 dezembro, 2017, de [http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2075/pdf\\_82](http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2075/pdf_82)
- Teixeira, A. C., Coriolano, A. C. F., & Rocha, A. V. (2016). Viability analysis of a grid-connected photovoltaic system in IFRN, Campus João Camara. *Revista Holos*, 32 (1) 285-294. Recuperado em 13 dezembro, 2017, de <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3783/1392>
- Teles, P. M. C., Filho. (2015). *Estudos da viabilidade econômica da micro e minigeração fotovoltaica à luz da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- Tiago, G. L., Filho, & Rosa, C. A. (2013). Análise da capacidade de amortização dos passivos energéticos e ambientais dos painéis fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Energia*, 19 (1), 171-194. Recuperado em 15 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/analise-da-capacidade-de-amortizacao-dos-passivos-energeticos-e-ambientais-dos-paineis-fotovoltaicos/>
- Varella, F. K. O. M., Cavaliero, C. K. N., & Silva, E. P. (2012). Regulatory incentives to promote the use of photovoltaic systems in Brazil. *Revista Holos*, 28 (3) 15-29. Recuperado em 14 dezembro, 2017, de <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/883/552>
- Varella, F. K. O. M., Cavaliero, C. K. N., & Silva, E. P. (2011). Sistemas fotovoltaicos no Brasil: estimativa do índice de nacionalização. *Revista Brasileira de Energia*, 17 (2), 193-216. Recuperado em 15 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/sistemas-fotovoltaicos-no-brasil-estimativa-indice-de-nacionalizacao/>
- Vilela, I. N. R., & Silva, E. P. (2017). A geração compartilhada de energia: uma análise dos modelos e o papel da concessionária. *Revista Brasileira de Energia*, 23 (1), 24-36. Recuperado em 15 dezembro, 2017, de <http://new.sbpe.org.br/artigo/a-geracao-compartilhada-de-energia-uma-analise-dos-modelos-e-o-papel-da-concessionaria/>
- Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., & Mahmudlu, C. (2017). Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80, 1153–1161. Recuperado em 8 outubro, 2017, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117308043>