

ESTADO DA ARTE DA ANÁLISE DE MAPAS SOLARES DE CIDADES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA BIBLIOGRAFIA

Barbara Simões de Breyer¹ – barbara.breyer@soulasalle.com.br
Jhennyfer Rodrigues Parente¹ – jhennyfer.parente@soulasalle.com.br
Luciane Martins do Pilar¹ – luciane.pilar@soulasalle.com.br
Diego Souza Caetano¹² – diego.caetano@lasalle.org.br
Louise Land Bittencourt Lomardo² – louiselandlomardo@id.uff.br

¹Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro, UNILASALLE-RJ

²Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense, PPGAU/UFF

Resumo. *Os mapas solares, funcionam como roteiros para que os interessados em implantar a tecnologia fotovoltaica possuam as ferramentas necessárias para implantá-la em suas edificações. Esses atores do processo podem ser governamentais, empresas privadas ou sociedade civil. A fim de alimentar o processo, fomentando a introdução das energias solares nas cidades, é fundamental avaliar como se encontra hoje a implementação deste tipo de ferramenta nas cidades. A pesquisa realizada teve como metodologia a avaliação do estado da arte das publicações científicas sobre o tema, por meio da pesquisa de conjuntos de termos nas principais fontes de dados digitais disponíveis no Brasil e na base de dados internacional do Google Acadêmico. Utilizando como recurso para essa revisão bibliográfica os bancos de dados do Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS), da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e através dos softwares Harzing 's Publish or Perish e VOSviewer, foram analisados os títulos através de planilhas a fim de categorizar os títulos e definir um conjunto bibliográfico para determinação do estado da arte. O resultado apontou que, apesar do tema estar consolidado no Brasil há mais de 20 anos, o mapeamento solar de cidades ainda é um tema novo e sem publicações direcionadas nem estudos significativos na escala da cidade, diferente do encontrado internacionalmente.*

Palavras-chave: *Planejamento Urbano, Mapa Solar, Revisão Bibliográfica.*

1. INTRODUÇÃO

A Energia Solar é uma fonte de energia renovável que figura entre as mais promissoras no mundo, sobretudo quando avaliamos seu potencial nos trópicos. Sob o ponto de vista da sua capacidade de produção e eficiência nestas regiões, a geração fotovoltaica pode contribuir significativamente para a promoção da descarbonização das matrizes energéticas na escala nacional e na escala da cidade, fomentando uma infraestrutura inteligente que viabilize até distritos energéticos e a distribuição descentralizada.

Para isso, as cidades precisam promover a energia limpa entre seus atores da cena urbana, seja o governo, o empresariado e a sociedade civil. Segundo Byrne (2017) foi estabelecido um compromisso com 228 cidades ao redor do mundo, que tem por objetivo a redução desses gases poluentes, esse compromisso cumulativo é válido até 2050 e espera-se que mais cidades juntem-se a esta meta. Tal projeto foi estabelecido com base em um pacto Europeu de prefeitos, que obtiveram uma redução de 23% das emissões globais em seu banco de dados de 315 inventários de gases de efeito estufa urbanos. As cidades que acolheram os métodos de pesquisa interdisciplinar, tornaram-se cidades mais comprometidas com as relações de governança urbana, assumiram cada vez mais o caminho para a meta que haviam declarado e com o maior engajamento das cidades, acabaram por passar dessas metas voluntariamente.

Segundo a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), dados da International Renewable Energy Agency (IRENA) em 2020 apontam que a energia solar tem tido o maior incremento de capacidade instalada no mundo. A EPE afirma em seu Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que o Brasil recebe elevados índices de radiação solar e de forma significativamente uniforme, permitindo a utilização da energia por todo território nacional. As cidades, em função da antropização da área urbana e da demanda energética, podem ter papel decisivo como um dos motores de geração deste tipo de energia, inclusive na integração dos sistemas de energia fotovoltaica das edificações na passagem de sistemas conhecidos como *Building Applied Photovoltaic Systems* (BAPV) para os *Building Integrated Photovoltaic Systems* (BIPV).

Ainda no PNE 2050, a EPE aponta como recomendações para promover o avanço da energia solar no Brasil o desenvolvimento de “novas ferramentas, tecnologia e modelos de negócios para previsão da geração solar e gestão da operação do sistema elétrico”. O mapeamento solar de cidades é uma alternativa descentralizada que permite aos municípios orientar seus cidadãos a respeito da implantação da energia solar, o que pode ser uma opção interessante

para aproximar a sociedade civil do tema. Internacionalmente, o mapeamento solar de cidades já ocorre em diversas cidades do mundo, sobretudo na Europa. Segundo Grauthoff et al (2012), a criação de mapas de potencial solar para cidades pode ser explorada em grande profundidade como ferramenta de comunicação, “pois apresentam uma imagem forte da capacidade de uma cidade de fazer uso de seus próprios recursos, conscientizando as partes interessadas da cidade - dos formuladores de políticas aos atores do mercado e aos cidadãos.”. Os autores justificam ainda que “essa iniciativa é capaz de criar um interesse substancial em tecnologias solares e encorajar a organização de iniciativas locais.”.

Tendo em vista a relevância do tema, a necessidade de estudos para construção de mapas solares passa pela necessidade de realizar um levantamento minucioso dos principais títulos que compõem o estado da arte da temática na atualidade. Nesse sentido, o estudo bibliométrico se coloca como metodologia importante para categorização, priorização e seleção dos títulos que melhor se relacionam com o objeto de estudo. A pesquisa sistematizada de bibliografias tem sido facilitada através de plataformas virtuais como a publicação de anais de congressos na Internet e ferramentas de busca como o Google Scholar. No entanto, algumas dessas bases não possuem análise dos títulos em relação a sua contribuição e disseminação no meio acadêmico. Nesse sentido, softwares como Publish or Perish e VOSviewer têm contribuído para organizar os títulos e ajudar os pesquisadores na análise dos mesmos. Segundo a fundadora do software Anne-Wil Harzing (2011), a bibliometria é um campo multidisciplinar relacionado com diversas ciências, e não somente com a biblioteconomia ou a ciência da informação, sendo o software Publish or Perish, por exemplo, um dos programas de análise bibliométrica popularizados nos meios acadêmicos internacionais pelo seu acesso gratuito e compatibilidade com bases de dados como do Google Acadêmico, introduzido pela Google em 2004.

Neste contexto, esse artigo é produto de uma análise bibliométrica que busca fornecer ao pesquisador um extrato dos principais títulos que se relacionam com os mapas de potencial solar, na expectativa de fomentar pesquisas na área.

2. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho teve como percurso a definição dos termos de análise para avaliação da relevância do tema e, a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, buscar delimitar o estado da arte do mapeamento solar nacional e internacionalmente. Esse caminho metodológico se desenvolveu através de três vertentes: 1) Títulos como livros, artigos e documentos eletrônicos publicados e encontrados na base de dados do Google Acadêmico; 2) Análise sistemática dos artigos produzidos desde 2007 no Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS) e publicados nos anais do congresso; e 3) Teses e dissertações existentes na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

A revisão de literatura ocorreu a partir da base de dados do Google Acadêmico por meio do software *Publish or Perish 7.33*, que relacionou 980 artigos e livros publicados em revistas, anais e *journals* para cada conjunto de palavras-chave definidas e apresentadas nos resultados. Esses resultados foram examinados analiticamente por meio de tabelas e quali-quantitativamente por meio de mapas de correlações entre as palavras-chave da pesquisa e as palavras-chave encontradas nos artigos em seus títulos e seus respectivos resumos. O período de análise dos artigos não foi definido, permitindo assim que fosse analisado desde a primeira publicação até os dias atuais, trazendo assim também um horizonte temporal do assunto. O número de citações dos artigos também foram analisados e foi considerando o próprio ranking do software utilizado como ferramenta de análise, tendo em vista seu perfil multicritério padrão.

Os dados extraídos do software Publish or Perish permitiu o mapeamento de correlações por meio do software Vosviewer 1.6.14, onde foi possível avaliar quali-quantitativamente as correlações entre os conjuntos de palavras-chave pesquisadas. Nesta análise foram consideradas a presença dos termos nos títulos e resumos, uma contagem binária dos termos, onde a presença ou a ausência do termo foi o critério utilizado para contagem do documento e somente títulos que apresentaram no mínimo dez vezes a ocorrência do termo somando a ocorrência dos mesmos no título e no resumo, conforme padrão do software.

A revisão bibliográfica a partir dos artigos do CBENS foi realizada da seguinte forma: Após selecionadas as palavras-chave tais como "Energia Solar", "Mapa Solar", "Mapeamento" e "Fotovoltaico" para objetivar em formato nacional a pesquisa ao tema especificado usufruindo do site fonte CBENS, foram realizadas categorias prioritárias: R1, R2 e R3, sendo estas respectivamente alta, média e baixa aderência ao tema. Assim, já formatados em planilha excel seguindo ano de publicação e ordem alfabética, os dados foram submetidos a uma predileção final, sendo distribuídos seus títulos em tabelas para a confecção das análises textuais. Ademais, não foi analisado o RBENS.

Assim como a revisão bibliográfica do CBENS, a revisão bibliográfica da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) foi realizada a partir da seleção de palavras-chave como: “Planejamento Urbano”, “Mapa Solar” e “Energia Solar”. Como produto da pesquisa feita a partir desta seleção, foram selecionados diversos gêneros de teses e dissertações relacionadas com o tema e, a partir disso, foram selecionados e divididos em categorias prioritárias: R1, R2 e R3, sendo respectivamente alta aderência, média aderência e baixa aderência. Deste modo, foi formatado uma planilha excel em conjunto com o resultado do CBENS, que divide as publicações por ano e ordem alfabética.

3. REVISÃO SISTEMÁTICA DA BIBLIOGRAFIA

A realização da revisão sistemática da bibliografia obedeceu as seguintes etapas pontuadas na metodologia e tem seus resultados descritos nos itens abaixo:

3.1 Revisão sistemática por software e base de dados Google Acadêmico

Foram realizadas análises gráficas e quali-quantitativas para examinar as correlações entre palavras-chave relativas ao tema e, com isso, verificar a presença de artigos científicos nacionais e internacionais com foco no mapeamento solar de cidades. Para isso, foram utilizados os softwares *Harzing's Publish or Perish 7.33* e o *Vosviewer 1.6.14* com o objetivo de observar graficamente por meio de um ranqueamento dos artigos, suas relações e selecionar quais são os mais correlacionados com a pesquisa. Foram levantados 980 artigos para cada correlação estudada. As correlações foram estabelecidas a partir de palavras-chave conforme estruturado na sequência: 1) na primeira pesquisa: Mapa Solar, Cidade e Energia Fotovoltaica; 2) na segunda pesquisa: Mapa Solar, Planejamento Urbano e Energia Solar; 3) na terceira pesquisa: *Solar Map, Cities e Photovoltaic Energy*; e 4) na quarta pesquisa: *Solar Map, Urban Plan e Solar Energy*.

Para revisão bibliográfica sistemática através do Vosviewer, foram analisados conjuntos de termos encontrados em cada pesquisa de palavras-chave, a partir do total de artigos encontrados nas bases do Google Scholar pelo *Publish or Perish*. Destes montantes, apresentados nos mapas a seguir na Fig. 1, foram selecionados os termos que atendem ao limite mínimo de dez ocorrências no título e resumo. Destes, o software seleciona os 60% mais relevantes em relação ao conteúdo do resumo e as correlações entre as palavras. Assim, na análise gráfica, realizada através do software Vosviewer, obtivemos os seguintes mapas de relações entre as palavras-chave.

Na primeira e segunda pesquisas foram encontrados dentro dos títulos e resumos um total de 5.965 e 8.154 termos, respectivamente, onde aproximadamente 95 termos atendem ao limite mínimo de dez ocorrências do termo no título e resumo em cada pesquisa. Destes, o software selecionou os 60% mais relevantes em relação ao conteúdo do resumo e as correlações entre as palavras. Desta forma, foram relacionados aproximadamente 58 termos que apresentaram maior correlação entre as palavras-chave e as demais ocorrências de termos nos textos pesquisados em cada uma das pesquisas e estão apresentados na Fig. 1.

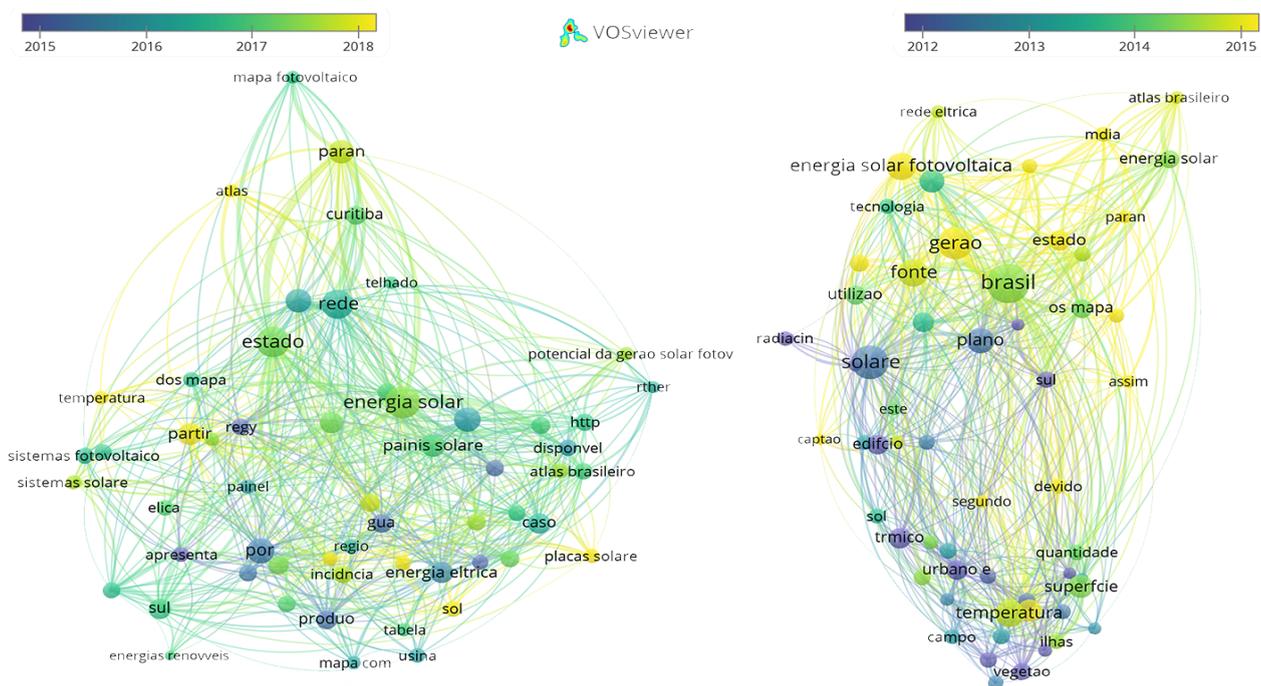


Figura 1 - Mapa de correlações entre termos da primeira (à esquerda) e segunda pesquisa (à direita) em português.
Fonte: Próprios autores.

Podemos observar que em ambas as pesquisas dos termos em português, têm forte correlação com as palavras-chave pesquisadas com os termos “energia solar”, “Brasil” e “estado” (indicado pelo tamanho dos círculos), denotando que muitos títulos têm apresentado dados a nível nacional e regional, mas poucos títulos discutem o mapeamento solar na escala da cidade. Podemos ver este resultado em outras palavras de menor correlação como “atlas brasileiro” e “os mapa[s]” que estão presentes em ambas as pesquisas. No entanto, vale ressaltar a presença da palavra

“curitiba”, “paraná” e “sul” apontando pesquisas mais regionalizadas no sul do país. Outro aspecto relevante de observar está na atualidade do tema que teve maior correlação no percurso dos anos da última década.

A terceira e quarta pesquisas foram realizadas com os termos em Inglês. Foram encontrados dentro dos títulos e resumos um total de 7.020 e 6.772 termos, respectivamente, onde aproximadamente 168 termos atenderam ao limite mínimo de dez ocorrências do termo no título e resumo em cada pesquisa. No contexto da seleção de correlações do software com índice de 60%, foram relacionados aproximadamente 100 termos que apresentaram maior correlação entre as palavras-chave e as demais ocorrências de termos nos textos pesquisados em cada uma das pesquisas. A correlação está apresentada na Fig. 2.

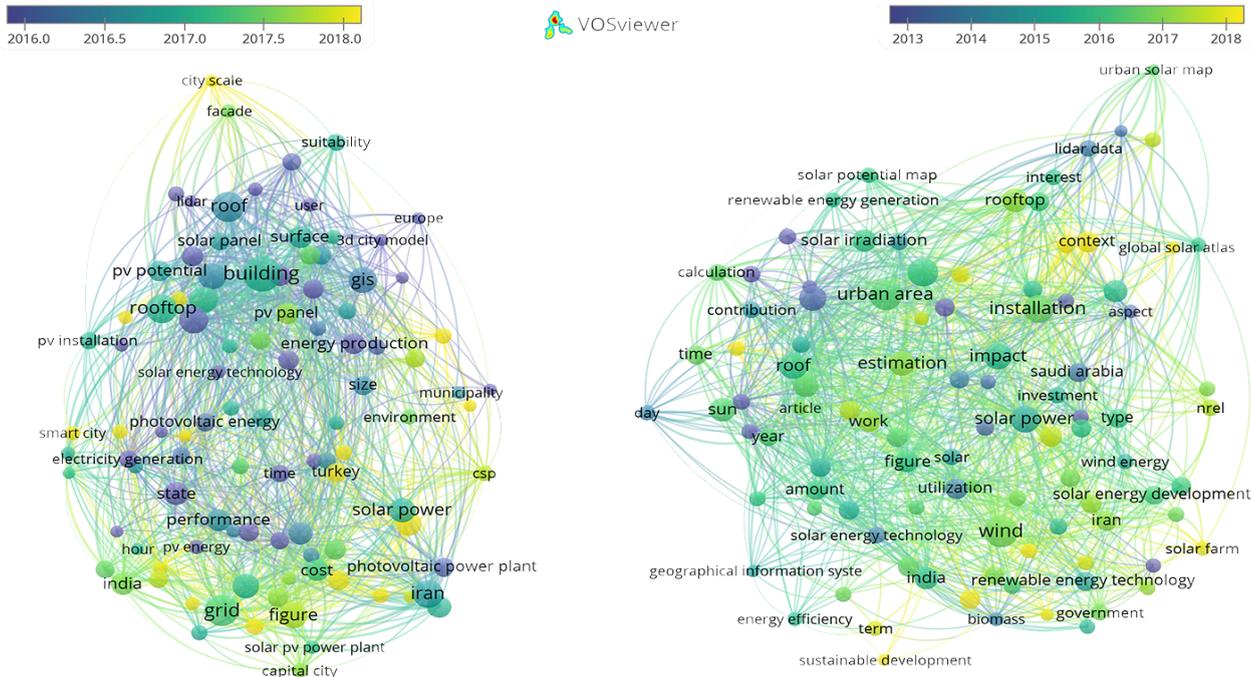


Figura 2 - Mapa de correlações entre termos da terceira (à esquerda) e quarta pesquisa (à direita) em inglês.
Fonte: Próprios autores.

É interessante observar que o período de correlação nos termos pesquisados em inglês é próximo ao que foi encontrado em português, denotando que o assunto relativo ao mapeamento solar ou, pelo menos, os termos relacionados a ele são recentes na produção científica dentro das bases de dados estudadas. No que diz respeito aos termos com maior correlação: “building”, “roof”, “rooftop” e “solar power”, bem como “urban area”, “impact” e “solar power” novamente aparecem respectivamente nas pesquisas. Denota-se os termos “city scale” e “facade” nos termos da terceira pesquisa, apontando que os termos tendem a discussão da energia solar fotovoltaica em relação ao edifício e suas faces. Em um contraponto, “urban solar map”, “global solar atlas”, “geographical information system” e “solar potential map” na quarta pesquisa, denotando ênfases na energia solar enquanto estratégia do planejamento urbano de cidades.

Essa análise realizada permitiu observar que os títulos referentes às palavras-chave que tratavam da quarta pesquisa (Solar Map; Urban Planning; Solar Energy) apresentaram maior aderência à pesquisa de métodos de construção de mapas solares para cidades. Permitiu avaliar que o tema no Brasil ainda é muito incipiente e necessita de mais pesquisas e publicações a respeito, no interesse de promover a energia solar no país. Observando as métricas gerais de análise de bibliometria do software *Publish or Perish*, conforme a síntese apresentada na Tab. 1, podemos dizer que os termos correlacionados com o mapeamento solar já aparecem em publicações desde a década de 70 e que as palavras chave “Mapa Solar”, “Planejamento Urbano” e “Energia Solar” tem o maior número de citações médio no período (50 e 48, respectivamente), segundo a base de dados do Google Acadêmico.

Tabela 1 - Síntese bibliométrica dos dados levantados no software *Publish or Perish*
Fonte: Próprios autores.

Bibliometria	Primeira Pesquisa	Segunda Pesquisa	Terceira Pesquisa	Quarta Pesquisa
	<i>Mapa Solar; Cidade e Energia Fotovoltaica</i>	<i>Mapa Solar; Planejamento Urbano e Energia Solar</i>	<i>Solar Map, Cities e Photovoltaic Energy</i>	<i>Solar Map, Urban Plan e Solar Energy</i>

Período de publicações:	1983-2021	1971-2021	1994-2022	1973-2022
Citações (período):	38 (1983-2021)	50 (1971-2021)	27 (1994-2021)	48 (1973-2021)
Total de títulos encontrados:	980	990	980	997

Na sequência, a partir da análise da síntese dos dados bibliométricos, apresentamos o resultado em ranking de títulos do software *Publish or Perish* dos 15 principais títulos com termos em Inglês, onde houve maior número de citações por ano, e os 10 principais títulos a partir das pesquisas com termos em Português, que estão apresentados na Tab.2:

Tabela 2 - Listagem das principais publicações encontradas pelo software na base de dados do Google Acadêmico
Fonte: Próprios autores.

Rank	Autores	Título	Ano	Publicação	Tipo	Citações /ano
Títulos com termos em Inglês						
1	J Kanters, M Wall, E Kjellsson	The solar map as a knowledge base for solar energy use	2014	Energy Proc.	ARTIGO	11.29
2	CS Fish, K Calvert	An analysis of interactive solar energy web maps for urban energy sustainability	2016	Cartog.Persp ectives	ARTIGO	2.80
3	T Santos, N Gomes, S Freire, MC Brito, L Santos, J C Tenedório	Applications of solar mapping in the urban environment	2014	Applied Geography	ARTIGO	15.29
4	J Kanters, M Wall	A planning process map for solar buildings in urban environments	2016	RSEReviews	ARTIGO	10.20
5	GLobaccaro, SCroce, CLindkvist, MCM Probst, AScognamiglio, J.Dahlberg, M.Lundgren, M.Wall	A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Lessons learned from international case studies	2019	RSEReviews	ARTIGO	21.50
6	M Rylatt, S Gadsden, K Lomas	GIS-based decision support for solar energy planning in urban environments	2001	CEUS	ARTIGO	5.60
7	A Boulmier, J White, N Abdennadher	Towards a cloud based decision support system for solar map generation	2016	2016 IEEE CloudCom	ARTIGO	3.20
8	S Abd Alla, V Bianco, LA Tagliafico, F Scarpa	An innovative approach to local solar energy planning in Riva Trigoso, Italy	2020	Journal of Build. Eng.	ARTIGO	8.00
9	P Redweik, C Catita, M Brito	Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape	2013	Solar Energy	ARTIGO	38.25
10	G Lobaccaro, MM Lisowska, E Saretta, P Bonomo, F Frontini	A methodological analysis approach to assess solar energy potential at the neighborhood scale	2019	Energies	ARTIGO	7.50
11	G Peronato, P Rastogi, E Rey, M Andersen	A toolkit for multi-scale mapping of the solar energy-generation potential of buildings in urban environments under uncertainty	2018	Solar Energy	ARTIGO	5.33
12	P Florio, MCM Probst, A Schüller, C Roecker, JL Scartezini	Assessing visibility in multi-scale urban planning: A contribution to a method enhancing social acceptability of solar energy in cities	2018	Solar Energy	ARTIGO	7.00
13	MCM Probst, C Roecker	Criteria and policies to master the visual impact of solar systems in urban environments: The LESO-QSV method	2019	Solar Energy	ARTIGO	12.50
14	FMKouhestani, JByrne, DJohnson, LSpencer, PHazendonk, MBBrown	Evaluating solar energy technical and economic potential on rooftops in an urban setting: the city of Lethbridge, Canada	2019	Internat. Journal of EEE	ARTIGO	27.50
15	B Beckers	Solar energy at urban scale	2013	Wiley	LIVRO	6.25
Títulos com termos em Português						
1	RG Torres	Desenvolvimento de metodologia para avaliação do potencial de utilização de sistemas de energia solar fotovoltaica em meios urbanos	2015	Repositório LUME UFRGS	DISSERT.	0.33
2	R Rüter, I Salamoni	O potencial dos setores urbanos brasileiros para a geração de energia solar fotovoltaica de forma integrada às edificações	2013	Fórum Patrimônio	ARTIGO	1.25
3	MR Cunha, COF Concolato, JAVB Mello	Potencialidades regionais para a energia solar fotovoltaica na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro	2019	BURI Revista	ARTIGO	1.00
4	C Girotti	Modelagem dos parâmetros da forma urbana para a maximização de geração de energia solar fotovoltaica no ambiente urbano em adensamento e verticalização	2019	Biblioteca Digital USP	DISSERT.	1.50
5	ES Assis, RVG Souza, JG Ludgero, VBCCoimbra, SP Costa	Integração do conceito de envelope solar na legislação urbana para economia de energia no setor residencial	2007	II CBEE	ARTIGO	0.07
6	FRMartins, EBPereira, RAGuarnieri, CSYamashita, RCChagas	Mapeamento dos recursos de energia solar no Brasil utilizando modelo de transferência radiativa BRASIL-SR	2007	I CBENS	ARTIGO	1.21
7	GM Tiepolo, O Canciglieri, J Urbanetz, TSViana, E Pereira	Comparação entre o potencial de geração fotovoltaica no estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha	2014	V CBENS	ARTIGO	2.86
8	BAV Santos	Estudo comparativo para implantação de sistema de captação de energia solar fotovoltaica em edificações bancárias localizadas em cidades com diferentes níveis de irradiação	2016	RIUT	DISSERT.	0.00

		solar no estado do Paraná				
9	KRCC Marins, MA Roméro	Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano	2012	Ambiente Construído	ARTIGO	1.67
10	F da Silva, PRC Drach, GS Barbosa	Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas	2019	Revista Tec.e Soc.	ARTIGO	0.00

3.2 Revisão sistemática dos artigos do Congresso Brasileiro de Energia Solar (2007-2020) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)

Com a revisão bibliográfica feita a partir da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e do Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS) foram conferidos 1.599 resultados compostos de: artigos, teses e dissertações, sendo 91% da base do CBENS e 9% do BDTD. Na análise para categorização dos títulos, foram pesquisados os seguintes termos: “Planejamento Urbano”, “Mapa Solar”, “Mapeamento” e “Energia Solar”. Os títulos encontrados fazem parte do universo temporal de 2007 até 2020 para o CBENS e desde 2002 para o BDTD. Do total de títulos, foram selecionados 47 que correspondem às palavras-chave estudadas, sendo 31 títulos da base de dados do CBENS e 18 títulos da base de dados do BDTD.

Tabela 3 - Listagem das principais publicações encontradas nas bases de dados nacionais CBENS e BDTD
Fonte: Próprios autores.

CATEGORIA R1			
Autores	Artigos	Ano	Fonte
R Rütther, I Tourinho Salamoni, CS Jardim, P Knob	O Potencial da Geração Fotovoltaica Integrada a Edificações e Conectada à Rede Elétrica Pública no Brasil	2007	CBENS
FR Martins, EB Pereira, RA Guarnieri, SAB Silva, CS Yamashita, RC Chagas, SL Abreu, S Colle	Mapeamento dos Recursos de Energia Solar no Brasil Utilizando Modelo de Transferência Radioativa BRASIL-SR	2007	CBENS
PCM Carvalho, JSA Júnior, SCS Jucá, MRB Neto, MA Santos	Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para Energias Renováveis	2007	CBENS
ÍP Santos	Integração de Painéis Solares Fotovoltaicos em Edificações Residenciais e sua Contribuição em um Alimentador de Energia de Zona Urbana Mista	2009	BDTD
LR Nascimento, R Rütther	A Avaliação de Longo Prazo de um Sistema Fotovoltaico Integrado à Edificação Urbana e Conectado à Rede Elétrica Pública	2014	CBENS
C Tiba, RJ Reis, J F Abreu, V Wilma, MAS Alves, JCE Costa, MA Dumont, DP Guimarães	Metodologia para Elaboração de Mapas de Radiação Solar para Minas Gerais	2014	CBENS
MMO Junior	Avaliação por simulação de projetos de sistemas fotovoltaicos	2015	BDTD
RG Torres	Desenvolvimento de metodologia para avaliação do potencial de utilização de sistemas de energia solar fotovoltaica em meios urbanos	2015	BDTD
C Junior; O Souza	Avaliação de viabilidade de microgeração de energia solar fotovoltaica na cidade do Rio de Janeiro com emprego de opções reais	2016	BDTD
A Krenzinger; D Aguiar	Metodologia para Elaboração de Mapas de Produtividade Fotovoltaica no Rio Grande do Sul	2016	CBENS
SRT Freitas	Potencial Solar nas Cidades	2016	CBENS
AL Ribeiro	Energia Solar Fotovoltaica: Viabilidade no segmento residencial	2017	BDTD
FN Rodrigues	Microgeração e minigeração de energia fotovoltaica distribuída na cidade de São Paulo: oportunidades e desafios	2018	BDTD
BFF Nunes; RSC Camargos	Análise do Aproveitamento do Potencial de Geração Distribuída Fotovoltaica no DF e Seu Impacto Sobre os Contratos de Energia Celebrados pela CEB	2020	CBENS
VR Rocha; AR Gonçalves; RS Costa; EB Pereira; F Ramos Martins; CO Inacio; LFA Fontenele; PHF Ferreira	Avaliação da Variabilidade do Recurso Solar em Território Brasileiro	2020	CBENS
GA Rampinelli; BP Dela Bruna	Desenvolvimento de Software de Dimensionamento e Simulação de Sistemas Fotovoltaicos e Análise de Compensação de Energia Elétrica – PVGRID 2.0	2020	CBENS
AJL Santos; AFP Lucena	Potenciais Técnico e de Mercado de Energia Solar Fotovoltaica de Geração Distribuída no Setor Residencial Brasileiro	2020	CBENS
MHOP Filho; E B Cavalcante	Utilização do Programa QGIS na Elaboração de Mapa de Irradiação Solar	2020	CBENS
FB Silva; J Urbanetz Jr	Mapeamento da Trajetória Solar Para Aplicação em Rastreadores Solares	2020	CBENS

Como mostrado na Tab. 3, o CBENS configura 69% dos 19 artigos pertinentes à temática na categoria R1 (zona de alta aderência ao tema) sendo o maior ano de produção em 2020, com seis títulos classificados. Em relação ao BDTD, na Zona de Alta aderência (R1), há seis artigos publicados entre os anos 2009 a 2018 configurando somente 31% do total.

Em relação ao BDTD, as teses e dissertações possuem baixo espaço de tempo entre os lançamentos, tendo o maior intervalo de seis anos. Apesar de serem uma pequena parcela, são os únicos em toda a Biblioteca Digital que tratam pontualmente da temática especificada. Em R2 (média aderência), foram selecionadas oito teses e dissertações que não acordam ao tema de forma objetiva, mas ainda agregam determinado nível de importância devido às palavras-chaves aplicadas, configurando assim 47% da pesquisa. Igualmente ao R1, os títulos possuem baixo espaço de tempo entre si, sendo publicados entre 2007 a 2019, tendo o maior intervalo entre as publicações dos títulos de cinco anos. Em R3 (baixa aderência), foram selecionados dois títulos publicados nos anos de 2016 e 2020, configurando meramente 18% do total.

Das 61 palavras-chaves recolhidas, tanto do banco de dados CBENS quanto BDTD, 11 vezes repetiu-se a palavra “Energia Solar” dispondo 18% do total, sendo a mais utilizada dos artigos escolhidos. Por fim, no total, o BDTD contém 16 artigos categorizados que, no conjunto R1, representam 37,5% desses resultados, enquanto R2, 50% e R3, 12,5%, ao passo que no CBENS tanto R2 como R3 possuem 29,5% dos títulos selecionados cada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi estruturada tendo como objetivo causar uma reflexão diante da relevância temática do mapeamento solar como ferramenta de fomento para promoção de fontes renováveis de geração de energia distribuída em cidades. Para isso foi feita uma revisão bibliográfica sistemática, em nível nacional e internacional, por meio dos bancos de dados do CBENS, do BDTD e do Google Acadêmico usando como critério de análise conjuntos de termos. O resultado foi a estruturação de tabelas com os principais títulos bibliográficos, que podem alimentar pesquisadores interessados sobre o tema de metodologias de mapeamento solar de cidades, numa abordagem holística do estado da arte do tópico.

A metodologia buscou dentro do banco de dados do CBENS e do BDTD um conjunto de 1.599 artigos, teses e dissertações de acordo com as palavras-chave pesquisadas. Para uma melhor compreensão, foram elaboradas tabelas fruto de planilhas de estruturação de dados bibliográficos, permitindo a categorização dos títulos por meio de classificações denominadas R1, R2 e R3 para ranqueamento dos títulos. Em outra etapa de pesquisa, foi realizado um estudo mais amplo, comparando o cenário brasileiro com o internacional, utilizando o software *Publish or Perish* com base em pesquisa do Google Acadêmico. Por fim, por intermédio do software *VOSviewer* elaborou-se mapas de correlação onde foi possível avaliar qualitativamente a ligação entre as séries de palavras-chaves pesquisadas, para uma melhor avaliação dos resultados.

Analisando os resultados da bibliometria, foi possível observar que, apesar do tema estar consolidado no Brasil há mais de 20 anos, o mapeamento solar de cidades ainda é um tema novo e sem publicações direcionadas nem estudos significativos na escala da cidade, diferente do encontrado internacionalmente. O tema parece consolidado na Europa, com produção acadêmica sólida e dezenas de cidades adotando o mapeamento solar como estratégia para promoção de instalações fotovoltaicas em cidades. Considerando a inclinação das regiões temperadas e os dados apresentados no Plano Nacional de Energia 2050 da EPE, podemos apontar que a estratégia tem grande relevância nas latitudes brasileiras, o que no contraponto do número escasso de publicações sobre o tema a nível nacional, denotam a necessidade emergente de estudos nesta perspectiva para as cidades brasileiras, salvo algumas dissertações relacionadas. A expectativa é que este artigo estimule novas pesquisas e alimente pesquisadores interessados nessa temática.

Agradecimentos

Gostaríamos de prestar o devido reconhecimento ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo fomento à Iniciação Científica, ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/UFF) pelo suporte disponibilizado à pesquisa, a Prefeitura Municipal de Niterói (PMN/RJ) pelo investimento em pesquisas científicas como esta através do Programa de Desenvolvimento de Pesquisas Aplicadas (PDPA) e ao Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro (UniLaSalle-RJ) por disponibilizar espaço físico, licenças dos softwares e equipamentos para a realização deste artigo.

REFERÊNCIAS

- BDTD. Biblioteca Brasileira Digital de Teses e Dissertações, 2012. Disponível em: <<https://bdtd.ibict.br/>>. Acessado em: 14 dez. 2021.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. PNE 2050 - Plano Nacional de Energia, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>>. Acessado em: 01 out. 2020.
- Byrne, John et al. Are solar cities feasible? A review of current research. *International Journal Of Urban Sciences*, v. 21, n. 3, p. 239-256, 5 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12265934.2017.1331750>>. Acessado em: 14 dez. 2021.

- CBENS. Congresso Brasileiro de Energia Solar 2021. Disponível em: <<https://www.abens.org.br/cbens>> Acessado em: 14 dez. 2021.
- Google. Google Acadêmico. Disponível em <<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>> Acessado em 14 de dez. 2021.
- Grauthoff, M. Janssen, U., Fernandes, J. POLIS - Identification and mobilisation of solar potentials via local strategies. Guidelines based on the experiences of the pilot actions in Lisbon, Lyon, Malmö, Munich, Paris and Vitoria-Gasteiz 2012. Disponível em:<https://www.lisboaenova.org/images/stories/POLIS/Polis_guidelinesFINAL_en.pdf>. Acessado em: 14 dez. 2021.
- Harzing, AW. The Publish or Perish Book: Your guide to effective and responsible citation analysis. Londres: Tarma Software Research (Edição do Kindle). 2011. 252 págs.
- Harzing, AW. Harzing 's Publish or Perish 7.33. Disponível em <<https://harzing.com/resources/publish-or-perish>> Acessado em: 14 dez. 2021.
- Van Eck, J M. Waltman, L. VOSviewer. Visualizing Scientific Landscapes 1.6.14. Disponível em <<https://www.vosviewer.com/>> Acessado em: 14 dez. 2021.

STATE OF THE ART OF SOLAR MAPS ANALYSIS IN CITIES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE BIBLIOGRAPHY

Abstract. *Solar maps work as roadmaps so that those interested in implementing photovoltaic technology have the necessary tools to implement it in their buildings. These actors in the process can be government, private companies or civil society. In order to feed the process, promoting the introduction of solar energy in cities, it is essential to assess how the implementation of this type of tool in cities is today. The research carried out as methodology the evaluation of the state of the art of scientific publications on the subject, through the search of sets of terms in the main sources of digital data available in Brazil and in the international database of Google Scholar. Using as a resource for this literature review the databases of the Brazilian Congress on Solar Energy (CBENS), the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) and through the Publish and Perish and VOSviewer softwares, the titles were analyzed through spreadsheets. in order to categorize the titles and define a bibliographic set to determine the state of the art. The result pointed out that, despite the theme being consolidated in Brazil for more than 20 years, solar mapping of cities is still a new topic and without targeted publications or significant studies at the city scale, different from what is found internationally.*

Key words: *Urban Planning, Solar Map, Literature Review.*