



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**



Gabriel Rodrigues de Almeida

**Pesquisa Bibliométrica Sobre Otimização de Lajes em Concreto Armado no  
Período 2016-2021**

São Cristóvão - SE

2022

Gabriel Rodrigues de Almeida

**Pesquisa Bibliométrica Sobre Otimização de Lajes em Concreto Armado no  
Período 2016-2021**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Nilma Fontes de Araujo Andrade

São Cristóvão - SE

2022



**ATA DE DEFESA**

Gabriel Rodrigues de Almeida

**Pesquisa Bibliométrica sobre Otimização de Lajes em Concreto Armado no Período  
2016-2021**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: **01 de dezembro de 2022**

<b>Banca Examinadora</b>		<b>Nota</b>
Orientadora: Prof <sup>ª</sup> . Dra. Nilma Fontes de Araujo Andrade (UFS)	–	8,5
Examinadora: Prof <sup>ª</sup> . Dra. Débora de Gois Santos (UFS)	–	8,5
Examinador: Prof. Dr. Fabio Carlos da Rocha (UFS)	–	8,5
	<b>Média Final:</b>	<b>8,5</b>

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Nilma Fontes de Araujo Andrade

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Débora de Gois Santos

Prof. Dr. Fabio Carlos da Rocha



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



## DECLARAÇÃO DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Declaro, para os devidos fins, que o seguinte Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi defendido conforme as informações apresentadas:

Pesquisa bibliométrica sobre otimização de lajes em concreto armado no período

**Título:** 2016-2021

**Discente:** Gabriel Rodrigues de Almeida

**Defesa:** 01 de dezembro de 2022

**Orientador(a):** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Nilma Fontes de Araújo Andrade (UFS)

**e-mail:** nilmaandrade@hotmail.com

**Examinador(a):** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Débora de Gois Santos (UFS)

**Examinador(a):** Prof. Dr. Fabio Carlos da Rocha (UFS)

São Cristóvão, 02 de dezembro de 2022

*Prof. Dr. Alessandro Tenório Porangaba*

Coordenador de Trabalho de Conclusão de Curso

soualex@academico.ufs.br

## RESUMO

Este trabalho aplicou uma metodologia de pesquisa bibliométrica a fim de realizar um levantamento sistemático de artigos científicos sobre a otimização de lajes em concreto armado durante o período de 2016-2021. A seleção dos artigos, entre os encontrados nos bancos de dados nacional e internacional, foi obtida através da filtragem de 288 artigos em cinco etapas estabelecidas pelo método ProKnow-C, onde o portfólio final foi composto por 13 artigos científicos sobre o tema “otimização de lajes em concreto armado”. A análise permitiu detectar os principais autores e periódicos dentro dos critérios utilizados. Os artigos no portfólio não demonstraram uma tendência do crescimento da produção científica durante o período observado. Ao mesmo tempo, observou-se uma origem geográfica dos artigos selecionados bem distribuída internacionalmente, porém a produção nacional durante o período se apresentou nula para os critérios utilizados durante o período de 2016-2021. Evidenciou-se pesquisas com o objetivo de reduzir o impacto ambiental gerado pela construção e o seu custo, destacando-se também a utilização de um novo método de otimização.

**Palavras-chave:** Bibliometria. Otimização. Lajes. Concreto Armado.

## **ABSTRACT**

This work applied a bibliometrics research methodology in order to carry out a systematic survey of scientific articles on the optimization of reinforced concrete slabs during the period 2016-2021. The selection of articles, among those found in the national and international databases, was obtained by filtering 288 articles in five stages established by the ProKnow-C method, where the final portfolio was composed of 13 scientific articles on the theme “optimization of reinforced concrete slabs”. The analysis allowed to detect the main authors and journals within the criteria used. The articles in the portfolio did not show a trend towards the growth of scientific production during the observed period. At the same time, a geographical origin of the selected articles was well distributed internationally, but the national production during the period was null for the criteria used during the period 2016-2021. It was evidenced researches with the aim of reducing the environmental impact generated by construction and its cost, also highlighting the use of a new optimization method.

**Keywords:** Bibliometrics. Optimization. Slabs. Reinforced Concrete.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva ABC do reconhecimento científico.....	19
Figura 2 - Fluxograma das etapas da filtragem .....	20
Figura 3 - Quantidade de artigos por ano .....	22
Figura 4 - Quantidade de artigos por periódico.....	23
Figura 5 - Quantidade de artigos por autor.....	24
Figura 6 - Quantidade de citações por autor.....	28
Figura 7 - Quantidade de citações por origem .....	29

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Palavras-Chaves escolhidas inicialmente.....	16
Quadro 2 - Palavras-Chaves adicionadas .....	16
Quadro 3 - Strings de busca nos bancos de dados.....	17
Quadro 4 - Resultado da busca nos bancos de dados .....	18
Quadro 5 - Portfólio Final .....	20
Quadro 6 - Frequência das palavras-chaves .....	30

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação CiteScore dos periódicos .....	23
Tabela 2 - Origem dos artigos por país e continente .....	25
Tabela 3 - Origem dos autores .....	26
Tabela 4 - Quantidade de citações por artigo .....	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABCD	Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
LabMCDA	Laboratório de Metodologias de Apoio à Decisão-Construtivista
LaPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
ProKnow-C	Knowledge Development Process – Construtivist
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>11</b>
1.2.1	Objetivo Geral .....	11
1.2.2	Objetivos Específicos .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Otimização de projeto .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Lajes em concreto armado.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Bibliometria.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Investigação Preliminar .....</b>	<b>15</b>
3.1.1	Definição das palavras-chaves.....	15
3.1.2	Identificação dos bancos de dados.....	16
<b>3.2</b>	<b>Seleção dos artigos .....</b>	<b>17</b>
3.2.1	Busca no banco de dados .....	17
3.2.2	Exclusão de artigos duplicados.....	18
3.2.3	Exclusão pela leitura dos títulos .....	18
3.2.4	Verificação do reconhecimento científico.....	18
3.2.5	Verificação do alinhamento pela leitura dos resumos e reavaliação dos artigos menos citados .....	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Portfólio Final .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Quantidade de artigos .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Quantidade de citações.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Concomitância de palavras-chaves .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Na construção civil, um aspecto de suma importância é o sistema estrutural da edificação, cujo processo convencional de dimensionamento se desenvolveu no decorrer dos séculos. Ao realizar o dimensionamento de uma estrutura, o processo se apresenta complexo, sendo dependente da experiência e habilidade do engenheiro calculista, onde erros humanos podem ocorrer, e devido a este processo ser longo e de alto custo, pode gerar estruturas ineficientes do ponto de vista econômico (ARORA, 2004).

Considerando-se a inviabilidade de se verificar e analisar todas as possibilidades de dimensionamento de um projeto estrutural e a fim de se determinar a melhor opção, conceitos sobre otimização foram desenvolvidos. A otimização e suas metodologias se beneficiam do desenvolvimento rápido das ferramentas computacionais, que as tornam mais eficientes e são capazes de realizar cálculos mais complexos. Com a evolução tecnológica da computação, as ferramentas atuais conseguem efetuar uma quantidade de cálculos maior e processamento de informações mais eficiente, trazendo novas possibilidades em otimização estrutural.

No sistema estrutural, as lajes são um dos elementos mais utilizados, e mesmo com a possibilidade de serem construídas com diversos materiais e tipos, as lajes maciças de concreto são as mais utilizadas no Brasil. Diversas pesquisas têm sido realizadas sobre esse elemento estrutural, gerando uma considerável quantidade de informações, sobre as quais a bibliometria auxilia em seu gerenciamento.

O termo bibliometria foi definido por Okubo (1997) e tem como objetivo a análise de indicadores e medidas específicas através da aplicação de metodologias sistemáticas. Um destes métodos é intitulado *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C), desenvolvido no Brasil no Laboratório de Metodologias de Apoio à Decisão-Constructivista (LabMCDA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Enslinn, et al., 2010), o qual vem sendo utilizado em diversas pesquisas bibliográficas independentemente dos seus temas.

Os resultados de uma pesquisa bibliométrica auxiliam a comunidade científica a gerenciar as informações encontradas durante a pesquisa de um determinado tema, identificando-se tendências, como os objetivos de pesquisas mais recentes, os métodos aplicados e suas novas possibilidades de uso, além da medição da produção científica (OKUBO, 1997).

Devido à evolução tecnológica dos últimos anos, esta pesquisa teve o objetivo de investigar a produção científica sobre o tema otimização de lajes em concreto armado, durante o período recente entre 2016-2021. Foram analisados 13 artigos alinhados com o tema após filtragem de 288 artigos iniciais.

Espera-se que os indicadores destacados e suas inferências sobre os artigos selecionados para o portfólio final sirvam para a comunidade científica como ferramenta para determinar o objetivo de pesquisas futuras.

Esta pesquisa bibliométrica está dividida em cinco seções: a primeira sendo a *Introdução* que apresenta os objetivos do trabalho, a *Revisão bibliográfica* sobre otimização, lajes em concreto armado e bibliometria, a *Metodologia* para a seleção dos artigos que compuseram o portfólio final *Resultados e discussões* apresenta a análise de indicadores bibliométricos e sua interpretação, e a *Conclusão* expõe um resumo dos resultados encontrados e sugestões para pesquisas futuras.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o levantamento sistemático de artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais sobre otimização de lajes em concreto armado durante o período de 2016-2021.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar metodologia para seleção de artigos relacionados ao tema otimização de lajes em concreto armado durante o período 2016-2021
- Criar portfólio bibliográfico
- Analisar artigos no portfólio de acordo com indicadores bibliométricos
- Determinar destaques estabelecidos pelos indicadores bibliométricos

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Otimização de projeto

A engenharia consiste em diversas atividades como análise, design, fabricação, vendas e desenvolvimento de sistemas. O processo como um todo se apresenta com um alto custo financeiro e de longa duração, necessitando de recursos materiais e colaboradores.

Para a definição de sistemas e estruturas complexos, é necessária uma grande quantidade de cálculos e processamento de informações, onde com a evolução tecnológica da computação, as ferramentas atuais são capazes de resolver esse processamento em um tempo menor e possibilitando um nível de complexidade maior. O processo de otimização aproveita desse avanço tecnológico que permite a apresentação de mais soluções para um sistema, em que sistemas mais otimizados trazem um custo menor, maior capacidade e possuem melhor manutenção e facilidade de operação (ARORA, 2004)

O projeto de engenharia precisa levar em consideração múltiplas variáveis e fatores, tornando o processo complexo, onde o custo é um do fator importante. É um desafio para engenheiros tornar o projeto eficiente com custo reduzido sem comprometer a sua integridade. Convencionalmente, esse processo é dependente da experiência, habilidade e intuição do engenheiro, onde o erro humano pode ocorrer trazendo resultados indesejados, principalmente em sistemas complexos.

A otimização de um projeto é um processo iterativo, em que a formulação é de suma importância para obter os resultados desejados com eficiência, já que não considerar todas as restrições inerentes ao problema, pode levar a um projeto inseguro. Por outro lado, se a formulação possuir muitas restrições, é possível que o problema de otimização não tenha solução (ARORA, 2004).

A formulação para a otimização de um projeto começa com a transferência de um problema descritivo em uma fórmula matemática, precisando ser adquirida informações necessárias para o problema, como o custo do material, a carga que a estrutura precisa suportar, as propriedades dos materiais e outras informações relevantes. Uma das etapas de grande importância é a definição do que é chamado de variáveis de projeto, escolhidas dentre as variáveis do problema, como o tamanho de uma peça estrutural, cujos valores os métodos de otimização irão alterar de maneira iterativa até alcançar o objetivo estipulado (ARORA, 2004).

Para alcançar o projeto mais eficiente, é preciso ter um critério a ser comparado, onde deve ser possível atribuir um valor a esse critério. Para obter-se esse valor, define-se

uma fórmula matemática, chamada de função objetivo. A função objetivo é escrita levando-se em consideração o objetivo da otimização em si, seja ela para maximizar uma variável, como o lucro de um projeto, ou minimizar, como por exemplo o peso de uma estrutura. Em algumas situações, é possível a necessidade de duas ou mais funções objetivos (ARORA, 2004).

A solução de uma função objetivo é dependente das variáveis de projeto, e para a etapa final da formulação de um problema de otimização, define-se o que é chamado restrições de projeto. As restrições serão o que irá determinar a viabilidade da otimização do projeto e são de grande importância, pois elas podem se apresentar como uma capacidade estrutural mínima ou a disponibilidade de um certo material (ARORA, 2004).

## **2.2 Lajes em concreto armado**

Os elementos de uma estrutura, como pilares, vigas e lajes, podem ser fabricados de materiais como aço, madeira e concreto, onde cada tipo de material tem um comportamento diferente. No caso dos elementos de concreto, devido a suas propriedades mecânicas, possuem baixa resistência aos esforços de tração, tornando necessário o reforço dele, onde a maneira mais comum é utilizar uma armação de aço (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Dentre os elementos básicos de uma estrutura, tem-se as lajes, que são placas de concreto onde sua espessura tem dimensão relativamente pequena comparada a largura e comprimento, cujo principal objetivo na estrutura é de suportar e conduzir as ações normais das cargas sujeitas a uma edificação (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Alguns dos tipos de lajes mais comuns são as lajes maciças, nervuradas e pré-fabricadas. As do tipo maciça possuem uma espessura menor, uniforme e monolítica, sendo utilizadas geralmente em vãos pequenos, devido ao seu peso próprio ser elevado. No caso das lajes nervuradas, são normalmente mais utilizadas em casos que possuem um grande vão, com seu peso próprio sendo menor em comparação com as lajes maciças, devido à presença de nervuras ao longo dela, porém geralmente apresentando uma espessura maior. As lajes pré-fabricadas possuem como algumas vantagens custo reduzido e rapidez de execução no local da construção, sendo geralmente formadas por vigotas de concreto armado e blocos cerâmicos, tornando-as também mais leves que as lajes maciças.

Para a armação das lajes retangulares maciças, a distribuição da sua armação principal é dependente das dimensões do vão onde a laje será construída, podendo ter seu reforço principal necessário em apenas uma direção longitudinal. No caso de lajes em que

suas dimensões longitudinais são de similares comprimentos, torna-se necessário uma armação em ambas as direções, formando uma cruz.

O dimensionamento das lajes maciças é proveniente de dois métodos, o elástico e o de ruptura. O método elástico não considera a fissura do concreto e faz-se análise do comportamento de suas deformações provenientes das cargas solicitantes, onde é aplicada a teoria das placas delgadas. O método de ruptura identifica a maneira em que a laje chegaria a falha e colapso, dimensionando a laje para resistir aos esforços necessários através da teoria das charneiras plásticas (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

### **2.3 Bibliometria**

Pritchard et al. (1969) propuseram a mudança da expressão bibliografia estatística, inicialmente utilizada por Hulme em 1922 para designar formas de catalogar documentos, pelo termo bibliometria, definindo o mesmo como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para análise de estudos em geral (PRITCHARD *et al.*, 1969). Okubo, em 1997, reforçou essa ideia definindo bibliometria como o termo genérico para métodos cujo objetivo é a análise de indicadores e medidas específicas de patentes, estudos científicos e tecnológicos, e os resultados obtidos nos mesmos (OKUBO, 1997).

Por meio da combinação de indicadores utilizados em artigos e documentos, como a contagem de publicações levando em consideração origem geográfica, idioma e instituição onde o documento foi desenvolvido, assim como seus autores e quantidade de citações, é obtida uma análise mais detalhada e efetiva da literatura científica e como a mesma está sendo utilizada (FORESTI, 1990; OKUBO, 1997).

Indicadores, como os citados no parágrafo anterior, e leis empíricas desenvolvidas no campo da bibliometria, tais como a proposta por Lotka (1926), de medição de produtividade, e por Bradford (1934), de dispersão do conhecimento científico (*apud* ARAÚJO, 2006), são utilizados para obter informações de uma comunidade científica, como a sua produtividade, o foco de pesquisa da comunidade, o país de origem, o impacto gerado mundialmente pelos resultados encontrados e a rede de informação formada entre organizações, instituições e autores (ARAÚJO, 2006; BRAGA, 1973; OKUBO, 1997).

Os resultados da bibliometria facilitam, com as suas ferramentas, guiar a comunidade científica para o avanço da tecnologia e do conhecimento científico, e para isso, ao utilizar a bibliometria, é necessário usar uma amostra com grande volume para evitar problemas que podem ocorrer na análise estatística com uma amostra pequena (OKUBO, 1997).

Devido ao crescimento do uso da bibliometria, metodologias para evitar a dificuldade de seleção de artigos científicos foram desenvolvidas como o ProKnow-C (Enslinn, et al., 2010), trazendo uma sistematização para esta seleção junto com ferramentas tecnológicas criadas em forma de *softwares* para auxiliar a análise bibliométrica.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho foi o ProKnow-C, desenvolvida no LabMCDA por Enslin et al. (2010). Os procedimentos são divididos em uma investigação preliminar, uma seleção dos artigos a serem utilizados e uma análise desses artigos escolhidos.

Para a seleção e análise sistemática dos artigos foi utilizado o *software* gratuito StArt, elaborado no Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), que possui ferramentas que facilitam o trabalho repetitivo da análise proposta pelo ProKnow-C de cada artigo encontrado pela pesquisa nos bancos de dados.

#### 3.1 Investigação Preliminar

Na fase de investigação preliminar foi necessário definir as palavras-chaves e bancos de dados a serem utilizados de acordo com o tema para as palavras e área de estudo para os bancos de dados, antes de formular as strings de busca.

##### 3.1.1 Definição das palavras-chaves

Para a determinação das palavras-chaves que foram utilizadas nas pesquisas, foram analisadas palavras utilizadas sobre a otimização de lajes em concreto armado a fim de determinar-se termos em comum que retratam o tema. No método ProKnow-C, as palavras-chaves devem ser na língua inglesa, as quais estão presentes no *Keywords* e *Abstract*.

Após uma análise inicial do tema, foram escolhidas cinco palavras-chaves apresentadas em artigos sobre o tema como ponto de partida, apresentadas no Quadro 1. Identificou-se que elas não necessariamente apareciam em uma ordem específica, portanto não foi adotada nenhuma expressão composta por mais de duas palavras para não serem excluídos artigos que possuíssem potencial de serem aceitos no portfólio final.

Quadro 1 - Palavras-Chaves escolhidas inicialmente

<b>Palavra-Chave</b>	<b>Motivo</b>
Optimization; Slab; Concrete; Reinforced	Ligadas diretamente ao tema
Optimized	Significado similar a <i>Optimization</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa fase de pesquisa preliminar, foi feita a pesquisa exploratória no banco de dados do Scopus® com as cinco palavras-chaves escolhidas inicialmente, onde foi observada uma elevada abrangência das áreas de conhecimento e temas nos títulos nos resultados encontrados, como astrologia e títulos relacionados a fibra óptica, então foi ponderada a necessidade de se adicionar palavras-chaves mesmo com a possibilidade da exclusão de artigos que poderiam ser escolhidos para o portfólio final. Portanto, devido a essa elevada abrangência, foi escolhida essa adição, a fim de se obter artigos que possuíssem um melhor alinhamento com o tema e o objetivo deste trabalho.

Através da leitura de resumos, e também devido ao conhecimento do tema, foram adicionadas duas novas palavras, apresentadas no Quadro 2, visto que os artigos relacionados ao tema apresentavam pelo menos uma delas. Ademais, a pesquisa apresentou resultados sem a presença demasiada de áreas de conhecimento e títulos que não se relacionavam ao tema do trabalho.

Quadro 2 - Palavras-Chaves adicionadas

<b>Palavra-Chave</b>	<b>Motivo</b>
Algorithm	Relação com o tema e delimitação de resultado da pesquisa
Method	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.1.2 Identificação dos bancos de dados

A escolha dos bancos de dados alinhados com o tema foi determinada a partir das recomendações apresentadas pela Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais (ABCD), órgão da Universidade de São Paulo (USP), que estavam disponíveis no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e que possuíssem ferramentas para extração dos resultados da pesquisa realizada. Os bancos de dados escolhidos, relacionados a engenharia civil, foram Scopus®, *Web of Science*® e *Engineering Village*®, para se obter um amplo acervo internacional, e SciELO® com o seu acervo nacional.

### 3.2 Seleção dos artigos

Os artigos presentes no portfólio final foram determinados a partir da filtragem dos resultados iniciais da pesquisa nos bancos de dados, onde foram utilizados os critérios de filtragem do método ProKnow-C, sendo removidos resultados duplicados, artigos com títulos não alinhados ao tema e foram analisados artigos classificados pelo método como sendo sem “reconhecimento científico”. Em seguida, foram selecionados os artigos com resumo alinhado ao tema.

#### 3.2.1 Busca no banco de dados

Para a busca nos bancos de dados, foram determinadas as strings de busca de cada banco de dados, que são os parâmetros utilizados em suas ferramentas de pesquisa, com limitação do ano de publicação entre 2016 e 2021, apresentadas no Quadro 3

Quadro 3 - Strings de busca nos bancos de dados

Scopus®	Web of Science®	Engineering Village®	SciELO®
TITLE-ABS-KEY ( ( optimization OR optimized ) AND concrete AND slab AND reinforced AND ( algorithm OR method ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) )	(2016-2021) AND TÓPICO: ((optimization or optimized)) AND TÓPICO: (concrete and slab and reinforced) AND TÓPICO: ((algorithm or method))	((((( optimization OR optimized ) AND concrete AND slab AND reinforced AND ( algorithm OR method ) ) WN ALL)) AND ((2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018 OR 2017 OR 2016) WN YR))	(((((optimization) OR (optimized)) AND (concrete) AND (slab) AND (reinforced) AND ((algorithm) OR (method)))))) AND (year_cluster:(2016 or 2017 or 2018 or 2019 or 2020 or 2021))

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após a busca nos bancos de dados, o acervo nacional do SciELO® não apresentou artigos dentro do período de publicação escolhido, entre 2016 e 2021. No total, foram extraídos 288 artigos, demonstrados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultado da busca nos bancos de dados

Banco de Dados	Quantidade de artigos
Scopus®	83
Web of Science®	75
Engineering Village®	130
SciELO®	0
Total	288

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.2.2 Exclusão de artigos duplicados

Com a possibilidade de um mesmo artigo estar presente em mais de um banco de dados, foi necessária a exclusão desses artigos duplicados do portfólio final, para que não ocorresse uma avaliação estatística falha, cuja análise apresentaria conteúdo duplicado. Para realizar essa exclusão dos artigos, o *software* StArt, utilizado nessa pesquisa, possui ferramentas para categorizar artigos como duplicados. Com isso, foram removidos 113 artigos, como o intitulado “*Metamodel-based design optimization of structural one-way slabs based on deep learning neural networks to reduce environmental impact*” que apareceu nos três bancos de dados internacionais, resultando em um portfólio de 175 artigos originais.

### 3.2.3 Exclusão pela leitura dos títulos

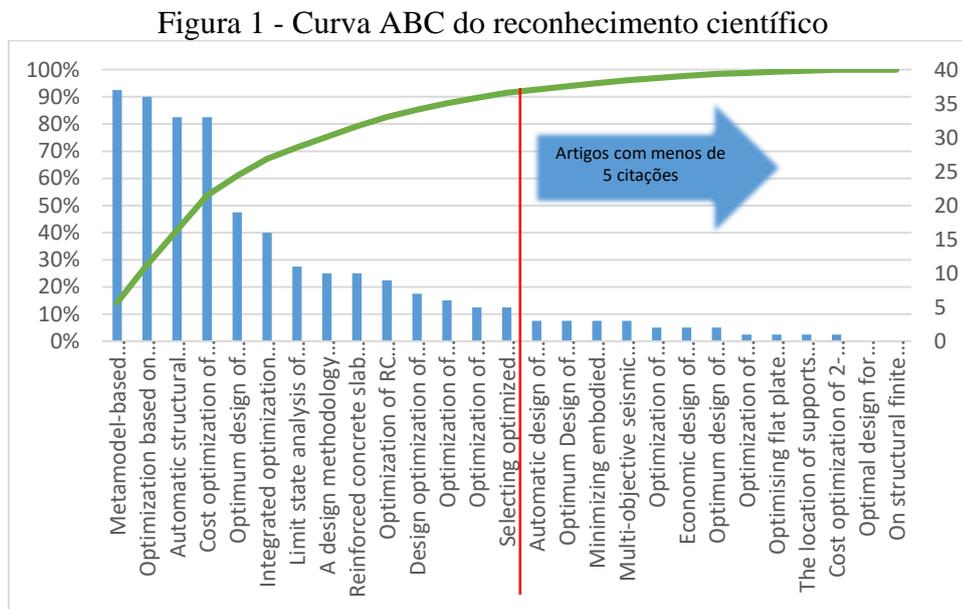
A partir do portfólio composto por artigos originais, faz-se necessária a leitura dos títulos desses artigos afim de excluir aqueles que mesmo possuindo as palavras-chaves determinadas, não tratam do tema do trabalho. Foram rejeitados artigos que não demonstravam abordar sobre otimização de alguma variável relacionada a concreto armado em seu título, como por exemplo “*Non-destructive and destructive monitoring methods of fibre concrete homogeneity*” e “*Technological Parameters of Magnesia Mortars*”, reduzindo o portfólio em 148 artigos, onde 27 se mantiveram no mesmo.

### 3.2.4 Verificação do reconhecimento científico

O portfólio, com 27 artigos, únicos cujo títulos se alinhavam com o tema, foi analisado pelo seu reconhecimento científico através do indicador de citações. Para obter-se essa informação, foi utilizado o Google Acadêmico, que apresenta em seus resultados a quantidade de citações a partir da busca dos títulos, e verificou-se que a quantidade total de citações destes artigos foi de 259 vezes. Os artigos foram organizados de forma decrescente a

partir da quantidade de citações, definindo-se a porcentagem acumulada de citações para cada artigo.

Para esta revisão bibliométrica, foi utilizada a curva ABC, onde foram mantidos os artigos que contribuíram com 90% de citações acumuladas, equivalente a artigos com até 5 citações. A Figura 1 representa essa definição, determinando os quatorze artigos que possuem pelo menos cinco citações com reconhecimento científico, os quais foram levados para a próxima etapa.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.2.5 Verificação do alinhamento pela leitura dos resumos e reavaliação dos artigos menos citados

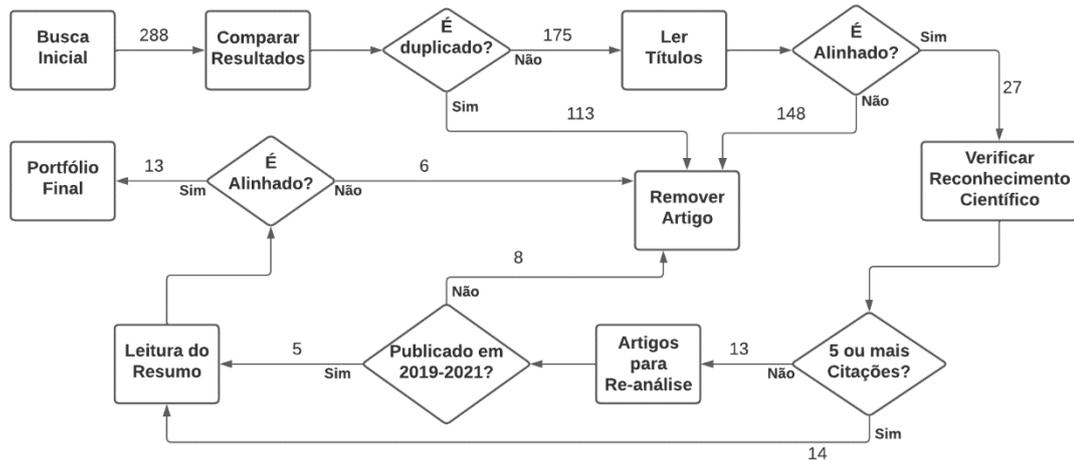
Os quatorze artigos não repetidos, aprovados na filtragem pelos seus títulos e com reconhecimento científico, apresentados na Figura 1, tiveram seus resumos lidos para determinar-se o alinhamento com o tema da pesquisa, sendo necessário que apresentassem diretamente no seu conteúdo a otimização de lajes em concreto armado.

A reavaliação dos outros 13 artigos que não tiveram reconhecimento científico, critério este definido pelo método ProKnow-C, foi justificada devido à possibilidade de artigos mais recentes não estarem disponíveis por um tempo razoável para serem mais citados em outros trabalhos, determinando a inclusão entre 2019 e 2021.

Após reavaliação da data de publicação dos artigos, foi feita a reinclusão de 5 artigos, publicados durante o período de 2019 a 2021, agrupados com os quatorze que possuem reconhecimento científico, onde foi feita a filtragem através da leitura dos resumos

dos 19 artigos sendo rejeitados os que não estavam alinhados com o tema, como “*A design methodology to reduce the embodied carbon of concrete buildings using thin-shell floors*” que tem foco em concreto têxtil, totalizando em 6 remoções, obtendo-se um portfólio final composto por 13 artigos. A Figura 2 apresenta o fluxograma com as etapas da filtragem e sua quantidade de artigos.

Figura 2 - Fluxograma das etapas da filtragem



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração os indicadores bibliométricos apresentados por Okubo em 1997, foram escolhidos a análise da quantidade de artigos, suas citações e a concomitância de palavras-chaves.

### 4.1 Portfólio Final

Apresenta-se, no Quadro 5, os 13 artigos que compõem o portfólio final após a filtragem proposta pelo método do ProKnow-C.

Quadro 5 - Portfólio Final (continua)

1	ALDWAIK, M., & ADELI, H. (2016). Cost optimization of reinforced concrete flat slabs of arbitrary configuration in irregular highrise building structures. <i>Structural and Multidisciplinary Optimization</i> , vol. 54(1), p. 151–164.
2	BASHA, S. B. F., LATHA, K. M. (2018). Design optimization of reinforced concrete slabs using genetic algorithms. <i>International Journal of Civil Engineering and Technology</i> , vol. 9(4), p. 1370-1386

Quadro 5 – Portfólio Final (conclusão)

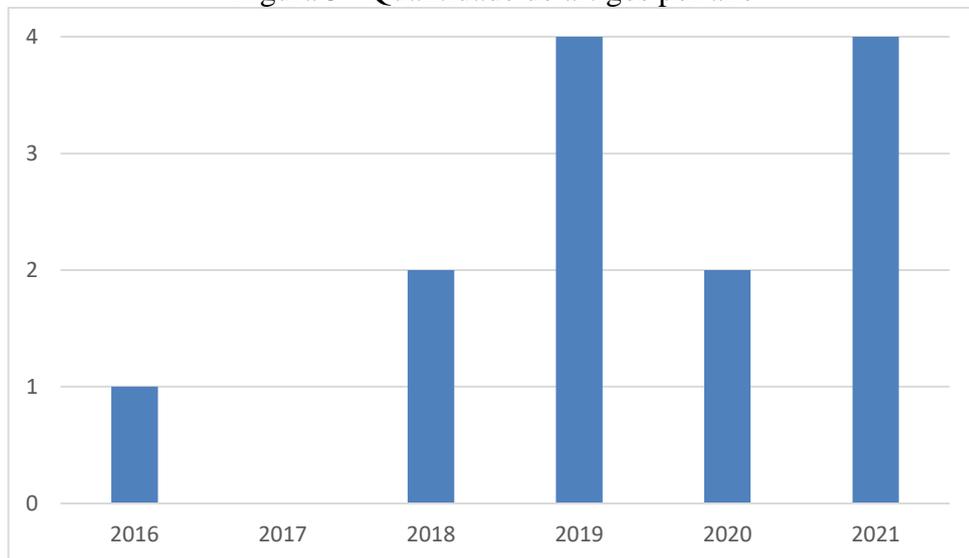
3	CHEPURNENKO A., EFIMENKO E., MAILYAN D., YAZYEV B. Multi-objective seismic design of BRBs-reinforced concrete buildings using genetic algorithms. Magazine of Civil Engineering, vol. 104(4), no. 10404
4	FERREIRO-CABELLO, J., FRAILE-GARCIA, E., MARTINEZ DE PISON ASCACIBAR, E., & MARTINEZ-DE-PISON, F. J. (2018). Metamodel-based design optimization of structural one-way slabs based on deep learning neural networks to reduce environmental impact. Engineering Structures, vol. 155, p. 91–101.
5	ISMAIL, M. A., & MUELLER, C. T. (2021). Minimizing embodied energy of reinforced concrete floor systems in developing countries through shape optimization. Engineering Structures, vol. 246, no. 112955
6	KIM, K., HAN, S., TIA, M., & GREENE, J. (2019). Optimization of Parameters Affecting Horizontal Cracking in Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP). Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 46(7), p. 634-642
7	LEYVA, H., BOJÓRQUEZ, J., BOJÓRQUEZ, E., REYES-SALAZAR, A., CARRILLO, J., & LÓPEZ-ALMANSA, F. (2021). Multi-objective seismic design of BRBs-reinforced concrete buildings using genetic algorithms. Structural and Multidisciplinary Optimization, vol. 64(4), p. 2097-2112
8	STOCHINO, F., & LOPEZ GAYARRE, F. (2019). Reinforced Concrete Slab Optimization with Simulated Annealing. Applied Sciences, vol. 9(15), no. 3161.
9	TAFRAOUT, S., BOURAHLA, N., BOURAHLA, Y., & MEBARKI, A. (2019). Automatic structural design of RC wall-slab buildings using a genetic algorithm with application in BIM environment. Automation in Construction, vol. 106, no. 102901.
10	TAHSIN ÖZTÜRK, H., DEDE, T., & TÜRKER, E. (2020). Optimum design of reinforced concrete counterfort retaining walls using TLBO, Jaya algorithm. Structures, vol. 25, p. 285–296.
11	TRINH, H. T. M. K., CHOWDHURY, S., NGUYEN, M. T., & LIU, T. (2021). Optimising flat plate buildings based on carbon footprint using Branch-and-Reduce deterministic algorithm. Journal of Cleaner Production, vol. 320, no. 128780.
12	ŽENÍŠEK, M., PEŠTA, J., TIPKA, M., KOČÍ, V., & HÁJEK, P. (2020). Optimization of RC Structures in Terms of Cost and Environmental Impact—Case Study. Sustainability, vol. 12(20), no. 8532.
13	ZHENG, C., YI, C., & LU, M. (2019). Integrated optimization of rebar detailing design and installation planning for waste reduction and productivity improvement. Automation in Construction, vol. 101, p. 32–47.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.2 Quantidade de artigos

Para análise do portfólio (Quadro 5) da relação dos artigos publicados em cada ano, foram determinados dois períodos trienais, compostos entre 2016-2018 e 2019-2021, respectivamente o período em que foi considerado o reconhecimento científico e o que não foi considerado (Figura 3). Observou-se que o período de 2019 a 2021 possui 10 artigos publicados, possuindo cerca de 77% do portfólio e uma publicação média anual de aproximadamente 3,33 artigos, um valor consideravelmente superior ao intervalo anterior, com uma média de 1 artigo por ano, porém seria necessária uma amostragem maior para concluir um crescimento da produção científica sobre o tema desta análise bibliométrica.

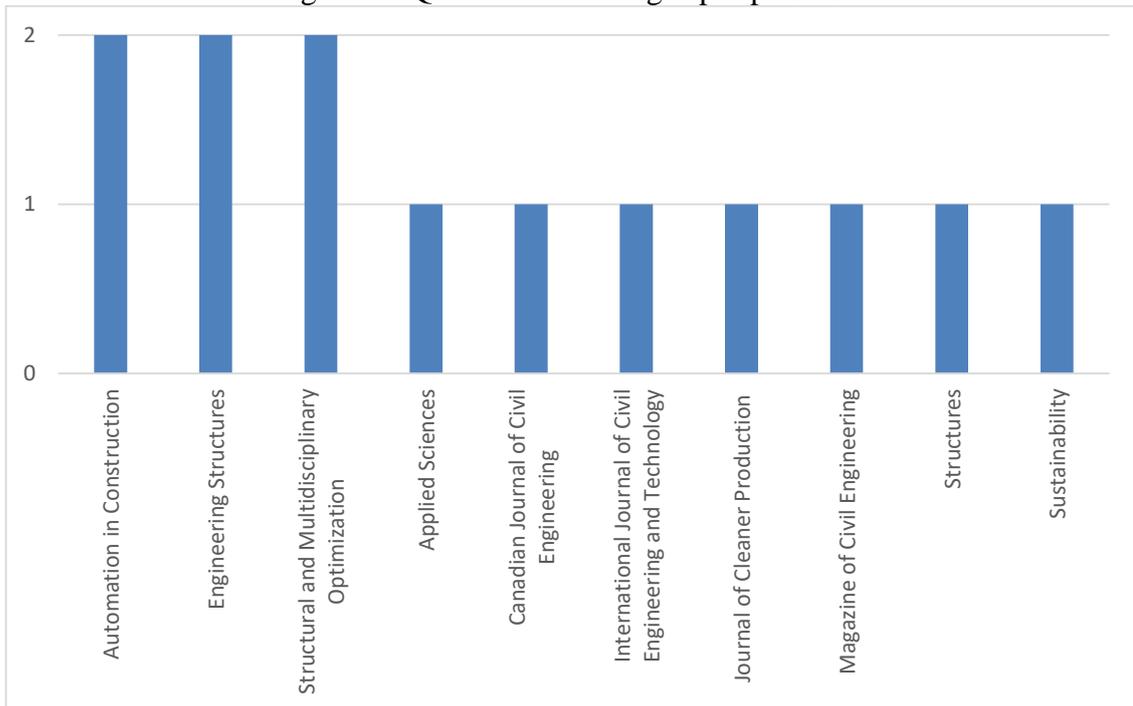
Figura 3 - Quantidade de artigos por ano



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os 10 periódicos nos quais os artigos foram publicados, apresentaram uma dispersão quase igualitária onde Applied Sciences; Canadian Journal of Civil Engineering; International Journal of Civil Engineering and Technology; Journal of Cleaner Production; Magazine of Civil Engineering; Structures e Sustainability possuem, cada um, 1 trabalho, enquanto os que tiveram destaque, com 2 trabalhos publicados no portfólio, foram Automation in Construction; Engineering Structures e Structural and Multidisciplinary Optimization, conforme apresentado na Figura 4. Fazendo-se uma leitura das linhas editoriais destes periódicos, percebeu-se que as mesmas têm foco direto sobre otimização e estrutura, demonstrando ter seu tema alinhado com o desta pesquisa bibliométrica. Esta tendência era esperada, visto que estes periódicos possuem o maior número de publicações no portfólio.

Figura 4 - Quantidade de artigos por periódico



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação à classificação dos periódicos, não foi utilizado o Qualis Periódicos, devido à ausência de certos periódicos em seu dossiê e devido a sua última atualização ter sido em 2016. A classificação adotada foi a do *Scopus CiteScore* que apresenta uma melhor varredura e aceitação internacional, se alinhando melhor com os resultados da busca desta pesquisa que não retornou nenhum resultado nacional para o período escolhido. O *Scopus CiteScore* analisa o impacto do periódico na comunidade científica, onde se aplica uma relação entre a quantidade de citações dos trabalhos publicados pela quantidade de trabalhos disponíveis no periódico, determinando-se o *CiteScore*, e com este valor são classificados no *CiteScore Rank* em formato de percentil demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação CiteScore dos periódicos (continua)

Periódico	Ranking	CiteScore
Automation in Construction	98%	15.0
Journal of Cleaner Production	98%	15.8
Structural and Multidisciplinary Optimization	92%	7.2
Engineering Structures	90%	7.7
Sustainability	86%	5
Structures	84%	3.1
Magazine of Civil Engineering	74%	4.8
Applied Sciences	73%	3.7

Tabela 1 - Classificação CiteScore dos periódicos (continua)

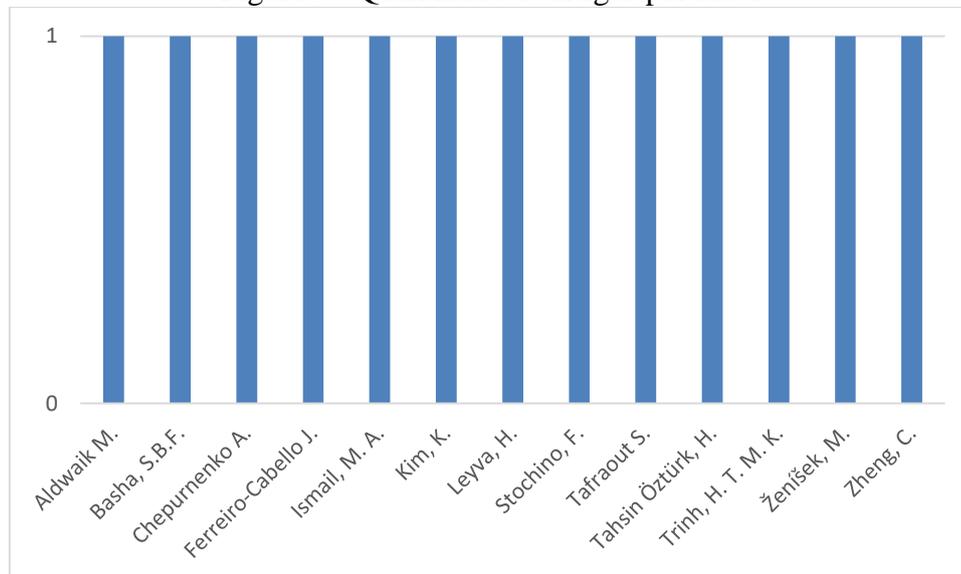
International Journal of Civil Engineering and Technology	50%	1.4
Canadian Journal of Civil Engineering	48%	2.3

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os destaques observados foram os periódicos *Journal of Cleaner Production* e *Automation in Construction*, ambos com percentil 98 e *CiteScore*, respectivamente, de 15,8 e 15,0. Também é observado como destaque entre os periódicos mais bem avaliados em relação a seu impacto na comunidade internacional com percentil de 92 e 90, *Structural and Multidisciplinary Optimization* e *Engineering Structures*, respectivamente, que juntos com o *Automation in Construction* foram os periódicos que possuíram mais artigos relevantes sobre o tema.

Na análise da quantidade de artigos por autor, foram considerados todos os coautores de cada artigo com contribuição igualitária independentemente da ordem de autores listada. Porém, devido a todos os autores terem apenas uma publicação no portfólio (Quadro 5), não houve nenhum autor em destaque em relação à quantidade. Levando isso em consideração, a representação na Figura 5 demonstra apenas o primeiro autor do artigo.

Figura 5 - Quantidade de artigos por autor



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A quantidade de artigos por origem apresentados na Tabela 2 foram determinadas a partir do local do primeiro autor listado na publicação, sendo observada uma dispersão quase igualitária entre os países listados, tendo como destaque os Estados Unidos da América, com

duas publicações. Com relação à origem dos artigos por continente, destacou-se a América do Norte e Europa ambos com 4 artigos no portfólio e o continente da Ásia com 3 publicações sendo eles os principais pontos de geração dos artigos.

Tabela 2 - Origem dos artigos por país e continente

Origem	Quantidade	
	Total	Relativa
<b>América do Norte</b>	<b>4</b>	<b>30,77%</b>
Estados Unidos da América	2	15,38%
Canadá	1	7,69%
México	1	7,69%
<b>Europa</b>	<b>4</b>	<b>30,77%</b>
Espanha	1	7,69%
Itália	1	7,69%
República Tcheca	1	7,69%
Turquia	1	7,69%
<b>Ásia</b>	<b>3</b>	<b>23,08%</b>
Coreia do Sul	1	7,69%
Índia	1	7,69%
Rússia	1	7,69%
<b>África</b>	<b>1</b>	<b>7,69%</b>
Argélia	1	7,69%
<b>Oceania</b>	<b>1</b>	<b>7,69%</b>
Austrália	1	7,69%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Também foi feita a análise da origem do vínculo de todos os pesquisadores, apresentados na Tabela 3, e foi observado que cinco artigos possuíam contribuições entre pesquisadores com vínculos em países diferentes. Entre estes cinco artigos, destacou-se o intitulado “*Multi-objective seismic design of BRBs-reinforced concrete buildings using genetic algorithms*”, com uma colaboração internacional entre três países, sendo eles México, Colômbia e Espanha. Destacam-se também os países que tiveram colaborações internacionais duas vezes, sendo eles Coreia do Sul, aparecendo nos artigos “*Optimization of parameters affecting horizontal cracking in continuously reinforced concrete pavement (CRCP)*” e “*Optimising flat plate buildings based on carbon footprint using Branch-and-Reduce deterministic algorithm*” e Espanha, nos artigos “*Reinforced concrete slab optimization with simulated annealing*” e “*Multi-objective seismic design of BRBs-reinforced concrete buildings*”

*using genetic algorithms*”, demonstrando a parceria entre países e o seu laço científico, um outro indicador bibliométrico.

Tabela 3 - Origem dos autores

<b>Número do artigo no Porfólio</b>	<b>Autores</b>	<b>Origem</b>
1	Aldwaik, M. ; Adeli, H.	Estados Unidos da América
2	Basha, S. B. F. ; Latha, K. M.	Índia
3	Chepurnenko, A. ; Efimenko, E. ; Mailyan, D. ; Yazyev, B.	Rússia
4	Ferreiro-Cabello, J. ; Fraile-Garcia, E. ; Martinez de Pison Ascacibar, E. ; Martinez de Pison, F. J.	Espanha
5	Ismail, M. A. ; Mueller, C. T.	Estados Unidos da América
6	Kim, K.	Coreia do Sul
	Han, S. ; Tia, M. ; Greene, J.	Estados Unidos da América
7	Leyva, H. ; Bojórquez, J. ; Bojórquez, E.	México
	Carrillo, J.,	Colômbia
	López-Almansa, F.	Espanha
8	Stochino, F.	Itália
	Lopez Gayarre, F.	Espanha
9	Tafraout, S. ; Bourahla, N. ; Bourahla, Y.	Argélia
	Mebarki, A.	França
10	Tahsin Öztürk, H. ; Dede, T. ; Türker, E.	Turquia
11	Trinh, H. T. M. K. ; Chowdhury, S. ; Liu, T.	Austrália
	Nguyen, M. T.	Coreia do sul
12	Ženíšek, M. ; Pešta, J. ; Tipka, M. ; Kočí, V. ; Hájek, P.	República Tcheca
13	Zheng, C. ; Yi, C. ; Lu, M.	Canadá

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 4.3 Quantidade de citações

Foram listados os artigos e suas quantidades de citações na Tabela 4, destacando-se os artigos “Metamodel-based design optimization of structural one-way slabs based on deep learning neural networks to reduce environmental impact”, “Automatic structural design of RC wall-slab buildings using a genetic algorithm with application in BIM environment” e “Cost optimization of reinforced concrete flat slabs of arbitrary configuration in irregular highrise building structures”, sendo eles os que tiveram a maior quantidade de citações, representando um total de aproximadamente 58% das citações totais do portfólio final. Estes artigos foram publicados, respectivamente, nos periódicos “Engineering Structures”, “Automation in Construction” e “Structural and Multidisciplinary Optimization”, estando entre os mais bem avaliados pelo *CiteScore Rank* (Tabela 1), demonstrando um elo entre periódicos e artigos com o maior impacto na comunidade científica.

Tabela 4 - Quantidade de citações por artigo (continua)

Título do artigo	Citações		
	Total	Relativa	Acumulado
Metamodel-based design optimization of structural one-way slabs based on deep learning neural networks to reduce environmental impact	37	20,8%	20,8%
Cost optimization of reinforced concrete flat slabs of arbitrary configuration in irregular highrise building structures	33	18,5%	39,3%
Automatic structural design of RC wall-slab buildings using a genetic algorithm with application in BIM environment	33	18,5%	57,9%
Optimum design of reinforced concrete counterfort retaining walls using TLBO, Jaya algorithm	19	10,7%	68,5%
Integrated optimization of rebar detailing design and installation planning for waste reduction and productivity improvement	16	9,0%	77,5%
Reinforced concrete slab optimization with simulated annealing	10	5,6%	83,1%
Optimization of RC Structures in Terms of Cost and Environmental Impact—Case Study	9	5,1%	88,2%
Design optimization of reinforced concrete slabs using genetic algorithms	7	3,9%	92,1%

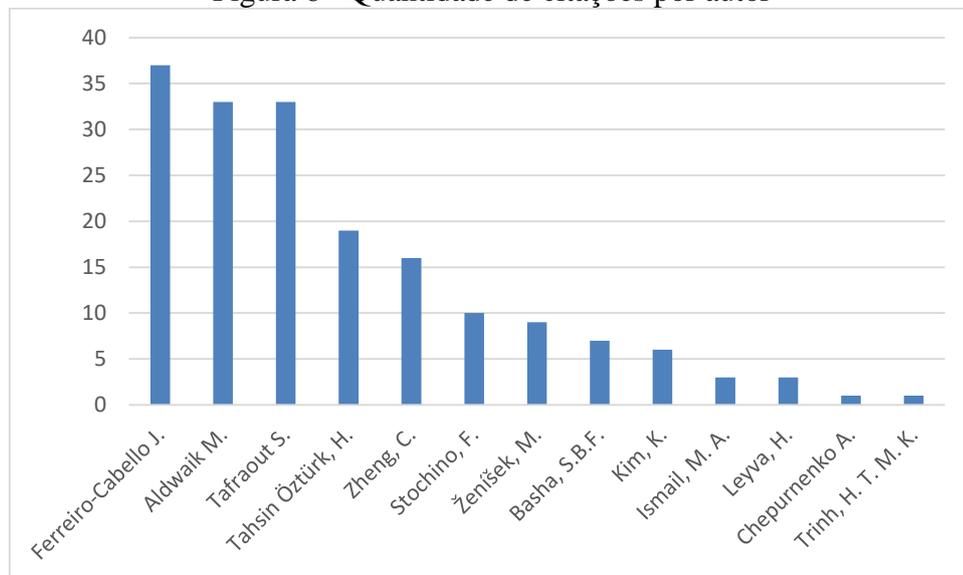
Tabela 4 - Quantidade de citações por artigo (conclusão)

Optimization of parameters affecting horizontal cracking in continuously reinforced concrete pavement (CRCP)	6	3,4%	95,5%
Minimizing embodied energy of reinforced concrete floor systems in developing countries through shape optimization	3	1,7%	97,2%
Multi-objective seismic design of BRBs-reinforced concrete buildings using genetic algorithms	3	1,7%	98,9%
The location of supports under the monolithic reinforced concrete slabs optimization	1	0,6%	99,4%
Optimising flat plate buildings based on carbon footprint using Branch-and-Reduce deterministic algorithm	1	0,6%	100,0%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Devido a cada pesquisador estar presente em apenas um artigo, a quantidade de citações na Figura 6 foi representada pelo primeiro autor do trabalho, destacando-se os liderados por Ferreiro-Cabello, J., Taфраout, S. e Aldwaik M. com 37, 33 e 33 citações, respectivamente. Para estes autores, foi observado como foco do tema de suas outras publicações, estruturas e materiais de construção.

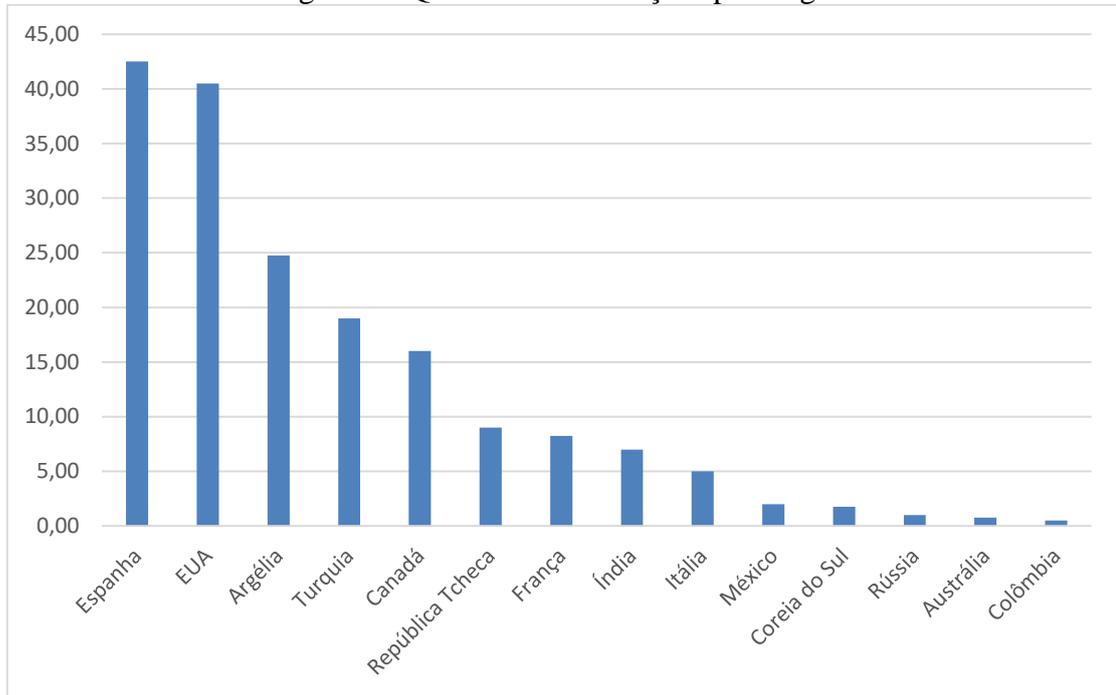
Figura 6 - Quantidade de citações por autor



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para uma análise geográfica, devido a todos os pesquisadores terem apenas um artigo no portfólio, a quantidade de citações foi dividida igualmente entre os países de origem dos pesquisadores de cada artigo e apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Quantidade de citações por origem



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os países que aparecem com a maior quantidade de citações são Espanha e Estados Unidos da América, com respectivamente 42,5 e 39,6 citações, gerando cerca de 46% das citações relativas no portfólio. Destaca-se que os pesquisadores do artigo mais citado têm origem na Espanha e do terceiro artigo mais citado têm origem nos Estados Unidos da América. Foi possível observar também o foco de artigos mais reconhecidos na comunidade científica do tema tratado neste trabalho, com a Europa apresentando autores com um total de 83,75 citações e a América do Norte com 58,5, que juntos representam cerca de 80% das citações totais do portfólio final.

#### 4.4 Concomitância de palavras-chaves

Outro indicador a ser estudado é sobre a ocorrência das palavras-chaves apresentadas pelos autores, onde obteve-se um total de 67 palavras-chaves com 54 delas sendo únicas. A frequência das que apareceram múltiplas vezes estão demonstradas no Quadro 6.

A partir da análise dessa frequência é possível evidenciar a eficiência da filtragem dos resultados, utilizando parâmetros propostos pelo método do ProKnow-C, da busca inicial nos bancos de dados. A frequência das palavras-chaves utilizadas inicialmente “*optimization*”, “*reinforced*”, “*concrete*”, “*slab*”, “*algorithm*”, “*method*” e suas variações

possuem uma frequência de 36 vezes, sendo as mais citadas entre os artigos do portfólio, atestando a aderência e validando a utilização das palavras com o tema da pesquisa.

Quadro 6 - Frequência das palavras-chaves

Palavra-chave	Frequência
REINFORCED CONCRETE	7
STRUCTURAL OPTIMIZATION	2
GENETIC ALGORITHM	2
OPTIMIZATION	2

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Destacam-se também palavras-chaves relacionadas a redução de custo, um fator que na construção civil é de grande interesse das empresas para maximizar seus lucros, assim como uma preocupação com o impacto ambiental gerado pela construção, observando-se que para alcançar esses objetivos, as pesquisas utilizaram, entre outras, palavras-chaves que indicaram a definição do design das lajes e a suas armações como variáveis em suas otimizações. Outros destaques são as variações das palavras sobre algoritmos e métodos utilizados, como o do algoritmo genético e do método dos elementos finitos, onde ambos foram desenvolvidos por cerca do ano de 1960, porém nota-se a utilização de um algoritmo mais recente chamado Jaya.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação do método ProKnow-C possibilitou a investigação da produção científica nacional e internacional sobre o tema otimização aplicada a lajes em concreto armado. Após todas as filtragens, o método alcançou o objetivo em obter um portfólio alinhado com o tema, levando à escolha de 13 artigos onde foi feita a análise do portfólio para determinar os principais artigos, autores, periódicos, origem geográfica e palavras-chaves.

Após análise dos artigos no período estabelecido entre 2016 e 2021, não se observou um crescimento da produção científica ao longo destes anos, necessitando de uma amostragem maior. A quantidade de artigos encontrados no banco de dados nacional se

apresentou nula, pois nenhum artigo foi encontrado com os critérios definidos por esta pesquisa durante o período determinado.

Quanto aos autores, percebeu-se que muitos não obtiveram um impacto elevado na comunidade científica, assim como a quantidade de produção científica, em geral, relativamente baixa, destacando-se entre os listados primeiramente os autores Ferreiro-Cabello, J. e Aldwaik, M., devido a seus trabalhos terem os maiores números de citações no portfólio, sendo, respectivamente, 37 e 33, e também seus impactos na comunidade científica em seus outros trabalhos relacionados a área da construção civil.

Em relação à origem geográfica, os artigos se apresentaram bem distribuídos, já que a maioria de suas origens foram de países diferentes, com apenas 1 artigo no portfólio para cada país, tendo em destaque os Estados Unidos da América com 2 artigos. Outro ponto analisado foi da origem em relação aos continentes, onde destaca-se a América do Norte e Europa, com ambos possuindo 4 artigos, mostrando serem os principais focos da comunidade científica internacional, enquanto a América do Sul e o Brasil não tiveram representação nesta pesquisa em relação à origem do artigo. Também é possível evidenciar a presença de países com artigos possuindo coautoria internacional, tendo a Espanha e Coréia do Sul como destaque por realizarem essa coautoria em 2 artigos cada. Outro destaque é o artigo liderado por Leyva, H. com uma parceria entre 3 países diferentes.

Os principais periódicos foram “*Automation in Construction, Engineering Structures*” e “*Structural and Multidisciplinary Optimization*” por estarem entre os mais bem avaliados em relação a seu impacto internacional de acordo com seus *CiteScore* rankings e possuírem a maior quantidade de artigos no portfólio, onde se observou também a efetividade do *CiteScore* devido a eles possuírem também os artigos mais bem citados.

Quanto aos temas, no decorrer dos anos a preocupação com o impacto ambiental apresentou um crescimento nos artigos, onde múltiplos artigos, inclusive o mais citado, estudaram a redução do impacto ambiental que a construção gera. No geral, além da redução do impacto ambiental, os artigos tiveram foco na otimização de variáveis como a quantidade e localização da armação e o design da laje com o objetivo de minimizar o custo.

Os métodos e algoritmos mais utilizados, de acordo com os resumos dos artigos e suas palavras-chaves, foram o método dos elementos finitos e o algoritmo genético, que foram desenvolvidos há anos atrás. Mesmo assim, as pesquisas indicam uma busca em utilizá-los de forma inovadora. Observou-se também a utilização de algoritmos mais recentes, como o Jaya.

Com o conhecimento adquirido ao longo dessa pesquisa bibliométrica, sugere-se que o tema, otimização de laje em concreto armado, seja mais estudado, devido a uma escassez da

produção científica, principalmente no Brasil, onde o banco de dados utilizado não apresentou nenhum resultado. Em relação aos objetivos das pesquisas, é sugerida a continuidade da tendência da preocupação em minimizar o impacto ambiental e reduzir o custo da construção, questões de alta relevância devido à natureza poluidora da construção civil. Sugere-se também a continuidade das pesquisas com algoritmos e métodos mais recentes, como o algoritmo Jaya, utilizado em um dos artigos analisados, que apresenta bons resultados em testes de eficiência e está sendo bem difundido em diversas áreas que utilizam otimização.

## REFERÊNCIAS

ABCD-USP. **Bases de Dados**. Disponível em: <https://www.abcd.usp.br/bases-dados/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006.

ARORA, J. S. **Introduction to Optimum Design**. 2. ed. Iowa City, United States of America: Elsevier Academic Press, 2004.

BRAGA, G. M. Relações bibliométricas entre a frente de pesquisa (research front) e revisões da literatura: estudo aplicado à ciência da informação. **Ciência da Informação**, v. 2, n. 1, p. 9-26, 1973.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

CLARIVATE. **Web of Science**. Disponível em: <https://www.webofknowledge.com/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

CAPES. **Portal de Periódicos**. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

ELSEVIER. **Engineering Village**. Disponível em: <https://www.engineeringvillage.com/>. Acesso em: 22 nov. 2022

ELSEVIER. **Scopus**. Disponível em: <https://www.scopus.com/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

ENSSLIN, L. et al. **Proknow-c, knowledge development process-constructivist**. *Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil*, v. 10, n. 4, p. 2015, 2010.

FORESTI, N. A. B. Contribuição das revistas brasileiras de biblioteconomia e ciência da informação enquanto fonte de referência para a pesquisa. **Ciência da Informação**, v. 19, n. 1, p. 53-71, 1990.

GOOGLE. **Google Acadêmico**. 2004. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

LABORATÓRIO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SOFTWARE. **StArt**.

Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: [http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start\\_tool](http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool). Acesso em: 22 nov. 2022.

OKUBO, Y. Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples. 1997. Disponível em: [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/bibliometric-indicators-and-analysis-of-research-systems\\_208277770603](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/bibliometric-indicators-and-analysis-of-research-systems_208277770603). Acesso em: 22 nov. 2022.

PRITCHARD, A. et al. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, New York, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

RAO, R. V. **Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems**. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, vol. 7, n. 1, p. 19-34, 2016.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE. **SciELO**. Disponível em: <https://www.scielo.org/>. Acesso em: 22 nov. 2022