



**IFBA – INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

**PROFNITPROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE  
INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO**

MARCOS GOTTSCHALG DISCHER

**INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE  
UM EDIFÍCIO NO DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO DE LAJES LISAS  
PROTENDIDAS COM CORDOALHAS NÃO ADERENTES**

Salvador - Ba  
2022

MARCOS GOTTSCHALG DISCHER

**INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:**  
PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE  
UM EDIFÍCIO NO DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO DE LAJES LISAS  
PROTENDIDAS COM CORDOALHAS NÃO ADERENTES

Relatório técnico conclusivo apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT – Ponto Focal IFBA-Camaçari.

Orientador:  
Prof. Dr. Marcio Luís Valença Araújo

Coorientador:  
Prof. Dr. Adriano Silva Fortes

Salvador - Ba  
2022

Biblioteca Raul V. Seixas – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA - Salvador/BA.

D611i Discher, Marcos Gottschalg.

Inovação na construção civil: proposta de melhoria no processo da concepção estrutural de um edifício no dimensionamento à punção de lajes lisas protendidas com cordoalhas não aderentes / Marcos Gottschalg Discher. Salvador, 2022.

168 f. ; 30 cm.

Relatório técnico conclusivo (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo.

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Silva Fortes.

1. Políticas públicas. 2. Engenharia estrutural 3. Punção. 4. Inovação. I. Araújo, Marcio Luis Valença. II. Fortes, Adriano Silva. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. IV. Título.

CDU 2 ed. 624



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA  
Av. Araújo Pinho, 39 - Bairro Canela - CEP 40000-000 - Salvador - BA - www.portal.ifba.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

**PROFNIT - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO**

**INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DA  
CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO NO DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO DE  
LAJES LISAS PROTENDIDAS COM CORDOALHAS NÃO ADERENTES**

**MARCOS GOTTSCHALG DISCHER**

Produto(s) Gerado(s): Relatório Técnico Conclusivo; Software / Aplicativo de Propriedade Intelectual,  
e/ou Transferência de Tecnologia para Inovação Tecnológica ; Artigo científico Qualis B2.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Silva Fortes

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Marcio Luis Valença Araújo

Orientador – Instituto Federal da Bahia (IFBA)

---

Prof. Dr. Adriano Silva Fortes

Coorientador - Instituto Federal da Bahia (IFBA)

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Campos Rodrigues

Membro Externo - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

---

Prof. Ms. José Carlos Cirino Leite Júnior



Membro Externo Mercado - Engenharia de Estrutura (CIVIX)

---

Prof. Dr. Eduardo Oliveira Teles

Membro Externo – Instituto Federal da Bahia (IFBA)

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela banca examinadora em 16/08/2022

Em 12 de agosto de 2022.

---



Documento assinado eletronicamente por **MARCIO LUIS VALENCA ARAUJO**, Docente da Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, em 17/08/2022, às 15:09, conforme decreto nº 8.539/2015.

---



Documento assinado eletronicamente por **EDUARDO OLIVEIRA TELES**, Docente da Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, em 17/08/2022, às 15:16, conforme decreto nº 8.539/2015.

---



Documento assinado eletronicamente por **ADRIANO SILVA FORTES**, Professor Efetivo, em 18/08/2022, às 12:12, conforme decreto nº 8.539/2015.

---



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Antonio Campos RODrigues**, Usuário Externo, em 18/08/2022, às 15:34, conforme decreto nº 8.539/2015.

---



Documento assinado eletronicamente por **Jose Carlos Cirino Leite Junior**, Usuário Externo, em 18/08/2022, às 17:16, conforme decreto nº 8.539/2015.

---



A autenticidade do documento pode ser conferida no site [http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&tacao\\_origem=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&tacao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0) informando o código verificador 2451530 e o código CRC 01140C30.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não sou nada.

Aos meus pais, Everaldo e Claudia, grandes motivadores para meu crescimento, responsáveis pela formação do meu caráter e por ensinarem o caminho da fé em que trilho hoje.

À minha amada esposa Gelvânia, uma verdadeira companheira a quem eu devo muito. Nos momentos mais difíceis, onde continuar parecia impossível, ela sempre esteve do meu lado. Sem ela com certeza não existiria esse momento.

Aos meus colegas de mestrado que, apesar da pandemia não permitir que nos conhecêssemos presencialmente, nos tornamos verdadeiros amigos.

A todos os professores do Programa de Mestrado PROFNIT, em especial ao meu orientador, o Prof. Dr. Marcio Luís Valença Araújo, pelo apoio, suporte e direcionamento, imprescindíveis para o desenvolvimento desse trabalho. Pessoa com quem aprendi bastante.

À Rebeca Amaral, pelo suporte psicológico fundamental para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao IFBA/ PROFNIT, pelo suporte dado ao longo do mestrado.

À FORTEC – Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia –, que é a proponente do PROFNIT a CAPES.

## RESUMO

A indústria da construção civil é um setor de relevância para economia nacional, e o seu avanço tecnológico se deve à forma em como são desenvolvidas e executadas as políticas públicas e de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I). O modelo estrutural com lajes lisas protendidas é um exemplo de avanço tecnológico, no entanto esse modelo estrutural apresenta a possibilidade de ruptura por punção que, apesar do tema já ter sido amplamente pesquisado, ainda pode levar ao colapso generalizado da estrutura de edificações. Analisando o contexto legal e a aplicação prática, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma plataforma computacional para ser utilizada pela indústria da construção civil que empregue as prescrições normativas da ABNT NBR e que gere uma melhoria no processo que culmina na ocorrência de ruptura por punção em lajes protendidas. Para alcançar os objetivos, foi realizada pesquisa com objetivo explicativo e abordagem qualitativa com a intenção de levantar o referencial teórico referente à punção e às políticas públicas de C,T&I brasileiras. Em seguida, foram desenvolvidas as rotinas de cálculo e fluxogramas para o desenvolvimento da plataforma. Ao final, o trabalho sugere uma melhoria no processo com a adição do MGD<sub>CALC</sub>, um aplicativo que realiza o dimensionamento à punção em lajes lisas protendidas, além de indicar formas para que ocorra a transferência da tecnologia.

Palavras-chave: políticas públicas; engenharia estrutural; punção; inovação.

## **ABSTRACT**

The civil construction industry is a relevant sector for the national economy, and its technological advance is due to the way in which public and Science, Technology and Innovation (S,T&I) policies are developed and implemented. The structural model with prestressed flat slabs is an example of technological advancement, however this structural model presents the possibility of punching failure which, despite the subject having already been widely researched, can still lead to the general collapse of the building structure. Analyzing the legal context and the practical application, this work aimed to develop a computational platform to be used by the civil construction industry that uses the normative prescriptions of ABNT NBR and that generates an improvement in the process that culminates in the occurrence of punching rupture in prestressed slabs. In order to achieve the objectives, a research was carried out with an explanatory objective and a qualitative approach with the intention of raising the theoretical reference regarding the punch and the Brazilian public policies of S,T&I. Then, the calculation routines and flowcharts for the development of the platform were developed. In the end, the work suggests an improvement in the process with the addition of MGD<sub>CALC</sub>, an application that performs the dimensioning to punch in prestressed flat slabs, in addition to indicating ways for the transfer of technology to occur.

Keywords: public policy; structural engineering; punching; innovation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Modelos de laje: tradicional e lisa/plana. ....	16
FIGURA 2 – Modelo de ruptura por punção. ....	16
FIGURA 3 – Ruptura por punção em pavimento com lajes lisas. ....	18
FIGURA 4 – Modelo de laje lisa/plana. ....	25
FIGURA 5 – Esquema de uma laje protendida. ....	25
FIGURA 6 – Armadura ativa e passiva. ....	26
FIGURA 7 – Cordoalhas CP 190 e CP 210. ....	26
FIGURA 8 – Pontos de ocorrência de punção. ....	28
FIGURA 9 – Superfícies de controle Teórica e Real. ....	29
FIGURA 10 – Regiões de ruptura em lajes com armadura de cisalhamento. ....	30
FIGURA 11 – Perímetro crítico em pilares internos. ....	31
FIGURA 12 – Perímetro crítico em pilares de borda. ....	33
FIGURA 13 – Perímetro crítico em pilares de canto. ....	36
FIGURA 14 – Disposição da armadura de punção e superfície crítica C”. ....	40
FIGURA 15 – Corte da disposição da armadura de punção. ....	40
FIGURA 16 – Perímetro crítico de lajes com abertura. ....	41
FIGURA 17 – Efeito favorável dos cabos inclinados. ....	42
FIGURA 18 – Ângulo dos cabos em pilares de extremidade. ....	43
FIGURA 19 – Exemplo de armadura com estribo. ....	43
FIGURA 20 – Distribuição de estribos na laje. ....	44
FIGURA 21 – Exemplo de armadura com Stud. ....	45
FIGURA 23 – Metodologia para busca. ....	53
FIGURA 24 – Matriz de validação/amarração. ....	55
FIGURA 24 – Fluxograma utilizado pelo software. ....	61
FIGURA 25 – Login no Software. ....	62
FIGURA 26 – Tela inicial. ....	62
FIGURA 27 – Aba “Dados Iniciais”. ....	62
FIGURA 28 – Aba “Armadura de Flexão”. ....	62
FIGURA 29 – Aba “Laje Protendida”. ....	63
FIGURA 30 – Aba “Furos na Laje”. ....	63
FIGURA 31 – Aba “Verificação de Punção”. ....	64

FIGURA 32 – Aba “Armadura de Punção” .....	64
FIGURA 33 – Aba “Colapso Progressivo” .....	64
FIGURA 34 – Shopping Rio Poty .....	65
FIGURA 35 – Armadura de punção .....	66
FIGURA 36 – Detalhamento punção.....	66
FIGURA 37 – Armadura de Colapso .....	67
FIGURA 38 – Detalhamento colapso .....	67
FIGURA 39 – Exemplo para validação.....	69
FIGURA 40 – Aba “Dados Iniciais”.....	70
FIGURA 41 – Aba “Armadura de Flexão”.....	71
FIGURA 42 – Aba “Laje Protendida” .....	71
FIGURA 43 – Aba “Furos na Laje” .....	72
FIGURA 44 – Aba “Verificação de Punção” .....	76
FIGURA 45 – Armadura de punção .....	78
FIGURA 46 – Armadura de Colapso .....	79
FIGURA 47 – Fluxograma atual do processo.....	80
FIGURA 48 – Fluxograma do processo com a inclusão do MGDALC .....	81
FIGURA 49 – Diagrama de políticas públicas na Engenharia Estrutural.....	88

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Histórico dos principais marcos regulatórios da construção civil no Brasil .....	22
TABELA 2 – Valores de $K$ .....	32
TABELA 3 – Perímetros críticos para pilares internos .....	32
TABELA 4 – Valores de $W_p$ para pilares internos.....	32
TABELA 5 – Perímetros críticos para pilares de borda .....	34
TABELA 6 – Excentricidades dos perímetros críticos para pilares de borda .....	34
TABELA 7 – Valores de $W_{p1}$ para pilares de borda .....	35
TABELA 8 – Valores de $W_{p2}$ para pilares de borda .....	35
TABELA 9 – Perímetros críticos para pilares de canto .....	36
TABELA 10 – Excentricidades dos perímetros críticos para pilares de canto .....	36
TABELA 11 – Valores de $W_{p1}$ para pilares de canto.....	37
TABELA 12 – Níveis de TRL .....	49
TABELA 13 – Etapas Metodológicas .....	51
TABELA 14 – Softwares registrados na base do INPI .....	57
TABELA 15 – Softwares encontrados no Google e na Play Store .....	59
TABELA 16 – Comparativo entre softwares e aplicativos .....	68
TABELA 17 – Cálculo do número de linhas .....	77

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ABDI</b>	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ANTAC</b>	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
<b>ART</b>	Anotação de Responsabilidade Técnica
<b>ATP</b>	Avaliação Técnica de Projeto
<b>BNDDES</b>	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>CAU</b>	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
<b>C,T&amp;I</b>	Ciência, Tecnologia e Inovação
<b>CBIC</b>	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
<b>CREA</b>	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
<b>CONFEA</b>	Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
<b>IFBA</b>	Instituto Federal da Bahia
<b>INPI</b>	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
<b>NASA</b>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
<b>NBR</b>	Normas Brasileiras
<b>PAC</b>	Programa de Aceleração do Crescimento
<b>P&amp;D</b>	Pesquisa e Desenvolvimento
<b>PROFNIT</b>	Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
<b>SEBRAE</b>	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
<b>TRL</b>	<i>Technology Readiness Level</i>
$A_{sw}$	Área de armadura de punção em uma linha de armadura
<b>C</b>	Primeira superfície crítica
<b>C'</b>	Segunda superfície crítica
<b>C''</b>	Terceira superfície crítica
<b>d</b>	Altura útil da laje ao longo do contorno crítico
<b><math>d_x</math> e <math>d_y</math></b>	Alturas úteis nas duas direções ortogonais
<b><math>F_{sd}</math></b>	Reação da carga aplicada pela laje no pilar, majorada
<b><math>f_{ywd}</math></b>	Resistência de cálculo da armadura de punção
<b>K</b>	Coefficiente que fornece a parcela de $M_{sd}$
<b><math>M_{sd}^*</math></b>	Momento de cálculo causado pela excentricidade de $u^*$



$M_{sd}$	momento solicitante majorado
$M_{sd2}$	Momento de cálculo paralelo ao bordo livre da laje
$N_{sd}$	Força longitudinal na seção, oriunda da protensão
$P_{kinf,i}$	Força de protensão em cada cabo i
$s_r$	Espaçamento entre as linhas de armadura de punção
$u$	Perímetro do contorno crítico
$W_p$	Módulo de resistência plástica
$W_{p1}$	Módulo de resistência perpendicular ao bordo livre da laje
$W_{p2}$	Módulo de resistência paralelo ao bordo livre da laje
$\tau_{sd}$	Tensão solicitante de cisalhamento
$\tau_{Rd2}$	Tensão de cisalhamento resistente na seção C
$\tau_{pd}$	Tensão devida ao efeito dos cabos
$\alpha$	Ângulo de inclinação entre armadura de punção e o plano da laje
$\alpha_i$	Ângulo formado pelo do cabo i e o plano da laje

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
2.1	Lacuna a ser preenchida pela DISSERTAÇÃO .....	18
2.2	Aderência ao PROFNIT .....	19
2.3	Impacto.....	19
2.4	Aplicabilidade .....	20
2.5	Inovação.....	20
2.6	Complexidade.....	20
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	21
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
4.1	Políticas Públicas e Marcos Regulatórios na Indústria da Construção Civil .....	22
4.2	LAJE LISA/PLANA e protendida .....	24
4.3	PUNÇÃO .....	27
4.4	RECOMENDAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014 .....	28
4.4.1	Pilar Interno.....	30
4.4.2	Pilares de Borda/Extremidade e Canto .....	33
4.4.3	Verificação das tensões resistentes do concreto.....	37
4.4.4	Armadura de punção obrigatória/mínima .....	41
4.4.5	Verificação em elementos estruturais protendidos .....	41
4.5	TIPOS DE ARMADURA DE PUNÇÃO.....	43
4.6	Etapas do Processo.....	45
4.7	<i>Software</i> : proteção, licenças E MATURIDADE TECNOLÓGICA.....	47
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>51</b>
5.1	ETAPAS METODOLÓGICAS .....	51
5.2	DESCRIÇÃO DETALHADA DE CADA ETAPA METODOLÓGICA .....	51
5.2.1	Pesquisa documental com abordagem qualitativa.....	51
5.2.2	Pesquisa com objetivo explicativo e abordagem qualitativa .....	52
5.2.3	Prospecção tecnológica .....	52
5.2.4	Melhoria no fluxo processual.....	54
5.2.5	Definição das rotinas de cálculo e fluxogramas.....	54
5.3	MATRIZ DE VALIDAÇÃO .....	55
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
6.1	políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil .....	56

6.2	BUSCA DE ANTERIORIDADE .....	57
6.3	O <i>software</i> “MGDCALC” .....	60
6.3.1	Funcionalidades e Comparações do MGDCALC.....	64
6.3.2	Validação do MGDCALC.....	68
6.4	MELHORIA DE PROCESSO .....	79
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>83</b>
7.1	Aplicação das políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil ....	83
7.2	APLICAÇÃO DO MGDCALC .....	90
<b>8</b>	<b>IMPACTOS E POTENCIAL DE MERCADO .....</b>	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO</b>	<b>93</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>98</b>
<b>12</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – Matrix FOFA (SWOT) .....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE B – Modelo de Negócio CANVAS.....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE C – “Manual do Usuário”.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE C – Artigo Científico 1.....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE D – Artigo Científico 2.....</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE E – Artigo Científico 3.....</b>	<b>150</b>
	<b>ANEXO A – Certificado de Registro de Programa de Computador.....</b>	<b>165</b>
	<b>ANEXO B – Comprovantes de submissão de artigos .....</b>	<b>166</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A exemplo da Europa, onde a indústria da construção é um setor-chave na economia, fornecendo a infraestrutura para o desenvolvimento de outros setores (TRAVAGLINI; BELLOCCHI, 2021), a construção civil também tem grande relevância na indústria nacional e na economia brasileira, além de demandar muita mão de obra e assim empregar uma parte significativa da população. Segundo dados de 2021 da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a cadeia produtiva da construção participa com 7,1% do PIB brasileiro. Particularmente, a construção civil responde por 44,1% do investimento executado no Brasil e emprega diretamente mais de dois milhões de trabalhadores com carteira assinada (CBIC, 2021).

Na sociedade atual, onde grande parte da população se concentra em grandes centros, surge a necessidade de se construir edificações que sirvam de moradia, local de trabalho e lazer para os habitantes das cidades. Com isso, a indústria da construção civil trabalha para fornecer ao mercado um produto que, além de atender a demanda da sociedade e oferecer um baixo custo, apresente um alto grau de confiabilidade e segurança, não colocando em risco a vida de seus usuários.

Em se tratando de edificações, chama-se “sistema construtivo” uma maneira consolidada e bem definida de execução de uma edificação e que contemple, dentre outras características, a estrutura portante ou modelo estrutural utilizado. Não existem dúvidas de que, dos sistemas construtivos empregados no Brasil, o que usa o modelo estrutural com concreto armado é o mais utilizado (SANTOS, 2008) (BAHIA; PINHEIRO, 2017).

No entanto, com o desenvolvimento tecnológico dos modelos estruturais, surge nos Estados Unidos um novo conceito incorporado ao concreto armado, onde passam a serem utilizadas lajes lisas planas em edificações, com adição de cordoalhas tensionadas dentro das lajes. Lajes planas, também chamadas de lajes lisas, são estruturas horizontais (maciças ou nervuradas) que podem ser executadas em concreto armado e/ou protendido e se apoiam diretamente sobre pilares, dispensando a existência das tradicionais vigas, conforme podemos verificar na Figura 1 (FERREIRA, 2010; ABNT NBR 6118, 2014). Na década de 70, esse sistema despertou interesse de alguns países europeus, como Inglaterra, Suíça e Alemanha. Já em 1997 foi construído o primeiro prédio utilizando lajes planas protendidas no Brasil.

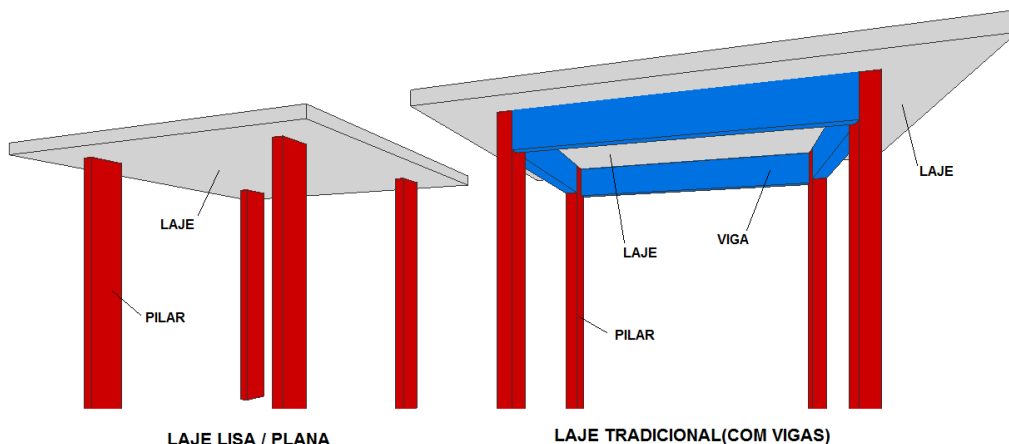


FIGURA 1 – Modelos de laje: tradicional e lisa/plana.  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

A utilização do modelo estrutural com lajes lisas protendidas apresenta grandes vantagens de ordem arquitetônica, estrutural e construtiva, como: a flexibilização das plantas, possibilitando que o cliente altere o *layout* dos cômodos do apartamento; a utilização de maiores vãos entre pilares, ou seja, a distância entre pilares aumenta, facilitando a movimentação das paredes e o posicionamento das vagas de garagem; redução de cotas piso a piso (altura dos andares); diminuição na utilização de fôrmas (madeira), pois sem vigas não é necessária a utilização de fôrmas para moldá-las; facilidades na montagem das armações (aço) aumentando velocidade de execução da estrutura. Esses argumentos têm sido fortes para o aumento no número de edificações que utilizam o sistema.

Entretanto, o modelo estrutural com lajes lisas apresenta uma característica peculiar, pois com a inexistência de vigas aparecem esforços de cisalhamento no ponto de encontro da laje com o pilar, surgindo, assim, o risco de a laje não resistir a esse esforço conhecido como “punção”, conforme apresentado na Figura 2.

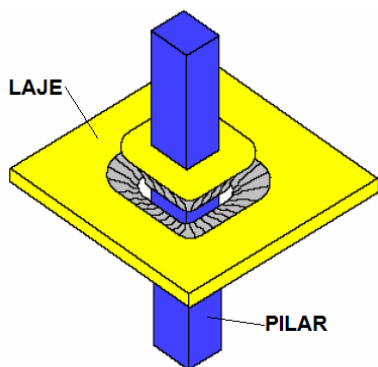


FIGURA 2 – Modelo de ruptura por punção.  
 Fonte: IBRACON (2015)

A verificação e o dimensionamento da estrutura para resistir a esses esforços são fundamentais para evitar a ruptura da ligação laje-pilar, que pode levar ao colapso progressivo de toda a estrutura da edificação após a ruptura da laje por punção.

Balaguer e Abderrahim (2008) já alertavam para o fato de que, apesar de sua importância e a indústria da construção ser uma das mais antigas existentes, há uma grande defasagem tecnológica em relação a outros setores, assim como uma lenta utilização de novas tecnologias. Percebe-se que, historicamente, as construtoras são consideradas tradicionais e sem tendências inovativas (LÓPEZ; YEPES, 2020). O baixo nível de progresso tecnológico implica ao setor um baixo nível de produtividade, principalmente se comparado com outros setores que, em média, é duas vezes maior. Mesmo na Europa, o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na indústria da construção é quatorze vezes menor do que a média da economia em geral (TRAVAGLINI; BELLOCCHI, 2021).

Isso traz a necessidade do desenvolvimento de estratégias e políticas públicas para o fomento à Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) na indústria da construção civil, com o intuito de incentivar e promover o desenvolvimento tecnológico do setor, a fim de reduzir o consumo de materiais, aumentar a produtividade, reduzir os impactos ambientais, aumentar a segurança, mitigando falhas no modelo estrutural utilizado nas edificações, além de contribuir para o desenvolvimento do país.

Analisando o contexto legal e sua aplicação na prática, o presente trabalho pretende contribuir na discussão das políticas públicas para a indústria da construção civil brasileira. Nessa pesquisa, pretende-se também investigar as etapas do processo que influenciam na ocorrência da ruptura por punção em lajes, identificar possíveis motivos que ocasionam falhas nessas etapas e, assim, propor uma plataforma computacional para ser empregada pela indústria da construção civil, que utilize as prescrições normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Normas Brasileiras (NBR) e que gere uma melhoria no processo, minimizando, assim, o surgimento dessa patologia nas edificações e trazendo como consequências o aumento da segurança e a redução do risco para a vida dos usuários da edificação.

## 2 JUSTIFICATIVA

Como indicado por MELO (1990), o edifício *Prest-o-Lite*, localizado em Indianápolis, foi o primeiro caso detectado como ruptura por punção em 1911. Na ocasião ocorreu o colapso progressivo, que levou a ruína total da estrutura.

Na Figura 3 pode-se observar o colapso parcial por punção de um pavimento de um edifício garagem em 2011, localizado na cidade de Christchurch na Nova Zelândia.



FIGURA 3 – Ruptura por punção em pavimento com lajes lisas.  
Fonte: IBRACON (2015)

A justificativa deste trabalho baseia-se na construção de uma ferramenta computacional que gere melhoria no processo pode culminar na ruptura por punção em lajes, reduzindo assim risco de desabamentos na construção civil.

### 2.1 LACUNA A SER PREENCHIDA PELA DISSERTAÇÃO

Qualquer falha na estrutura de uma edificação pode causar perdas irreversíveis para todos os envolvidos. A vida é a maior delas, seguida da perda econômica. Dessa forma, existe a necessidade de se analisar e melhorar o processo que envolve a ocorrência de ruptura por punção em lajes lisas protendidas. Esse trabalho se propôs a desenvolver uma ferramenta computacional, estudar as formas de protegê-la, e sugerir modelos para que ocorra a transferência da tecnologia desenvolvida.

## 2.2 ADERÊNCIA AO PROFNIT

O trabalho se propõe a estudar as etapas do processo relacionado com a ocorrência da patologia conhecida como punção, identificar possíveis causas de falhas e propor melhorias através de uma plataforma que apresente uma inovação tecnológica. Como fruto do trabalho, foi produzido e registrado um *software* aplicativo junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Durantes as pesquisas, também foram realizados estudos sobre as legislações, políticas públicas e estratégias de ciência e tecnologia brasileiras, voltadas para o desenvolvimento de tecnologias na indústria da construção civil, e também sobre as possíveis formas de proteção e licenças para o *software* desenvolvido. Ao final foram analisados o nível de maturidade tecnológica e as possíveis formas de transferência da tecnologia desenvolvida.

## 2.3 IMPACTO

A demanda deste trabalho vem da Indústria da Construção Civil. Segundo dados do Sistema CONFEA/CREA<sup>1</sup>, o Brasil tem atualmente 390 000 engenheiros civis com seu registro ativo, sendo assim potenciais usuários a utilizar a ferramenta, seja em escritórios de projetos estruturais ou em campo na execução de obras.

O principal motivo para a criação da plataforma surgiu da necessidade em diminuir o risco de desabamento na construção civil causada pela ruptura à punção. O trabalho focou no modelo estrutural que emprega lajes lisas protendidas com cordoalhas engraxadas, sem a utilização de vigas, modelo esse suscetível à ocorrência da ruptura por punção.

A área mais influenciada pela mudança proposta nesse trabalho é o setor de construção de edifícios de múltiplos pavimentos, onde o modelo estrutural em questão se mostra vantajoso. Os impactos poderão ser vistos na área econômica, pois com um melhor dimensionamento, ocorrerá um menor consumo de materiais e um menor risco da ocorrência de ruptura à punção. Com menor chance de ruptura, a área social também é afetada, visto que quanto menor a chance de desabamento, menor o risco

---

<sup>1</sup>Disponível em:<https://relatorio.confex.org.br/Profissional/RegistrosPorGrupo>. Acesso em: 10ago. 2021.



para a vida dos usuários.

## 2.4 APLICABILIDADE

Acredita-se que a plataforma possui um alto grau de aplicabilidade, pois poderá ser utilizada por qualquer engenheiro civil. Apresenta também um grande potencial de abrangência, uma vez que, obedecendo às prescrições normativas da ABNT NBR, poderá ser empregada em todo território brasileiro. Também apresenta fácil replicabilidade, uma vez que poderá ser adicionada a *Play Store*<sup>2</sup> e, para utilizá-la, basta realizar o *download* e a instalação no aparelho desejado.

## 2.5 INOVAÇÃO

A proposta se apresenta com um médio teor inovativo, já que se pretende combinar os conhecimentos existentes – no referencial teórico e nas prescrições normativas para a verificação da punção – com os conhecimentos referentes às etapas do processo que influenciam na ocorrência desta. Visa, assim, gerar uma nova forma de enxergar o processo, além de desenvolver uma plataforma inédita para aprimorá-lo.

## 2.6 COMPLEXIDADE

Para o desenvolvimento da plataforma, houve uma multiplicidade de conhecimentos envolvidos, considerando-se, assim, uma produção de alta complexibilidade. Foram necessários conhecimentos técnicos específicos da engenharia civil para o levantamento das etapas do processo, assim como para a análise do referencial teórico, a fim de determinar as rotinas e os fluxogramas de cálculo.

Também foi indispensável mobilizar conhecimentos da área de informática, com a utilização das técnicas de programação. Por fim, foi preciso efetivar a análise das legislações e das políticas públicas de CT&I, além de realizar a proteção da Propriedade Intelectual produzida no trabalho.

---

<sup>2</sup> Serviço de distribuição digital de aplicativos, desenvolvido e operado pela Google para o sistema operacional Android.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma plataforma computacional para ser utilizada pela indústria da construção civil que empregue as prescrições normativas da ABNT e que gere uma melhoria no processo que culmina na ocorrência de ruptura por punção em lajes protendidas, mitigando, assim, o surgimento dessa patologia nas edificações e trazendo como consequências o aumento da segurança e a redução do risco para a vida dos usuários.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e analisar as legislações, as políticas públicas e as estratégias de ciência, tecnologia e inovação voltadas para a indústria da construção civil com o foco no setor da engenharia, responsável pelo projeto e execução das estruturas das edificações;
- Realizar levantamento de referencial teórico para a verificação e dimensionamento de armaduras que resistam à punção em lajes lisas protendidas;
- Identificar e sugerir o melhoramento nas etapas do processo que influenciam na ocorrência da ruptura por punção em lajes lisas protendidas;
- Definir as rotinas de cálculo e fluxogramas para desenvolvimento da plataforma computacional;
- Estudar as possíveis formas de registro e transferência de tecnologia da plataforma computacional.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresentam-se as políticas públicas e marcos regulatórios existentes para a indústria da construção civil, bem como o conceito de punção e os elementos envolvidos, focando principalmente em lajes lisas de concreto armado, com a utilização de cordoalhas não aderentes e armadura de cisalhamento. Apresentam-se também as prescrições da ABNT NBR 6118:2014 para a verificação e o dimensionamento à punção.

### 4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS REGULATÓRIOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A ABNT é o Foro Nacional de Normalização fundada em 28 de setembro de 1940 e é um dos primeiros marcos regulatórios que surgem relacionados com a construção civil, sendo responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBRs), trabalhando em sintonia com os governos e com a sociedade no intuito de promover o desenvolvimento, a defesa do consumidor e a segurança dos cidadãos (ABNT, 2011).

Atualmente, segundo dados retirados diretamente do site da ABNT, existem 153 NBRs relacionadas à construção civil em vigor no Brasil. Entre as relacionadas com o projeto, a execução e a utilização das estruturas das edificações, destacam-se a NBR 6118:2014, “Projeto de estruturas de concreto: Procedimento”, e a NBR 15575:2013, “Edificações habitacionais: Desempenho”, que em sua Parte 2 tem o objetivo de estabelecer os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural da edificação habitacional.

No campo legal do estado brasileiro, pode-se destacar, conforme registrado na Tabela 1, o histórico dos principais marcos regulatórios da construção civil:

TABELA 1 – Histórico dos principais marcos regulatórios da construção civil no Brasil

Marco	Descrição
ABNT NBRs/40	A Associação Brasileira de Normas Técnicas é fundada em 1940 e é responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBRs).
Lei n.º 4.591/64	Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias.
Lei n.º 4.864/65.	Cria medidas de estímulo à indústria de construção civil.
Lei n.º 5.194/66	Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-

<b>Marco</b>	<b>Descrição</b>
	Agrônomo.
Lei n.º 6.496/77	Institui a “Anotação de Responsabilidade Técnica” na prestação de serviços de engenharia, de arquitetura e agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), de uma Mútua de Assistência Profissional, e dá outras providências.
Lei n.º 6.766/79	Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.
Lei nº 7410/85	Dispõe sobre a especialização de Engenheiros e Arquitetos em Engenharia de Segurança do Trabalho, a profissão de Técnico de Segurança do Trabalho, e dá outras providências.
Lei n.º 8.078/90	Cria o Código de Defesa do Consumidor.
Lei n.º 8078/90	Dispõe sobre a proteção do consumidor, e dá outras providências.
Lei n.º 8195/91	Altera a Lei n.º 5.194, de 24 dezembro 1966, que regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo, dispendo sobre eleições diretas para Presidente dos Conselhos Federais e Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.
Lei nº 8666/93	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.
Lei n.º 9394/96	Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional.
Lei n.º 10.257/01	Cria o “Estatuto da Cidade”, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Resolução n.º 307/02	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Lei n.º 12378/10	Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR) e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos estados e do Distrito Federal (CAUs); e dá outras providências.
Resolução n.º 1.010/05	CONFEA. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional.
Lei n.º 10.931/04	Dispõe sobre o patrimônio de afetação de incorporações imobiliárias, Letra de Crédito Imobiliário, Cédula de Crédito Imobiliário, Cédula de Crédito Bancário.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Listadas as políticas públicas e marcos regulatórios, observa-se que eles se dividem em quatro grupos:

1) Marcos regulatórios que funcionam como políticas de incentivo a construção civil, como no caso da Lei n.º 4.864, de 29 de novembro de 1965, que, por exemplo, determinam isenção de impostos sobre produtos industrializados em edificações, utilizando tecnologias pré-fabricadas (BRASIL, 1965).

2) Marcos regulatórios e políticas públicas que tratam diretamente sobre a disponibilização de recursos e financiamentos para o setor, como a Lei n.º 14.118, de janeiro de 2021, nomeada como o Programa Casa Verde e Amarela (BRASIL, 2021), voltada para o financiamento residencial e apresentando pequenas alterações no, já existente, programa Minha Casa, Minha Vida. Atualmente, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e

Social (BNDES) atua no setor de administração de fundos públicos, desempenhando uma política de apoio financeiro às corporações da área de engenharia e construção, seja financiado diretamente, com solicitações realizadas ao próprio BNDES, ou indiretamente, utilizando agentes financeiros como demais bancos privados, públicos ou de economia mista (GOES; VILELA, 2021).

Ainda dentro do mesmo grupo, outro programa que atuava fortemente no setor de investimentos é o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Criado em 2007, o PAC promoveu a execução de grandes obras de infraestrutura nos setores: social, urbano, de logística e energético. Em seu último balanço, divulgado pelo Ministério do Planejamento, detalhando as ações realizadas de janeiro de 2015 a junho de 2018, revelou que o programa utilizou um montante de R\$ 603 bilhões nesse período (BRASIL, 2018).

3) No terceiro grupo estão os marcos regulatórios que tratam da relação entre a construção civil e as obras públicas, a exemplo da Lei das Licitações n.º 8.666 de 1993, que institui as normas e modalidades de licitações e contratos da administração pública (BRASIL, 1993).

4) Por fim, os marcos regulatórios específicos para as atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil. Leis que instituem o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) e o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) como órgãos regulamentadores, e determinam os parâmetros e implicações para todos os atores envolvidos no processo: engenheiros, arquitetos, construtoras e o usuários final.

## 4.2 LAJE LISA/PLANA E PROTENDIDA

Lajes planas, também chamadas de lajes lisas, são estruturas laminares e horizontais (maciças ou nervuradas) que podem ser executadas em concreto armado ou protendido, que se apoiam diretamente sobre pilares, não existindo elementos como vigas para transferência dos esforços da laje para o pilar, conforme podemos verificar na Figura 4 (ABNT NBR 6118, 2014). Com o início da produção de cordoalhas engraxadas, iniciada no Brasil em meados de 1995, a técnica de protensão não aderente em lajes lisas vem ganhando cada vez mais espaço nas estruturas dos edifícios.

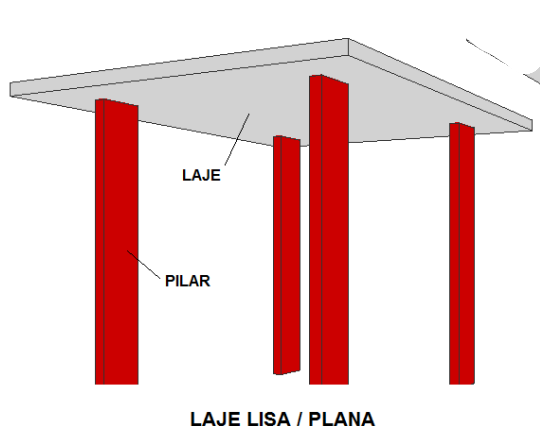


FIGURA 4 – Modelo de laje lisa/plana.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

O sistema de lajes lisas protendidas foi utilizado primeiramente nos Estados Unidos na década de 50 e hoje já é utilizado em todo o mundo. A Figura 5 demonstra um modelo de uma laje protendida, onde estão indicadas as cordoalhas e suas ancoragens, bem como o macaco hidráulico responsável por tensionar as cordoalhas engraxadas.

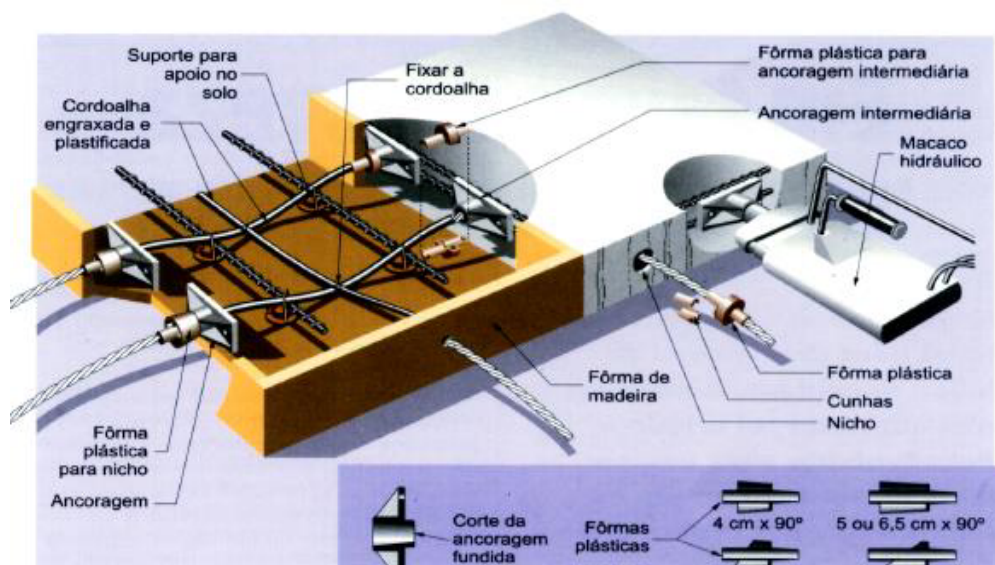


FIGURA 5 – Esquema de uma laje protendida.  
Fonte: Cauduro (2002)

Em síntese, trata-se de uma laje lisa que, além de receber a armadura passiva (o aço CA50), também é armada com armadura ativa, no caso as cordoalhas protendidas. Essas cordoalhas têm uma posição e perfil definidos de modo a combater os esforços solicitantes existentes na laje, conforme indicado na Figura 6:

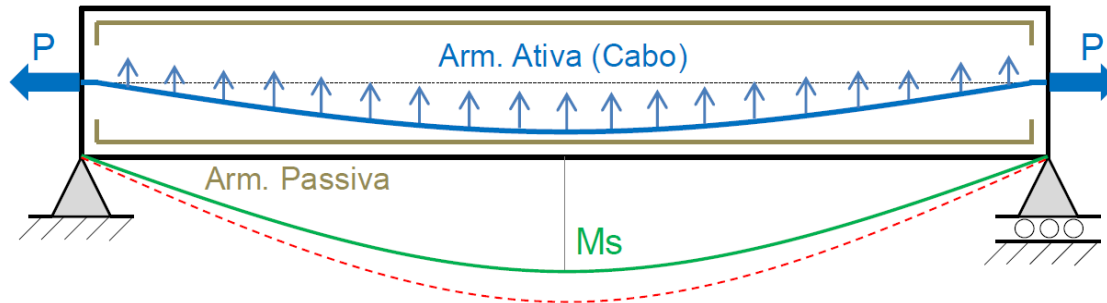


FIGURA 6 – Armadura ativa e passiva.  
Fonte: TQS (2021)

No Brasil, o sistema mais utilizado é o com cordoalhas engraxadas. Dentre elas, pode-se destacar a existência de dois modelos: a CP 190 RB e a CP 210 RB. As cordoalhas e suas características podem ser observadas na Figura 7:



FIGURA 7 – Cordoalhas CP 190 e CP 210.  
Fonte: TQS (2021)

Inicialmente e até hoje, os projetos eram executados com as cordoalhas que utilizam o aço CP 190. Posteriormente, surgiram as cordoalhas CP 210, apresentando uma maior resistência à tração, conseqüentemente reduzindo o número de cordoalhas na laje, reduzindo assim o tempo de execução.

Abaixo seguem algumas vantagens do concreto protendido com cordoalhas engraxadas, apresentadas por Cauduro (2002):

- 1) Efetivo e eficiente uso do aço e do concreto;
- 2) Seções mais esbeltas e leves, o que torna a estrutura mais atraente à

indústria da construção;

- 3) Redução da altura total do edifício, uma vez que, sem vigas, pode ser utilizado um pé direito menor;
- 4) Com estruturas mais esbeltas, ocorre a redução do peso próprio da estrutura, diminuindo assim o custo das fundações;
- 5) Redução do número de pilares, pois as estruturas protendidas conseguem vencer vãos maiores;
- 6) Melhor controle das deformações e fissuras;
- 7) Com a inexistência de vigas, a montagem das formas e armaduras são mais simples, resultando em menos mão de obra e mais rapidez na execução;
- 8) Com a ausência de vigas, a concretagem dos pilares é feita antes da laje, permitindo uma melhor precisão na altura e na qualidade da estrutura.

#### 4.3 PUNÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, punção é uma solicitação a ser dimensionada no Estado Limite Último, caracterizada pela aplicação de uma força concentrada na área de um elemento estrutural plano, causando o surgimento tensões cisalhante no seu entorno. Dependendo da disparidade entre as tensões cisalhantes solicitante e resistente, pode ocorrer a ruína do elemento estrutural plano.

Em lajes lisas, a punção assemelha-se a um pilar introduzindo uma força concentrada na laje, e a ruína pode ocorrer na ligação laje-pilar. A ruptura da laje por puncionamento pode ocorrer de forma frágil. Dentre as formas de minimizar as tensões atuantes na região da laje próxima ao pilar, pode-se aumentar a espessura de toda a laje ou apenas incluir capitéis. Também é possível alterar o  $f_{ck}$  do concreto, aumentando, assim, a capacidade resistente da laje. Além das alterações na geometria e no concreto, podem-se adicionar armaduras que resistam ao cisalhamento.

Essa ruptura pode ocorrer em diferentes regiões da estrutura (BRANTSCHEN, 2016). Na Figura 8, pode-se ver a possibilidade da ocorrência desse fenômeno em lajes lisas em três regiões, com carregamentos e condições de contorno distintas: pilares internos, de extremidade e de canto.



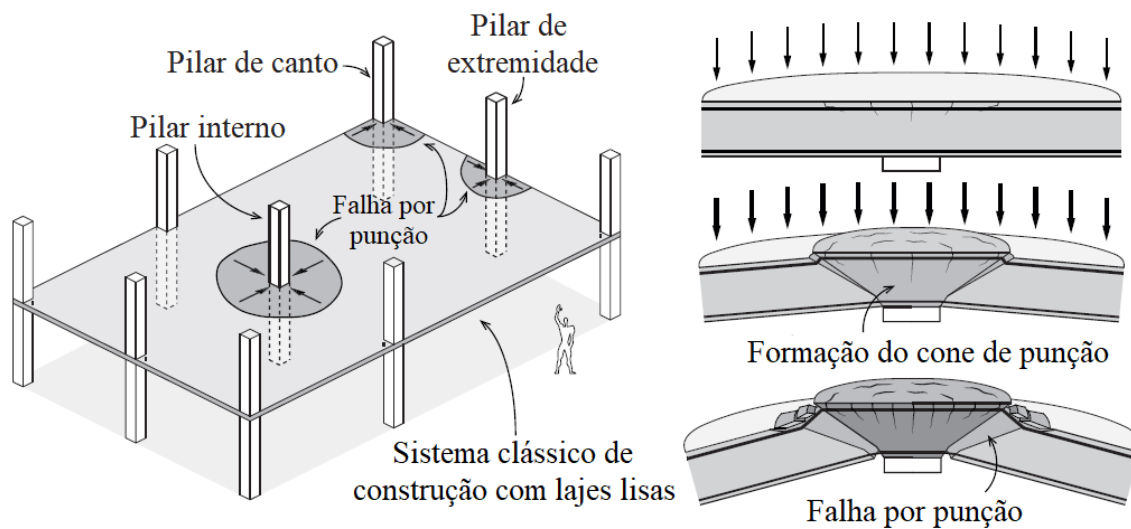


FIGURA 8 – Pontos de ocorrência de punção.  
Fonte: Brantschen (2016)

A Figura 8 também ilustra a ruptura por punção de uma laje, onde é possível ver a formação do cone de punção ao ocorrer a ruína por cisalhamento.

#### 4.4 RECOMENDAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014

A ABNT NBR 6118:2014 utiliza o Método da Superfície de Controle ou Crítica como modelo de cálculo. Esse modelo consiste na determinação de superfícies críticas (C), onde são calculadas as tensões atuantes. Essas regiões são perpendiculares ao plano horizontal da laje e posicionadas a uma distância específica do pilar.

Esse modelo é puramente empírico, bem simples e de fácil entendimento. Apesar de não representar fielmente o fenômeno físico, onde a superfície real de ruptura se apresenta inclinada em relação ao plano da laje e à superfície teórica utilizada para o cálculo ortogonal ao plano da laje, esse método pode ser utilizado e traz resultados bem consistentes e seguros, quando bem calibrado. A diferença entre a superfície de controle Teórica e Real pode ser mais bem observada na Figura 9.

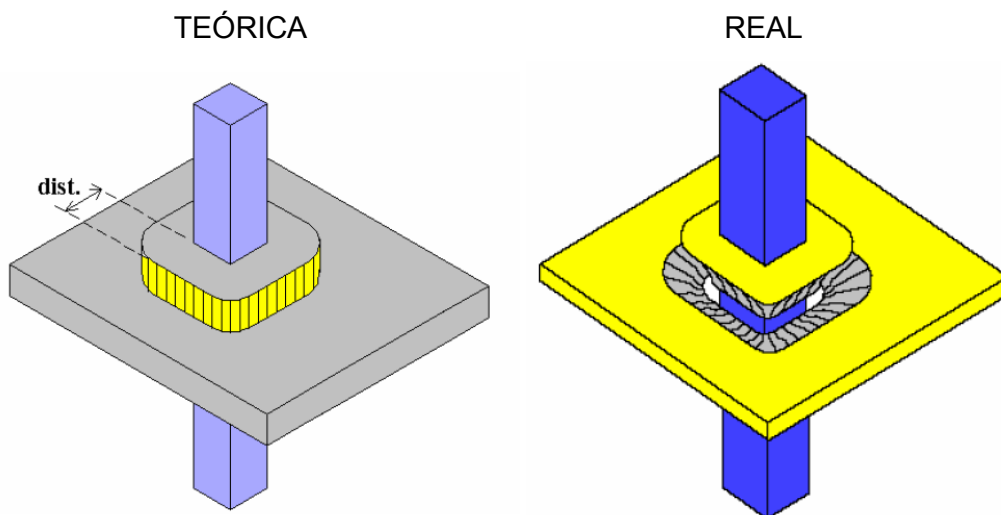


FIGURA 9 – Superfícies de controle Teórica e Real.  
Fonte: IBRACON (2015)

A verificação ao cisalhamento utilizada por esse modelo de cálculo é realizada em três superfícies críticas, conforme apresentado na Figura 10.

A primeira verificada é a superfície crítica C, posicionada na face do pilar, onde é verificada a tensão de compressão diagonal do concreto, independentemente da existência da armadura de cisalhamento na laje.

Já a segunda superfície crítica verificada é a C', afastada  $2d$  da face pilar, onde é verificada a capacidade da ligação à punção. Nessa etapa, além da resistência ao cisalhamento do concreto, também é levada em consideração a taxa de armadura de flexão e a tensão de compressão oriunda das cordoalhas, no caso de lajes protendidas. A verificação, nessa superfície, é feita primeiramente sem a existência de armadura de cisalhamento na laje e, caso a tensão resistente do concreto não seja suficiente, posteriormente é feita a verificação com a adição de armadura de cisalhamento.

A terceira e última a ser verificada é a superfície crítica C''. Essa etapa só ocorre quando foi necessária a adição de armadura de cisalhamento na laje. Essa etapa segue o mesmo princípio utilizado na superfície C', porém a superfície C'' fica posicionada a  $2d$  da última linha de armadura.

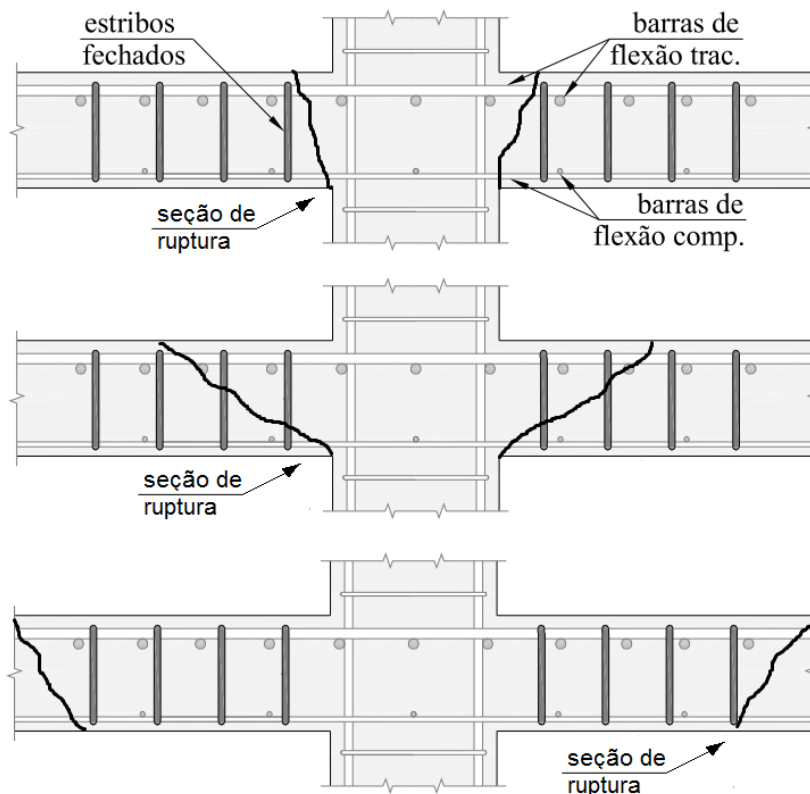


FIGURA 10 – Regiões de ruptura em lajes com armadura de cisalhamento.  
Fonte: Ferreira (2010)

Conforme o posicionamento dos pilares na laje, o dimensionamento é dividido em três grupos: Pilar Interno, Pilar de borda/extremidade e Pilar de canto. Para todos os grupos é realizado o dimensionamento para o carregamento simétrico (carga vertical) e para a combinação do carregamento vertical com o efeito do momento, conforme apresentado nos itens que se seguem.

#### 4.4.1 Pilar Interno

Para o caso do pilar interno com carregamento simétrico, a tensão de cisalhamento é dada pela Equação 1:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u \cdot d} \quad (1)$$

e

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} \quad (2)$$

onde:

- $d$  é a altura útil da laje ao longo do contorno crítico;  
 $d_x$  e  $d_y$  são as alturas úteis nas duas direções ortogonais;  
 $u$  é o perímetro do contorno crítico;  
 $F_{sd}$  é a reação da carga aplicada pela laje no pilar, majorada;  
 $\tau_{sd}$  tensão solicitante de cisalhamento.

A Figura 11 mostra os contornos críticos C, C' e C'' para os pilares internos:

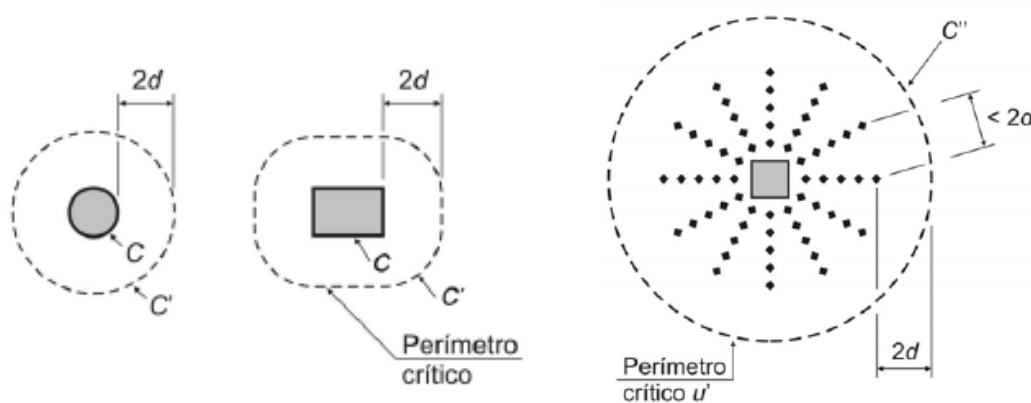


FIGURA 11 – Perímetro crítico em pilares internos.  
 Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Além da força vertical aplicada pela laje, pode existir a transferência de momento da laje para o pilar, neste caso o efeito do momento deve ser considerado no cálculo da tensão atuante conforme a Equação 3:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u \cdot d} + \frac{K \cdot M_{sd}}{W_p \cdot d} \quad (3)$$

onde:

- $M_{sd}$  é o momento solicitante majorado;  
 $W_p$  é o módulo de resistência plástica;  
 $K$  é o coeficiente que fornece a parcela de  $M_{sd}$  transmitida ao pilar por cisalhamento.

O coeficiente  $K$  depende da relação  $C_1 / C_2$ , conforme apresentado na Tabela

2.

TABELA 2 – Valores de K

$C_1/C_2$	0,5	1,0	2,0	3,0
K	0,45	0,60	0,70	0,80

Onde:  
 $C_1$  é a dimensão do pilar paralela à excentricidade da força;  
 $C_2$  é a dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

O cálculo do perímetro crítico para pilares internos, utilizado para o desenvolvimento da plataforma, segue na Tabela 3.

TABELA 3 – Perímetros críticos para pilares internos

Contorno Crítico	Perímetro Crítico $u$
C	$u = 2 \cdot (c_1 + c_2)$
C'	$u = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 4 \cdot \pi \cdot d$
C''	$u$ : depende da distribuição de armadura adotada.  $u = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 4 \cdot \pi \cdot d + 2 \cdot \pi \cdot p$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

Já a formulação para o cálculo de  $W_p$  segue na Tabela 4.

TABELA 4 – Valores de  $W_p$  para pilares internos

Contorno Crítico	$W_p$
C	Não se considera a influência do momento fletor neste perímetro crítico.
C'	$W_p = \frac{c_1^2}{2} + c_1c_2 + 4c_2d + 16d^2 + 2\pi dc_1$
C''	$W_p$ : depende da distribuição de armadura.  $W_{p1} = W_{p2} = \frac{c_1^2}{2} + c_1c_2 + 4c_2d + 16d^2 + 2\pi dc_1 + 2c_2p + 16dp + 4p^2 + \pi c_1p$

Observação: os valores de  $W_p$ ,  $u$  e  $d$ , em cada verificação, correspondem ao contorno estudado.

Fonte: Adaptado de IBRACON (2012)

#### 4.4.2 Pilares de Borda/Extremidade e Canto

Já para os pilares de borda, existem duas situações a serem consideradas para a determinação da tensão de cisalhamento. As duas situações envolvem a existência ou não de momento no plano paralelo ao bordo livre da laje.

**Situação 1:** Quando não existe momento no plano paralelo ao bordo livre da laje:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u^* \cdot d} + \frac{K_1 \cdot M_{sd1}}{W_{p1} \cdot d} \quad (4)$$

Sendo:

$$M_{sd1} = (M_{sd} - M_{sd}^*) \geq 0 \quad (5)$$

onde:

$u^*$  é o perímetro crítico reduzido;

$M_{sd}$  é o momento de cálculo perpendicular ao bordo livre da laje;

$M_{sd}^*$  é o momento de cálculo causado pela excentricidade de  $u^*$  em relação ao centro da seção do pilar;

$W_{p1}$  é o módulo de resistência perpendicular ao bordo livre da laje, calculado no perímetro  $u$ ;

O coeficiente  $K_1$  é determinado conforme os valores anteriormente estabelecidos para  $K$  na Tabela 2, levando em consideração  $C_1$  e  $C_2$ , de acordo com a Figura 12.

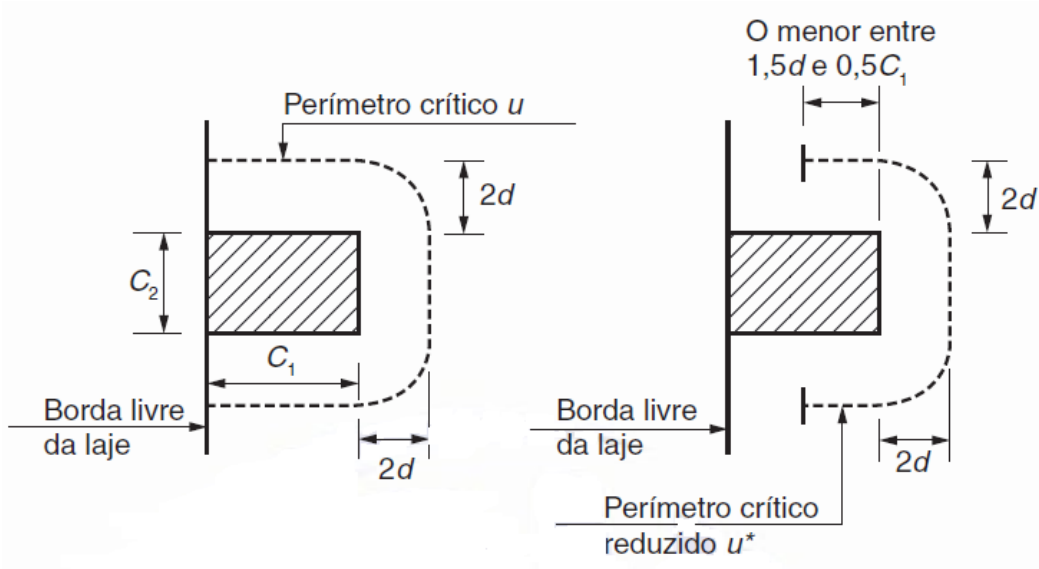


FIGURA 12 – Perímetro crítico em pilares de borda.  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

**Situação 2:** Quando existe momento no plano paralelo ao bordo livre da laje:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u^* \cdot d} + \frac{K_1 \cdot M_{sd1}}{W_{p1} \cdot d} + \frac{K_2 \cdot M_{sd2}}{W_{p2} \cdot d} \quad (6)$$

onde:

$M_{sd2}$  é o momento de cálculo paralelo ao bordo livre da laje;

$W_{p2}$  é o módulo de resistência paralelo ao bordo livre da laje, calculado no perímetro  $u$ .

O coeficiente  $K_2$  é determinado conforme os valores anteriormente estabelecidos para  $K$  na Tabela 2, levando em consideração  $C_1$  e  $C_2$ , de acordo com a Figura 12.

O cálculo do perímetro crítico, utilizado para o desenvolvimento da plataforma, segue apresentado na Tabela 5; o cálculo da excentricidade na Tabela 6; o cálculo módulo de resistência perpendicular ao bordo livre da laje  $W_{p1}$  na Tabela 7; e o cálculo o módulo de resistência paralelo ao bordo livre da laje  $W_{p2}$  na Tabela 8.

TABELA 5 – Perímetros críticos para pilares de borda

Contorno Crítico	Perímetro Crítico Reduzido $u^*$
C	$u^* = 2 \cdot a + c_2$
C'	$u^* = 2 \cdot a + c_2 + 2 \cdot \pi \cdot d$
C''	$u^*$ : depende da distribuição de armadura.  $u^* = 2 \cdot a + c_2 + 2 \cdot \pi \cdot d + \pi \cdot p$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

TABELA 6 – Excentricidades dos perímetros críticos para pilares de borda

Contorno Crítico	Excentricidade do perímetro crítico $e^*$
C	Não se considera a influência do momento fletor neste perímetro crítico
C'	$e^* = \frac{c_1 \cdot a - a^2 + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1}{2 \cdot a + c_2 + 2 \cdot \pi \cdot d}$
C''	$e^*$ : depende da distribuição de armadura.  $e^* = \frac{\left( c_1 \cdot a - a^2 + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1 + c_2 \cdot p + 8 \cdot d \cdot p + \frac{\pi \cdot p \cdot c_1}{2} + 2 \cdot p^2 \right)}{2 \cdot a + c_2 + 2 \cdot \pi \cdot d + \pi \cdot p}$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

TABELA 7 – Valores de  $W_{p1}$  para pilares de borda

Contorno Crítico	$W_{p1}$
C	Não se considera a influência do momento fletor neste perímetro crítico
C'	$W_{p1} = \frac{c_1^2}{2} + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1$ $W_{p1}$ : depende da distribuição de armadura.
C''	$W_{p1} = \frac{c_1^2}{2} + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1 + c_2 \cdot p + 8 \cdot d \cdot p + \frac{\pi \cdot p \cdot c_1}{2} + 2 \cdot p^2$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

TABELA 8 – Valores de  $W_{p2}$  para pilares de borda

Contorno Crítico	$W_{p2}$
C	Não se considera a influência do momento fletor neste perímetro crítico
C'	$W_{p2} = \frac{c_2^2}{4} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_1 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_2$ $W_{p2}$ : depende da distribuição de armadura.
C''	$W_{p2} = \frac{c_2^2}{4} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_1 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_2 + 2 \cdot c_1 \cdot p + 8 \cdot d \cdot p + \frac{\pi \cdot p \cdot c_2}{2} + 2 \cdot p^2$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

Para o pilar de canto, aplica-se o disposto na Situação 1, apresentada para o pilar de borda, onde não existe momento no plano paralelo à borda. No entanto, o pilar de canto apresenta dois bordos livres. Assim, a verificação deve ser feita separadamente para cada um dos bordos, onde é considerando o momento fletor perpendicular ao bordo livre adotado.

Para esse caso, considerando  $C_1$  o lado do pilar perpendicular ao bordo livre adotado e  $C_2$  o lado paralelo, calcula-se  $K$  conforme apresentado na Tabela 2.

Os perímetros críticos são apresentados na Figura 13 e a formulação utilizada para o cálculo do perímetro crítico reduzido -  $u^*$  - é apresentado na Tabela 9; o cálculo da excentricidade na Tabela 10; e o cálculo módulo de resistência  $W_{p1}$  na Tabela 11.



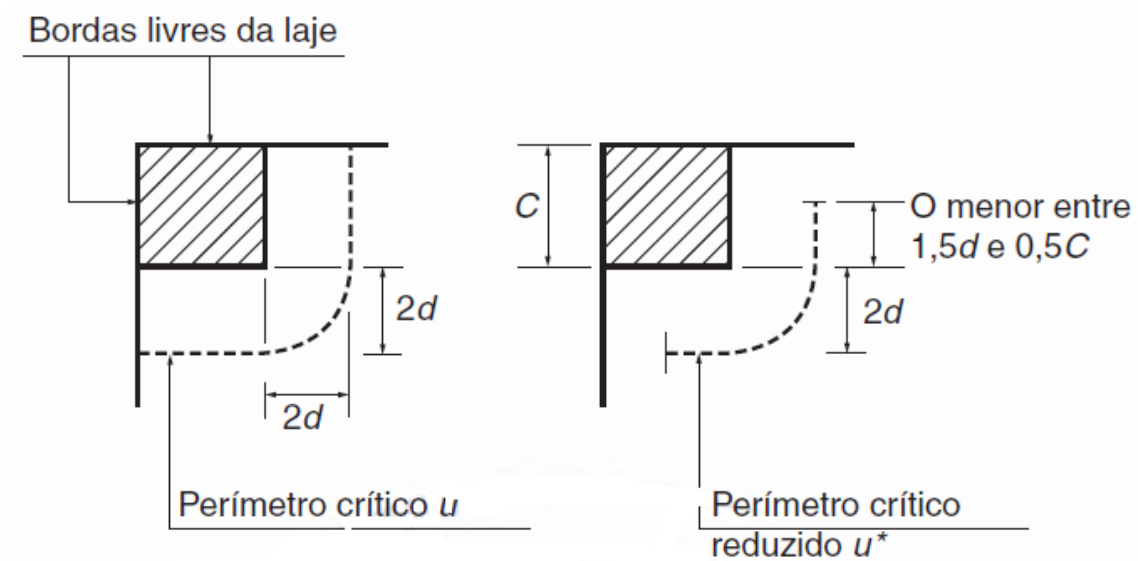


FIGURA 13 – Perímetro crítico em pilares de canto.  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

TABELA 9 – Perímetros críticos para pilares de canto

Contorno Crítico	Perímetro Crítico Reduzido $u^*$
C	$u^* = a_1 + a_2$
C'	$u^* = a_1 + a_2 + \pi \cdot d$
C''	$u^*$ : depende da distribuição de armadura.
	$u^* = a_1 + a_2 + \pi \cdot d + \frac{\pi \cdot p}{2}$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

TABELA 10 – Excentricidades dos perímetros críticos para pilares de canto

Contorno Crítico	Excentricidade do perímetro crítico $e^*$
C	Não se considera a influência do momento fletor neste perímetro crítico
C'	$e^* = \frac{c_1 \cdot a_1 - a_1^2 + a_2 \cdot c_1 + 4 \cdot a_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1}{2 \cdot (a_1 + a_2 + \pi \cdot d)}$
C''	$e^*$ : depende da distribuição de armadura.
	$e^* = \frac{\left( c_1 \cdot a_1 - a_1^2 + a_2 \cdot c_1 + 4 \cdot a_2 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_1 + 2 \cdot a_2 \cdot p + 8 \cdot d \cdot p + \frac{\pi \cdot p \cdot c_1}{2} + 2 \cdot p^2 \right)}{2 \cdot \left( a_1 + a_2 + \pi \cdot d + \frac{\pi \cdot p}{2} \right)}$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

TABELA 11 – Valores de  $W_{p1}$  para pilares de canto

Contorno Crítico	$W_{p1}$
C	O conceito de $W_{p1}$ não se aplica a este contorno crítico pois, na verificação deste perímetro crítico, não se considera a influência do momento fletor
C'	$W_{p1} = \frac{c_1^2}{4} + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 4 \cdot d^2 + \frac{\pi \cdot d \cdot c_1}{2}$
C''	$W_{p1}$ : depende da distribuição de armadura. $W_{p1} = \frac{c_1^2}{4} + \frac{c_1 \cdot c_2}{2} + 2 \cdot c_2 \cdot d + 4 \cdot d^2 + \frac{\pi \cdot d \cdot c_1}{2} + c_2 \cdot p + 4 \cdot d \cdot p + \frac{\pi \cdot p \cdot c_1}{4} + p^2$

Fonte: Adaptado de IBRACON (2015)

Determinadas as tensões de cisalhamento solicitantes, o próximo passo é a determinação das tensões resistentes. Primeiramente, é feita a verificação da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superfície C. Posteriormente, é feita a verificação da tensão resistente na superfície crítica C', onde a verificação é feita em duas etapas: a primeira em lajes sem armadura de punção e a segunda em lajes com armadura de punção. Diferente da região C, a região C' permite a contribuição, da tensão de compressão causada pela protensão, no cálculo da tensão de cisalhamento resistente.

#### 4.4.3 Verificação das tensões resistentes do concreto

Neste modelo, a tensão resistente de compressão diagonal do concreto no contorno C, independe da existência ou não da armadura de punção, e a verificação é feita conforme a Equação 7.

$$\tau_{sd} \leq \tau_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \quad (7)$$

Sendo:

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \text{ com } f_{ck} \text{ em MPa} \quad (8)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} \quad (9)$$

onde:

$\tau_{Rd2}$  é a tensão de cisalhamento resistente na seção C.

Caso a condição imposta pela Equação 7 não seja satisfeita, as variáveis devem ser revistas e, dentre as possibilidades de solução, estão aumentar o  $f_{ck}$  ou a altura da laje.

A condição para a verificação da tensão resistente na superfície crítica C' em lajes sem a consideração da armadura de punção é dada pela Equação 10:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{Rd1} = 0,13 \left( 1 + \sqrt{20/d} \right) (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp} \quad (10)$$

Sendo:

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \quad (11)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad (12)$$

onde:

$\rho$  é a taxa geométrica de armadura de flexão aderente;

$\rho_x \cdot \rho_y$  são as taxas de armadura nas duas direções ortogonais;

$\sigma_{cp}$  é a tensão de compressão devida à protensão;

$N_{sd}$  é a força longitudinal na seção, oriunda da protensão.

Deve-se tomar um cuidado especial na consideração da força de protensão  $N_{sd}$  no caso da protensão ser realizada utilizando-se cordoalhas não aderentes. Isso devido ao fato de que, no caso das cordoalhas não aderentes, a força de protensão é aplicada apenas nas extremidades dos cabos, ou seja, nos pontos de ancoragem. Assim, não é tão simples a determinação da força de compressão que atua na superfície C' de um pilar interno, por exemplo.

Previendo isso, optou-se no desenvolvimento da plataforma, pela inclusão de um parâmetro para limitar a tensão de compressão da protensão. O valor que vem de *default* é de  $100 \text{ tf/m}^2$  para  $\sigma_{cp}$ . Considerou-se, para a determinação desse valor, uma laje de 20 cm de espessura, com uma distribuição de um feixe de duas cordoalhas a cada 120 cm, com uma força de protensão final (pós-perdas) de 12tf. Este valor de  $100 \text{ tf/m}^2$  para  $\sigma_{cp}$  também é um pré-requisito apontado pelo item 20.3.2.1 da NBR6118/2014 para a laje ser tratada como protendida.

Com a condição da Equação 10 atendida, a verificação está concluída

devendo-se apenas dimensionar a armadura de punção mínima obrigatória que será apresentada no item 4.4.4. Caso a condição da Equação 10 não seja satisfeita, deve-se partir para o dimensionamento da armadura de punção. A condição para a verificação da tensão resistente na superfície crítica C' com a consideração da armadura de punção é dada pela Equação 13.

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd3} = 0,10 \left( 1 + \sqrt{20/d} \right) (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp} + 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u \cdot d} \quad (13)$$

Sendo:

$$s_r = 0,75 \cdot d \quad (14)$$

onde:

$s_r$  é o espaçamento entre as linhas de armadura de punção;

$A_{sw}$  é a área de armadura de punção em uma linha de armadura;

$\alpha$  é o ângulo de inclinação entre armadura de punção e o plano da laje;

$f_{ywd}$  é a resistência do aço da armadura de punção.

Com a determinação da área de aço para a armadura de punção é necessária a determinação da quantidade de linhas de armaduras. Essa determinação é feita com a verificação do contorno C''.

Para os casos em que é necessário utilizar armadura de punção, ela pode ser distribuída de forma radial ou em cruz, conforme mostrado na Figura 14. Para os dois casos, as linhas de armadura devem ser estendidas até uma distância de  $2d$  do contorno crítico C''. O contorno C'', por sua vez, é a região onde a armadura não é mais necessária, pois a tensão solicitante é menor ou igual à tensão resistente, ou seja,  $\tau_{sd} \leq \tau_{rd1}$ .

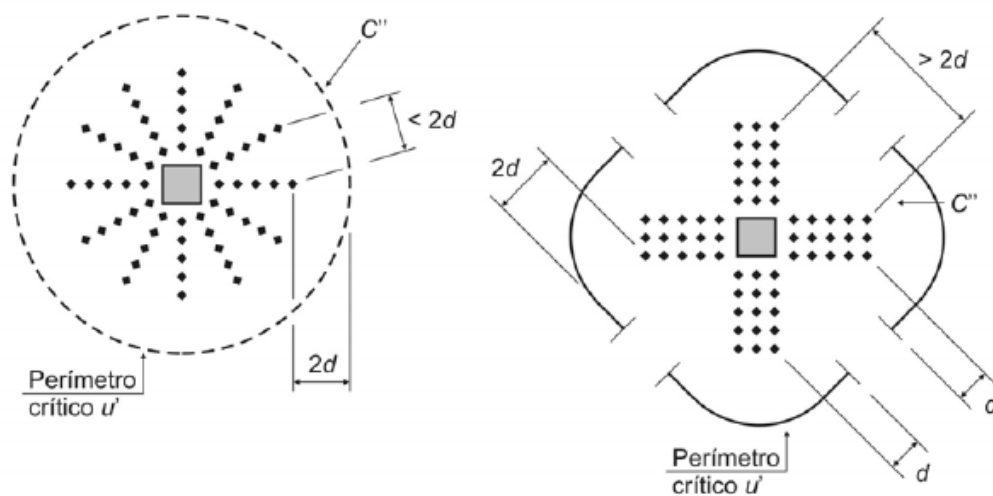


FIGURA 14 – Disposição da armadura de punção e superfície crítica C".  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

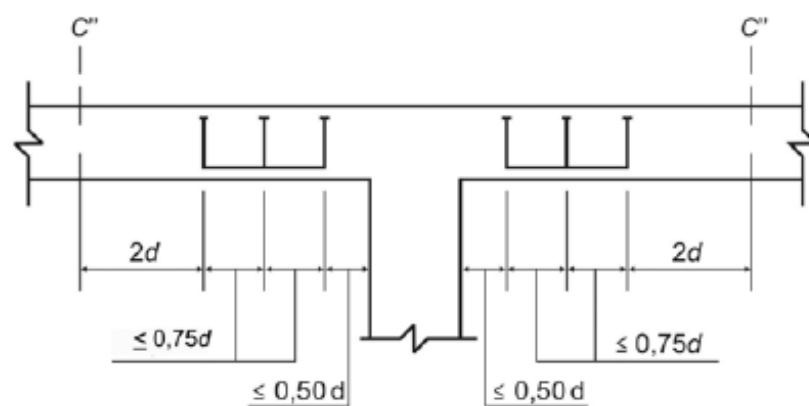


FIGURA 15 – Corte da disposição da armadura de punção.  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Na Figura 15 é possível ver, em corte, o posicionamento e afastamentos entre o pilar as linhas de armadura de punção e a região C".

Já para o caso da existência de furos e aberturas situadas a uma distância de até  $8d$  da face do pilar, deve-se traçar duas retas que partem do centro de gravidade do pilar e tangenciam o contorno do furo/abertura. O trecho do contorno crítico C' compreendido entre essas duas retas deve ser desconsiderado, conforme apresentado na Figura 16.

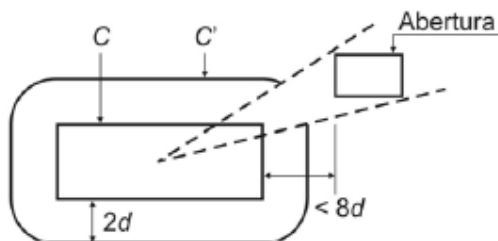


FIGURA 16 – Perímetro crítico de lajes com abertura.  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

#### 4.4.4 Armadura de punção obrigatória/mínima

Para os casos em que a resistência da laje a punção é um fator que participa na estabilidade global da estrutura, é preciso adicionar uma armadura de punção, independentemente do fato da tensão resistente ser maior que a tensão solicitante.

A armadura de punção a ser adicionada deve suportar no mínimo 50% de  $F_{Sd}$ . Assim, desconsiderando a parcela resistente do concreto e da protensão, a expressão para o dimensionamento da armadura que resista a 50% de  $F_{Sd}$  é:

$$\frac{\tau_{Sd}}{2} \leq \tau_{Rd3} = 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u \cdot d} \quad (15)$$

Essa situação é bem comum em edifícios com muitos pavimentos, pois em função da grande altura, os pilares da torre acabam tendo grandes dimensões, os chamados pilares parede, com isso a tensão solicitante  $\tau_{Sd}$  diminui e é necessário a utilização da armadura mínima.

#### 4.4.5 Verificação em elementos estruturais protendidos

Além de atuar no aumento da tensão resistente da laje, a protensão também pode ser considerada na redução da tensão solicitante.

A verificação deve ser feita utilizando a Equação 16:

$$\tau_{Sd,ef} = \tau_{Sd} - \tau_{Pd} \quad (16)$$

Sendo:

$$\tau_{Pd} = \frac{\sum P_{k,inf,i} \cdot \sin \alpha_i}{u \cdot d} \quad (17)$$

onde:

$\tau_{Pd}$  é a tensão devida ao efeito dos cabos;

$P_{k,inf,i}$  é a força de protensão em cada cabo  $i$ ;

$\alpha_i$  é o ângulo formado pelo do cabo  $i$  e o plano da laje;

$u$  é o perímetro do contorno considerado.

Para o cálculo de  $\tau_{Pd}$  devem ser considerados os cabos que atravessam a região localizada a menos de  $d/2$  da face do pilar. Nessa região também deve ser medido o ângulo  $\alpha_i$  formado pelo do cabo e o plano da laje, conforme mostrado na Figura 17.

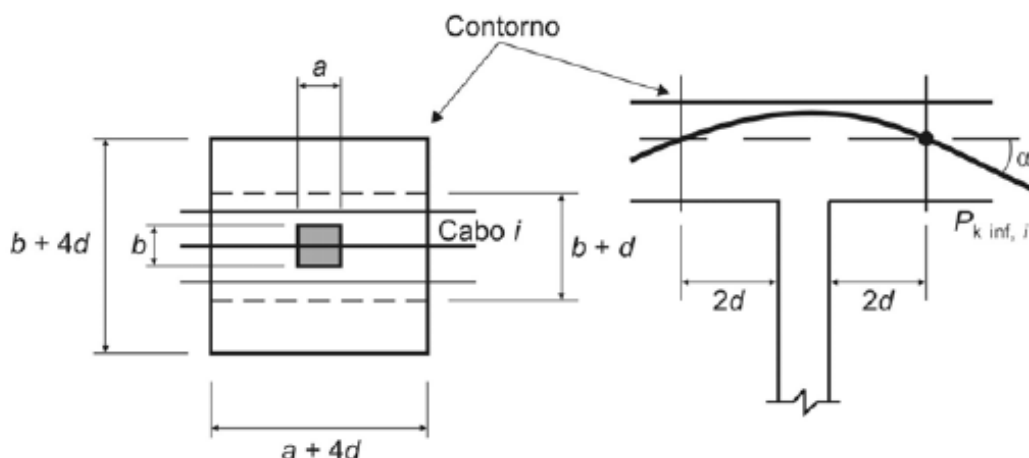


FIGURA 17 – Efeito favorável dos cabos inclinados.  
Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Como a verificação tem o intuito de reduzir a tensão solicitante em função do ângulo que a cordoalha faz com o plano da laje, deve-se ficar atento para o caso dos pilares localizados nas bordas e cantos da laje, pois, muitas vezes, o ângulo de saída do cabo é  $0^\circ$ , não ocorrendo, assim, o alívio esperado na tensão solicitante, conforme indicado na Figura 18.

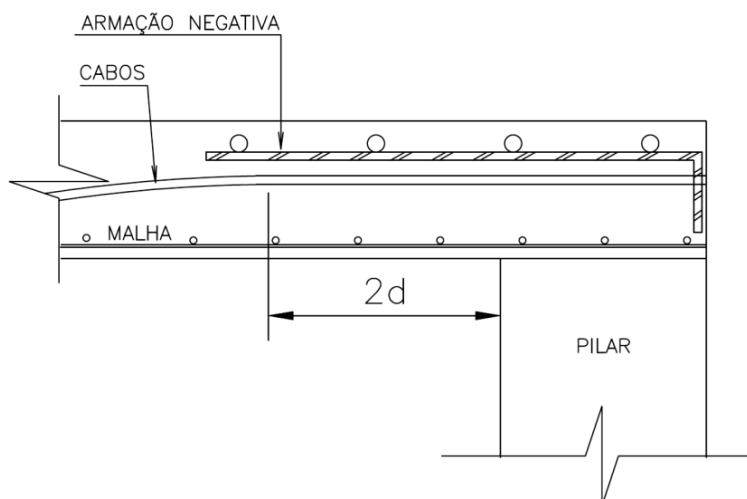


FIGURA 18 – Ângulo dos cabos em pilares de extremidade.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

É possível observar na figura 2 que, mesmo a uma distância  $2d$  afastada do pilar, os cabos ainda estão com o ângulo de  $0^\circ$  em relação ao plano da laje.

#### 4.5 TIPOS DE ARMADURA DE PUNÇÃO

A armadura de punção com estribos é a mais usual e de fácil utilização, pois como utiliza o vergalhão de aço CA-50, que já é utilizado nas armaduras passivas de flexão da laje, é um material disponível na obra, com mão de obra capaz de executá-la, além de não ser necessária a execução de solda. Nas Figuras 19 e 20, pode-se observar a utilização de estribos, armados em cruz, na armadura de punção de lajes.

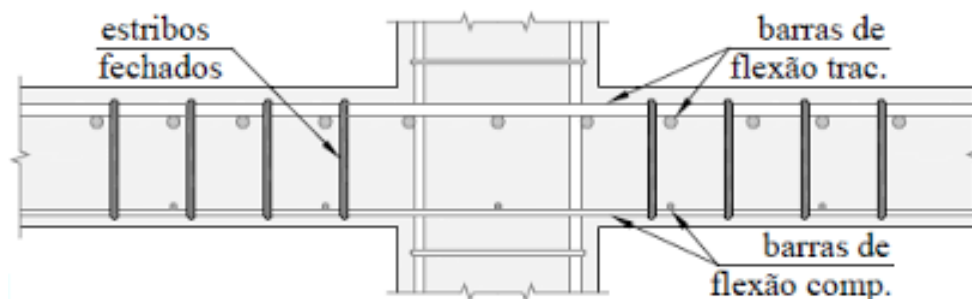


FIGURA 19 – Exemplo de armadura com estribo.  
Fonte: Ferreira (2010)



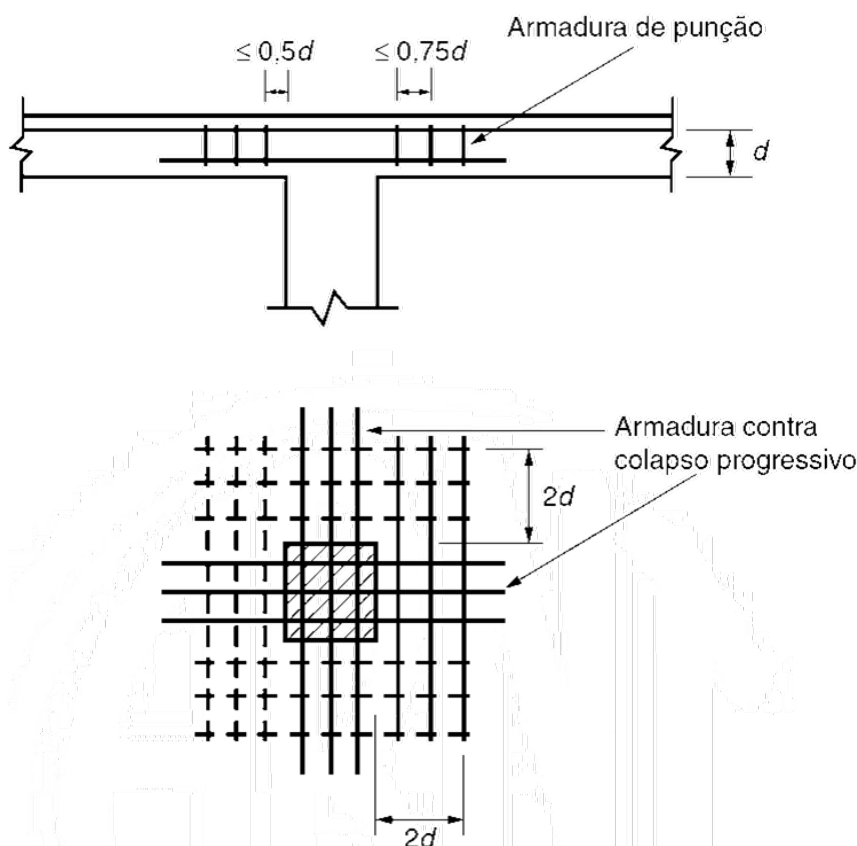


FIGURA 20 – Distribuição de estribos na laje.  
 Fonte: CYPE Engenheiro S.A. (2022)

Deve-se tomar um cuidado especial com a ancoragem dessa armadura para garantir que ela trabalhe corretamente. A norma recomenda que os estribos sejam ancorados na parte superior à armadura de flexão negativa da laje, visando um aumento na segurança da ligação. Recomenda-se também, a ancoragem, na parte inferior dos estribos, a ancoragem nas armaduras positivas ou de colapso progressivo.

Já a armadura de punção com o conector do tipo *Stud* é o que mais agrada do ponto de vista teórico, além de ser o recomendado pela norma. É mais fácil executar a armadura na posição radial, pois pode ser montado na diagonal e não somente posicionado paralelo às faces do pilar. Sem a necessidade de ancoragem nas armaduras de flexão é de mais fácil instalação e apresentam uma ancoragem satisfatória, conforme pode-se observar na Figura 21.



FIGURA 21 – Exemplo de armadura com *Stud*.  
Fonte: Melges (2001)

Os dois tipos de armaduras apresentados, estribos e *studs*, podem ser utilizados e, quando bem dimensionados e detalhados, atendem satisfatoriamente ao que se propõem. A escolha do tipo a ser utilizado fica a cargo da construtora/engenheiro responsável pela execução da estrutura, em comum acordo com o projetista estrutural, levando em consideração a disponibilidade de materiais e mão de obra, além dos custos.

#### 4.6 ETAPAS DO PROCESSO

O projeto em uma edificação seria análogo ao P&D da construção civil. Entretanto, a tecnologia do processo não acaba no projeto. Por mais bem feito e detalhado que o projeto seja, raramente ele consegue esgotar ou prever todas as dificuldades de execução. Assim, a execução das obras pelas construtoras embute importante grau de tecnologia produtiva, criando o que poderíamos chamar de um *know-how* produtivo. Em síntese, há duas tecnologias, uma de produto e outra de processo, na construção em si (BAHIA; PINHEIRO, 2017, p. 20).

Porém, ao se analisar o processo que envolve a ocorrência de ruptura por punção em lajes, deve-se pensar no processo como um todo, e não somente no projeto e execução em si. Assim, deve-se levar em consideração o início do processo, em que a construtora que decide executar um empreendimento deve ter o *know-how* (conhecimento) necessário até a parte final, que envolve o usuário e o fim para o qual

ele utilizará a edificação.

Abaixo seguem as etapas do processo que influenciam na ocorrência da ruptura por punção em lajes lisas protendidas com cordoalhas não aderentes, em edifícios.

Na concepção estrutural:

- Escolha do modelo estrutural com lajes lisas protendidas.
- Experiência do construtor para executar e do projetista para projetar uma edificação com essa tecnologia.

Na fase do projeto:

- Identificar as lajes que devem ser verificadas e dimensionadas.
- Realizar a verificação dos esforços solicitantes.
- Realizar o dimensionamento das armaduras.
- Efetuar o detalhamento (desenho) das armaduras dimensionadas.
- Encaminhar o projeto para a Avaliação Técnica de Projeto (ATP). A ABNT NBR 6118:2014 indica que o projeto deve ser verificado por outra pessoa qualificada, que não seja o próprio autor do projeto.

Na fase da execução:

- Montagem e posicionamento das armaduras na obra, conforme detalhamento indicado no projeto.
- Verificação pelo engenheiro da obra do posicionamento e da quantidade de armaduras, antes da concretagem, observando se eles estão conforme o indicado no projeto.
- Executar a concretagem e a cura do concreto para atender as especificações do projeto.
- Ensaiai os corpos de prova para garantir que o concreto executado está atendendo à resistência mínima especificada no projeto.

Na fase da utilização:

- Por fim, o usuário final da edificação não deve utilizá-la de modo que a carga aplicada seja maior que a indicada no projeto.

Diversos fatores influenciam diretamente na resistência à punção, os principais são: taxa de armadura de flexão passiva; dimensões e posição do pilar; resistência do concreto  $f_{ck}$ ; espessura da laje; armadura ativa (protensão); utilização de armadura de cisalhamento; furos e descontinuidades na laje (MELGES, 2001).

Relacionada com o  $f_{ck}$  adotado para o concreto, a resistência do concreto influencia diretamente na tensão de cisalhamento resistente da laje, assim diferenças entre o  $f_{ck}$  indicado no projeto e executado na obra podem gerar ruptura da laje por punção.

As armaduras passivas de flexão e as ativas, oriundas da protensão, também interferem nas tensões solicitantes e resistentes da laje. Assim, falhas no posicionamento e na quantidade destas também podem causar a ruptura por punção.

Características geométricas dos pilares e da laje também interferem nas tensões resistentes e solicitantes. Assim deve-se ter um rígido controle para garantir que as geometrias e posicionamento, indicados no projeto, sejam seguidos e executados.

As armaduras de cisalhamento têm importante função na resistência ao puncionamento, pois elas aumentam a tensão resistente na região da ligação entre a laje e o pilar. Com isso, tanto o dimensionamento como o detalhamento e a execução devem ser feitos de forma criteriosa, a fim de garantir o funcionamento da armadura.

Por fim, mas com grande capacidade de diminuir a resistência ao puncionamento das lajes, está a inclusão de furos e aberturas nas regiões adjacentes do pilar, frequentemente utilizados para a passagem de tubulações. A retirada do concreto, devido aos furos, provoca a diminuição da resistência ao cisalhamento da laje, reduzindo assim o perímetro crítico da laje (SOUZA, 2008; KOPPITZ; KENEL; KELLER, 2013).

#### 4.7 SOFTWARE: PROTEÇÃO, LICENÇAS E MATURIDADE TECNOLÓGICA

Com o desenvolvimento das tecnologias de informação digital, surge a necessidade de se definir as formas como esses produtos são produzidos, distribuídos e consumidos pela sociedade. Logo, os direitos autorais assumem o papel de instrumento regulador para o caso do *software* que, por sua vez, é definido, de forma resumida, como um conjunto de instruções escritas, em uma linguagem própria, a ser usado direta ou indiretamente por um sistema operacional, a fim de se obter um resultado específico.

A exemplo dos países signatários da Convenção de Berna (proteção de obras literárias e artísticas), da qual o Brasil faz parte desde 1922, o *software* passa a ser enquadrado na legislação do direito autoral. Classificado como “programa de

computador”, ele passa a apresentar a possibilidade de ser protegido e distribuído com garantias de direitos e deveres para o autor e o usuário.

A referida Lei do Direito Autoral é a n.º 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que define, no seu art. 7º inciso XII, programas de computador como obra intelectual protegida. Buscando a diferenciação das demais obras intelectuais, grande parte dos países implementaram regras específicas para tratar do *software* (SABINO, 2011). Seguindo essa linha de raciocínio, o § 1º, do art. 7º, estabelece que os programas de computador são objetos de uma legislação específica (BRASIL, 1998b).

Assim, no Brasil, a proteção específica à propriedade intelectual dos programas de computador é estabelecida pela Lei n.º 9.609, de 19 de fevereiro de 1998, popularmente conhecida como “Lei de *Software*”. Essa lei define características de classificação de programa de computador e dispõe sobre as formas de proteção e comercialização, além de garantir um prazo de 50 anos de proteção para a propriedade intelectual (BRASIL, 1998a).

Registrar o *Software* é uma ação que garante sua propriedade, além de fornecer segurança jurídica ao seu detentor, caso haja uma situação em que seja necessário, por exemplo, comprovar sua autoria ou titularidade. Vale ressaltar que os direitos autorais protegem especificamente o código-fonte do *software*, considerando a maneira como ele foi escrito e não a ideia existente por trás do *software*, ou seja, a função que o código executa (KIRSCH; XIA, 2000).

Juntamente com a Lei n.º 9.609, o Decreto n.º 2.556, de 20 de abril de 1998, possibilita a realização do registro do *software* junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), sendo necessária a apresentação do objeto a ser protegido juntamente com seu código-fonte (BRASIL, 1998c). Posteriormente, é emitido o certificado de registro pelo INPI. Diferente do caso das patentes, a proteção do *software* não é territorial e sim internacional, compreendendo todos os 176 países signatários da Convenção de Berna.

Compreendida a forma de proteção e, anterior à etapa referente à Transferência da Tecnologia, é necessário compreender e determinar o nível de maturidade tecnológica. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o nível de maturidade tecnológica é definido como um sistema de métrica/medição sistemática, empregado na avaliação da maturidade de uma tecnologia, assim como na comparação da maturidade entre diferentes tipos de tecnologias (ABDI, 2014).

Identificar os estágios de maturidade tecnológica é importante para avaliar, definir o potencial e propor uma valoração consistente da tecnologia no momento da elaboração dos contratos de venda e de seu licenciamento. Inicialmente desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), o método *Technology Readiness Level* (TRL) é utilizado na decisão acerca do destino de uma tecnologia, pois auxilia a estimar os níveis de investimentos necessários, a adequação e o vencimento da tecnologia, além de embasar a gestão de riscos.

O método TRL propõe uma divisão em nove níveis de desenvolvimento da tecnologia, conforme indicado na Tabela 12.

TABELA 12 – Níveis de TRL

NÍVEL	Descrição
TRL 1	Pesquisa básica: testes preliminares de idéias.
TRL 2	Pesquisa básica / Prova de conceito preliminar: pesquisa baseada em um conceito tecnológico e/ou ideia de aplicação.
TRL 3	Prova de conceito preliminar: pesquisa baseada em um mínimo de resultados favoráveis.
TRL 4	Desenvolvimento tecnológico: Validação dos componentes da tecnologia em ambiente de laboratório.
TRL 5	Desenvolvimento tecnológico: Validação dos componentes da tecnologia em ambiente relevante.
TRL 6	Demonstração da tecnologia: Demonstração do protótipo em ambiente relevante.
TRL 7	Comissionamento da tecnologia: Demonstração do protótipo em ambiente operacional.
TRL 8	Comissionamento da tecnologia: Sistema real completo e qualificado em ambiente operacional através de testes e demonstrações.
TRL 9	Em operação: TRL 9: Sistema real finalizado e qualificado por meio de operações com êxito em missões.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Mankins (2009)

Embora apresente limitações, a escala TRL é o método mais conhecido e utilizado quando se propõe a verificar os níveis de maturidade, riscos e restrições de uma da tecnologia. Seu conhecimento e utilização é essencial em um projeto que envolva inovação tecnológica.

Definido o nível de maturidade tecnológica, é chegada a hora de se fazer a Transferência da Tecnologia. O capítulo IV da “Lei do *Software*” prevê três modalidades para os contratos de licença de uso, de comercialização e de Transferência de Tecnologia de programas de computador:

1) Contrato de licença de uso:

Neste modelo, a licença é um documento no formato de contrato, utilizado por desenvolvedores de *softwares*, onde são estabelecidos os direitos de uso e aplicação ao usuário final. O contrato de licença o desenvolvedor (licenciante) vai estipular as regras sobre cópias, tempo de utilização, exclusividade e alterações do código-fonte, além de prever punições aplicáveis no caso de descumprimento por parte do usuário (licenciado).

2) Contrato de Comercialização:

Neste modelo de contrato, o desenvolvedor fornece a um terceiro o simples direito de comercialização do *software*. Vale ressaltar que esse modelo de contrato não exige o envolvimento do INPI, uma vez que o direito autoral e titularidade continuam pertencendo ao desenvolvedor.

3) Contrato de Transferência de Tecnologia:

Já para o contrato de Transferência de Tecnologia, a Lei de *Software* prevê que ele deve ser averbado junto ao INPI. Nesse modelo de contrato, devem-se prever necessidades, direitos e deveres de ambas as partes para haver a Transferência da Tecnologia envolvida. Devem ficar estabelecidos itens como: o estado de maturidade tecnológica; transferência ou não de *Know-How*, que no caso é o conhecimento técnico envolvido para o desenvolvimento do *software* e do problema que ele se propôs resolver; valores que envolvem desde o *Lump Sum* (que é o pagamento inicial) até os *Royalties* (pagamento referente à porcentagem da comercialização/vendas); exclusividade; treinamento; assistência técnica; direitos de modificação e melhoramento; penalidades e indenizações.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 ETAPAS METODOLÓGICAS

Abaixo, segue a Tabela 13 com as etapas metodológicas deste trabalho.

TABELA 13 – Etapas Metodológicas

ETAPAS	OBJETIVOS	DADOS
1. Pesquisa documental com abordagem qualitativa.	Identificar e analisar a Legislação e Políticas Públicas Brasileiras.	Dados secundários em fontes documentais.
2. Pesquisa com objetivo explicativo e abordagem qualitativa.	Levantar Referencial Teórico.	Dados secundários em fontes de bases bibliométricas.
3. Prospecção tecnológica.	Identificar tecnologias e plataformas existentes para se evitar a ocorrência da ruptura por punção.	Dados secundários em fontes de bases patentárias.
4. Melhoria no fluxo processual.	Montar diagrama com as etapas do processo e agentes envolvidos de forma a identificar as etapas passíveis de melhoria.	Dados secundários em fontes de bases bibliométricas, documentais e patentárias.
5. Definição das Rotinas de Calculo e Fluxogramas.	Desenvolver a plataforma.	Referencial teórico e nas prescrições normativas analisadas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

### 5.2 DESCRIÇÃO DETALHADA DE CADA ETAPA METODOLÓGICA

#### 5.2.1 Pesquisa documental com abordagem qualitativa

Nesta etapa utilizou-se uma abordagem qualitativa, com natureza exploratória de uma revisão documental que, segundo Severino (2017), tem o propósito de levantar informações sobre um determinado objeto de forma a oportunizar uma futura pesquisa explicativa, possibilitando, assim, a expansão do conhecimento e a discussão acerca das políticas públicas voltadas para a indústria da construção civil.

A pesquisa bibliográfica realizada na base de Periódicos da CAPES e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, forneceu o instrumental analítico para o desenvolvimento do estudo (VERGARA, 2006). Já a pesquisa na base documental, que é muito comum para explorar informações de documentos públicos (GIL, 2007), foi realizada em documentos oficiais do governo, dos conselhos de classe como o



CONFEA e o CREA, das associações como a ABNT, a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC).

Com o resultado da pesquisa documental e bibliográfica, montou-se um panorama da aplicação das políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil, fazendo um reconto também nas políticas voltadas para setor da engenharia responsável pelo projeto e execução das estruturas das edificações.

### **5.2.2 Pesquisa com objetivo explicativo e abordagem qualitativa**

Esta pesquisa realizou uma abordagem qualitativa com objetivo exploratório no intuito de levantar referencial teórico para o dimensionamento à punção de lajes lisas protendidas com cordoalhas não aderentes e também para as formas de registro e transferência de tecnologia. Como também se trata de uma pesquisa explicativa, foi realizada uma síntese geral do assunto intuindo obter uma explicação minuciosa do objeto de estudo. Foram identificadas as variáveis e os fatores que influenciam na patologia em questão, ou seja, a situação-problema (GIL, 2007).

Além da pesquisa bibliográfica na base de Periódicos da CAPES e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foi realizada também uma pesquisa documental nas NBRs produzidas pela ABNT, e em documentos relacionados ao INPI, com intuito de observar as prescrições normativas e, assim, atender à legislação nacional.

Com o resultado da pesquisa, foi possível montar um roteiro para o dimensionamento à punção de lajes lisas protendidas com cordoalhas não aderentes, possibilitando, assim, a definição das rotinas de cálculo utilizadas na plataforma. Além da identificação das formas de registro e proteção de *softwares* e possíveis modelos de transferência de tecnologia.

### **5.2.3 Prospecção tecnológica**

Esta etapa trata-se de uma prospecção tecnológica realizada através de buscas em bases de patentes e científicas, em âmbito nacional e internacional, com o intuito de realizar um levantamento sobre as tecnologias e plataformas existentes para se evitar a ocorrência da ruptura por punção.

Em nível nacional, as buscas de pedidos de patentes foram realizadas na base

do INPI. Utilizou-se o intervalo temporal de 2001 a 2021 para identificar todos os pedidos de patentes durante esse período.

Considerando o fato de que existe a possibilidade de *softwares* serem produzidos e comercializados sem a necessidade de serem registrados em alguma base patentária, optou-se por realizar a pesquisa no *Google*, com a finalidade de encontrar um resultado mais amplo possível sobre as plataformas e *softwares* existentes e comercializados. Já a base da *Play Store* foi escolhida visto que ela é a plataforma onde as tecnologias desenvolvidas para o sistema *Android* são disponibilizadas e comercializadas.

Nas buscas foram utilizadas palavras-chave e termos combinando as palavras-chave, tanto na língua portuguesa quanto na língua inglesa, que relacionavam punção em lajes. As palavras-chave e bases utilizadas podem ser mais bem visualizadas na Figura 22. Na base patentária do INPI, a pesquisa foi realizada no campo “avançada”, o resultado apresenta os pedidos de patentes com os termos encontrados no título e no resumo.

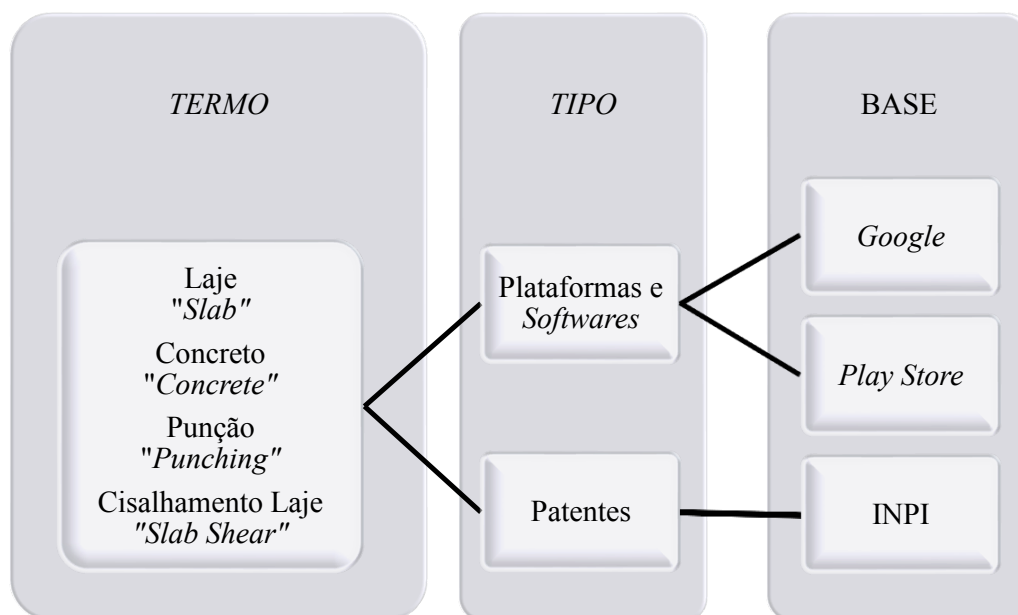


FIGURA 22 – Metodologia para busca.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Com o objetivo de realizar um levantamento sobre as tecnologias e plataformas existentes para se evitar a ocorrência da ruptura por punção, a etapa da prospecção tecnológica adotou uma metodologia qualitativa e quantitativa com objetivo exploratório. Para processamento e análise dos dados encontrados nas buscas, montou-se uma planilha eletrônica.

#### **5.2.4 Melhoria no fluxo processual**

Esta etapa do trabalho apresenta características de melhoria no fluxo processual. Para alcançar o objetivo, foram utilizados os resultados encontrados nas pesquisas apresentadas.

O estudo para a melhoria do processo se deu em quatro etapas:

I. Identificação do problema e necessidade da melhoria do processo.

Essa etapa foi a primeira a ser realizada, antes mesmo do início desse trabalho, se tornando, assim, a motivação principal dessa pesquisa.

II. Análise do processo atual.

Montou-se um diagrama do processo atual com a indicação das etapas e identificação de todos os agentes envolvidos. Assim, observaram-se quais pontos eram passíveis de erros e poderiam ser melhorados.

III. Desenvolvimento de tecnologia.

Desenvolveu-se uma tecnologia capaz de proporcionar uma melhoria no processo e uma consequente diminuição das falhas existentes.

IV. Apresentação de sugestão para melhoria do processo.

Por fim, apresentou-se uma versão do processo com a indicação das etapas em que a tecnologia desenvolvida poderia ser utilizada, promovendo, assim, uma melhoria no processo.

#### **5.2.5 Definição das rotinas de cálculo e fluxogramas**

Realizadas as pesquisas, iniciou-se o desenvolvimento da plataforma.

Primeiramente, determinaram-se os resultados a serem apresentados ao usuário da plataforma. Posteriormente, identificaram-se quais são os dados de entrada disponíveis para o dimensionamento, realizando, então, um filtro com vistas a reduzir, ao máximo, o número de dados de entrada de forma a não tornar a entrada

de dados redundante, facilitando significativamente essa etapa ao usuário.

De posse de todo o referencial teórico necessário para o dimensionamento de lajes à punção, partiu-se para a definição das rotinas de cálculo indispensáveis para o dimensionamento. Em seguida, montou-se o fluxograma contendo as três principais etapas da plataforma: a entrada de dados, o processamento e a saída/resultados.

Pela facilidade na utilização, inicialmente as rotinas de cálculo foram montadas em uma planilha eletrônica e, posteriormente, foram implementadas utilizando o C#.Net Core 5.0 *Xamarin* para a programação do aplicativo MGD<sub>CALC</sub>, que pode ser utilizado no sistema operacional *Android*.

### 5.3 MATRIZ DE VALIDAÇÃO

Abaixo, segue a matriz de validação que relaciona os objetivos específicos com a metodologia utilizada e com os produtos elaborados com essa pesquisa (Figura 23).

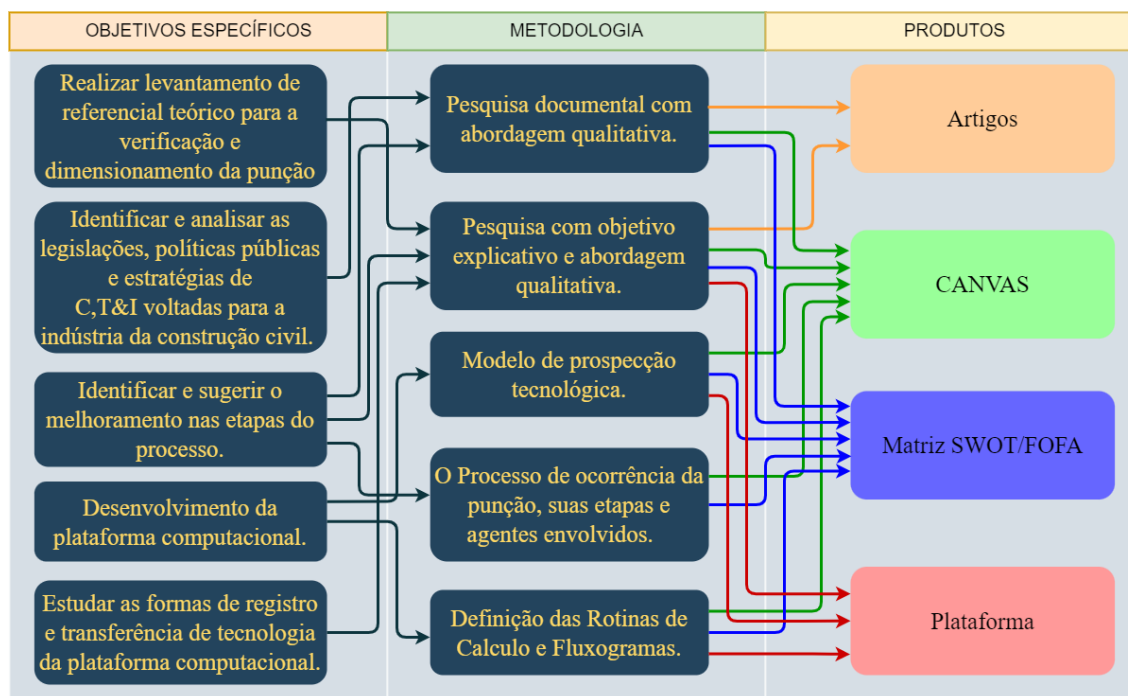


FIGURA 23 – Matriz de validação/amarração.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo serão expostos os resultados encontrados com o desenvolvimento deste trabalho. Nele será possível verificar as políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil, o processo e a melhoria proposta pela plataforma desenvolvida, a busca de anterioridade relativa à existência de outras plataformas e apresentação do *software* desenvolvido.

### 6.1 POLÍTICAS PÚBLICAS E DE INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para além da existência de políticas públicas para o fomento de C,T&I na indústria da construção civil, é necessário o desenvolvimento de estratégias para a formulação e implantação dessas políticas, de forma a identificar os desafios e gargalos do setor (ANTAC, 2011).

Com esse intuito, a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) elaborou, inicialmente, o “Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional”. Posteriormente, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e seus parceiros desenvolveram um estudo que chamaram de “Projeto 7 - Ciência e Tecnologia para a Inovação na Construção”, propondo projetos necessários ao fomento da inovação do setor (ANTAC; CBIC, 2013).

Por fim, a CBIC convidou a ANTAC, unindo a academia, o setor privado e o setor público, formulando, assim, um documento que foi intitulado de “Estratégias para a formulação de Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Indústria da Construção Civil”. Nesse documento foram identificados os elementos dificultadores e os problemas de infraestrutura, além de definidas as propostas de projetos estratégicos e políticas públicas para desenvolvimento de C,T&I na área de tecnologia do ambiente construído (ANTAC; CBIC, 2013). Esses elementos estão listados abaixo e serão mais bem discutidos na Discussão desse trabalho.

- O distanciamento existente entre as empresas, a academia e o governo;
- O envolvimento de toda a cadeia produtiva no processo de inovação, inclusive incluindo o usuário final;
- Dificuldade de acesso ao conhecimento produzido na academia,

principalmente as empresas de pequeno porte;

- Dificuldade no ajuste do cronograma. As empresas têm a necessidade da tecnologia disponível a “curto prazo” e os institutos de pesquisa precisam desenvolver a “longo prazo”;
- Legislação falha, principalmente na lei de licitações, e com poucos incentivos concretos à P&D;
- Falta de infraestrutura para C,T&I (laboratórios e mão de obra);
- Falta de financiamento específico para o desenvolvimento de novas tecnologias.

## 6.2 BUSCA DE ANTERIORIDADE

Com o propósito de verificar as tecnologias desenvolvidas e registradas no Brasil, iniciaram-se as buscas pela base de dados do INPI, utilizando o filtro de “programa de computador” disponível dentro da base.

A partir da consulta na base de dados do INPI (2021), utilizando as palavras-chave “punção em lajes”, “punção”, “laje” e “MGDcalc”, sendo este último o nome proposto para o aplicativo desenvolvido, montou-se a Tabela 14 com o resultado das buscas.

TABELA 14 – *Softwares* registrados na base do INPI

Base	INPI	INPI	INPI	INPI
Data da pesquisa	06/08/2021	06/08/2021	06/08/2021	06/08/2021
Palavra chave	<b>"punção em lajes"</b>	<b>"punção"</b>	<b>"laje"</b>	<b>"MGDcalc"</b>
Localização da palavra-chave	Título	Título	Título	Título
Observação	-	-	Nenhum programa encontrado calcula punção em lajes	-
<b>Resultados encontrados</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Como se observa, não foi encontrado nenhum *software* registrado no INPI para o dimensionamento de lajes à punção. Até mesmo utilizando o termo “laje”, onde se esperava um número considerável de resultados, foram encontrados apenas cinco.

Dado isso, partiu-se para as buscas utilizando o *Google* e a *Play Store*, com o intuito de encontrar as opções de *softwares* e aplicativos disponíveis no mercado, imaginando-se que muitas vezes os *softwares* são desenvolvidos e comercializados sem necessariamente serem registrados no INPI. Assim, foi possível montar a Tabela 15, apresentando o resultado das buscas às palavras-chave em português e inglês: “Laje”, “*slab*”; “concreto protendido”, “*prestressed concrete*”; “punção”, “*punching*”; “cisalhamento laje”, “*slab shear*”.

Na Tabela 15 também é possível verificar o país de origem da tecnologia, se está disponível de forma gratuita ou se tem que pagar um valor pela utilização, o endereço eletrônico de onde é possível acessá-la, bem como alguns comentários sobre ela.

TABELA 15 – Softwares encontrados no Google e na Play Store

<b>Tipo</b>	<b>Base</b>	<b>Título</b>	<b>Site</b>	<b>País de origem</b>	<b>Valor</b>	<b>Comentários</b>
<b>Software</b>	Google	TQS / LPUNC Calculadora de Punção	<a href="https://www.tqs.com.br/">https://www.tqs.com.br/</a>	Brasil	R\$ 352,00	Valor da licença anual. Não considera furos. Programa separado do Modulo Global.
<b>Software</b>	Google	CYPECAD Puncionamento em lajes	<a href="https://multipius.com/">https://multipius.com/</a>	Espanha	R\$ 4.788,00	Programa incorporado ao Modulo Global. Não calcula em lajes protendidas. Não inclui furos.
<b>Software</b>	Google	Eberick	<a href="https://altoqi.com.br/">https://altoqi.com.br/</a>	Brasil	R\$ 5.000,00	Programa incorporado ao Modulo Global. Não leva em consideração a armadura de flexão detalhada. Não calcula punção em lajes protendidas. Não inclui furos.
<b>Software</b>	Google	JORDAHL EXPERT	<a href="https://jordahl-group.com/em">https://jordahl-group.com/em</a>	Alemanha	Grátis	Não calcula punção em lajes protendidas. Não inclui furos. Não dimensiona conforme NBR 6118.
<b>Software</b>	Google	SAP 2000 / ETABS	<a href="https://www.csiamerica.com/">https://www.csiamerica.com/</a>	USA	R\$ 35.000,00	Não inclui furos. Não dimensiona conforme NBR 6118.
<b>Software</b>	Google	Tekla	<a href="https://www.tekla.com/br">https://www.tekla.com/br</a>	USA	Não Encontrado	Não calcula punção em lajes protendidas. Não inclui furos. Não dimensiona conforme NBR 6118.
<b>Aplicativo</b>	Play Store	RCC Slab Design - Civil Engineering	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eigenpl.us.www.structuraldesign">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eigenpl.us.www.structuraldesign</a>	Índia	Grátis	Calcula lajes, mas não calcula punção.
<b>Aplicativo</b>	Play Store	Punching Shear CSCCT	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=blogndertimi.com.punchingshearcsct">https://play.google.com/store/apps/details?id=blogndertimi.com.punchingshearcsct</a>	Portugal	Grátis	O aplicativo é uma ferramenta de aprendizagem. Não faz o dimensionamento das armaduras.
<b>Aplicativo</b>	Play Store	Punching ULS	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.punching_uls.marco">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.punching_uls.marco</a>	Itália	Grátis	Faz apenas as verificações pelo Eurocode EN 1992-1-1 (2005). Não realiza o dimensionamento das armaduras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)



### 6.3 O SOFTWARE “MGDCALC”

Com a intenção de gerar a melhoria no processo e torná-lo mais seguro e prático, este trabalho desenvolveu uma ferramenta para ser utilizada pelos atores deste. Essa ferramenta foi registrada e protegida, junto ao INPI, com o nome de MGD<sub>CALC</sub> e se trata de um *software*/aplicativo para ser utilizado em dispositivos móveis que operem utilizando o sistema operacional *Android*.

O MGD<sub>CALC</sub> realiza o dimensionamento à punção em lajes de concreto armado e concreto protendido, apoiadas diretamente sobre pilares, seguindo as prescrições normativas da NBR 6118:2014. O *software* traz também um fator diferencial ao considerar para o dimensionamento a presença de furos nas lajes em regiões próximas aos pilares. Furos são muito comuns em edifícios devido à circulação vertical das prumadas de instalações hidráulicas (água e esgoto) junto aos pilares.

Além de prático e funcional, uma vez que pode ser empregado em qualquer *smartphone* que utiliza o sistema *Android*, o MGD<sub>CALC</sub> não se limita a entregar para o usuário apenas a área de aço necessária para resistir aos esforços de punção. O usuário pode ainda escolher entre utilizar a armadura convencional, com barras de aço CA-50, ou se deseja utilizar armaduras tipo “*studs*”, com pinos soldados em chapas de aço. Ao selecionar a opção desejada, o *software* retorna a quantidades de barras e linhas de armadura que devem ser utilizadas, além de informar também a quantidade e o comprimento das armaduras necessárias para combater o colapso progressivo.

Com base no referencial teórico, apresentado anteriormente, e seguindo as prescrições da NBR 6118:2014, a Figura 24 apresenta o fluxograma utilizado pelo *software* para o dimensionamento de lajes à punção.

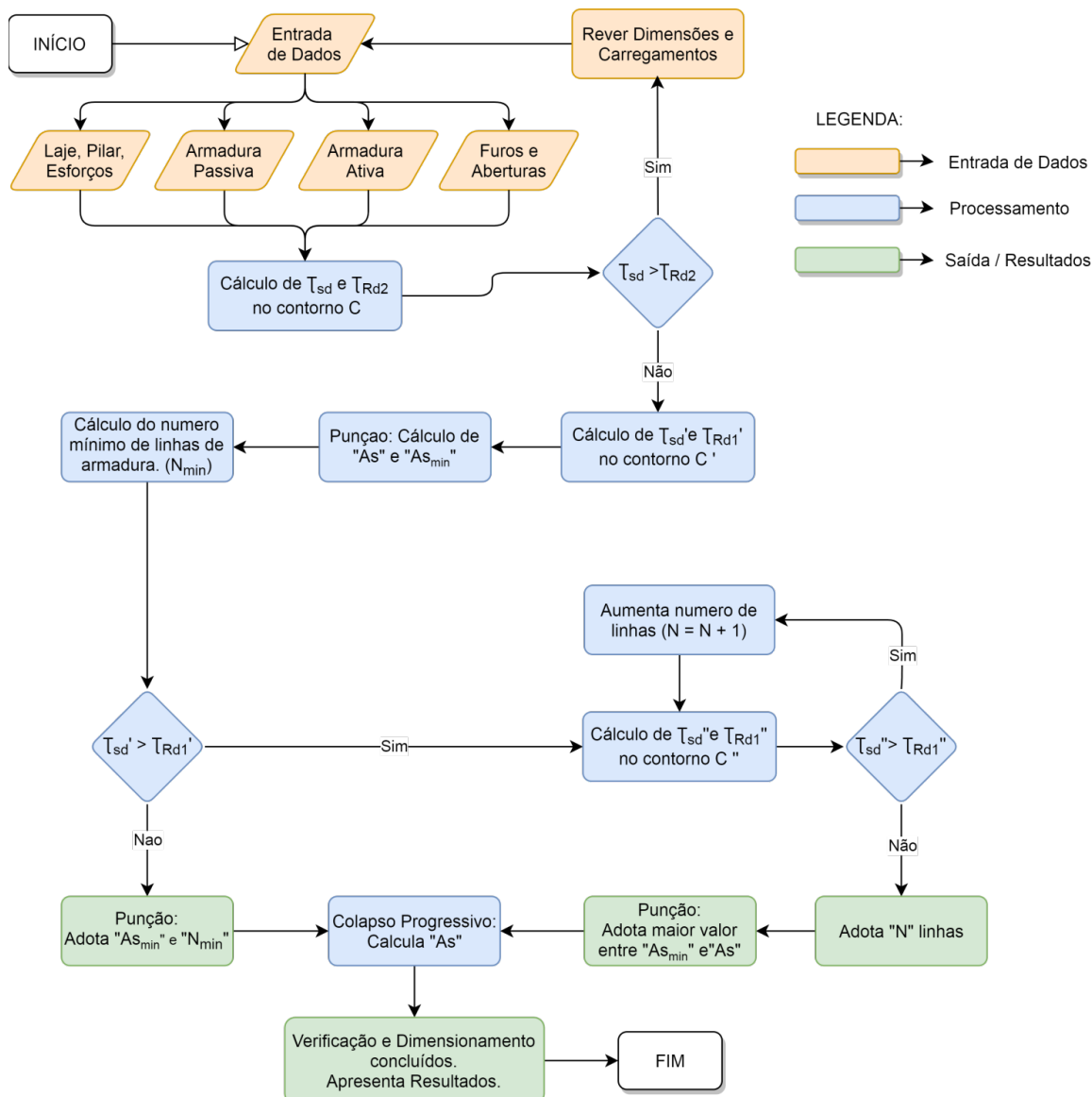


FIGURA 24 – Fluxograma utilizado pelo *software*.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

O acesso ao sistema do *software* é feito através da tela representada na Figura 25, onde o usuário pode efetuar o *login*. Em seguida, é apresentada a tela da Figura 26, em que o usuário pode escolher a tipologia do pilar que deseja calcular: Pilar Interno, Pilar de Borda ou Pilar de Canto.

FIGURA 25 – Login no Software.  
Fonte: MGDALC (2022)

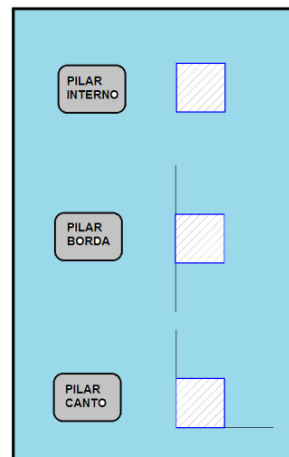


FIGURA 26 – Tela inicial.  
Fonte: MGDALC (2022)

A entrada de dados é dividida em quatro etapas. A primeira, chamada de Dados Iniciais, é apresentada na Figura 27 e permite a indicação dos dados geométricos da laje e do pilar, as propriedades do aço e do concreto, e os carregamentos atuantes. A Figura 28 apresenta a segunda etapa de entrada de dados, onde se pode ver a interface para indicação das armaduras de flexão existentes.

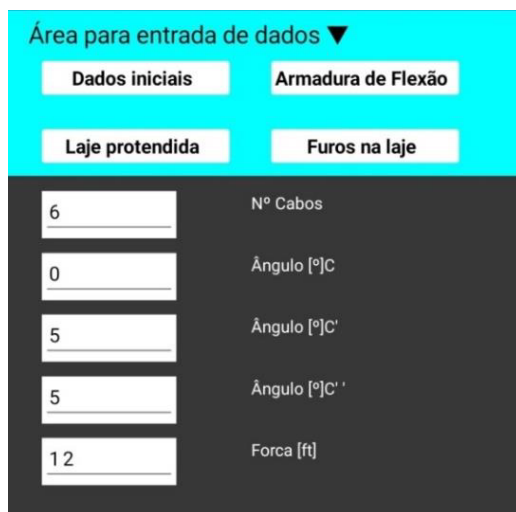
Valor	Unidade
20	H [cm]
30	Fck [Mpa]
CA-50	Aço
2	Ct [cm]
12	Sr [cm]
20	X [cm]
60	Y [cm]
40	Fkz [tf]
5	Mkx [tf.m]
6	Mky [tf.m]

FIGURA 27 – Aba “Dados Iniciais”.  
Fonte: MGDALC (2022)

Ø	C/	Asx
10	15	
Ø	C/	Asy
10	15	
As POS	C/	
8	20	

FIGURA 28 – Aba “Armadura de Flexão”.  
Fonte: MGDALC (2022)


A terceira etapa é a interface destinada para indicação dos dados das cordoalhas (armaduras ativas), para o caso de as lajes serem protendidas, conforme indicado na Figura 29. Na quarta e última etapas, apresentada na Figura 30, é possível a indicação dos furos e aberturas existentes na laje, em regiões localizadas próximas aos pilares.



Input	Label
6	Nº Cabos
0	Ângulo [°]C
5	Ângulo [°]C'
5	Ângulo [°]C'
12	Força [ft]

FIGURA 29 – Aba “Laje Protendida”.

Fonte: MGDcalc (2022)



Input	Label
0	Red u [cm]
0	Red u' [cm]
0	Red u'' [cm]

FIGURA 30 – Aba “Furos na Laje”.

Fonte: MGDcalc (2022)

Os resultados entregues pelo MGDcalc se dividem em dois grupos: Verificação: onde são apresentadas e comparadas as tensões solicitantes e resistentes em cada uma das superfícies críticas consideradas (ver Figura 31); e Armaduras: onde são apresentadas as armaduras de punção e de colapso progressivas, necessárias para combater os esforços solicitantes (ver Figuras 32 e 33).

Verificação de punção	
CALCULAR	
Região C	
205,88	Tsd [tf/m <sup>2</sup> ]
509,14	TRd2 [tf/m <sup>2</sup> ]
Região C'	
118,70	Tsd' [tf/m <sup>2</sup> ]
66,5	TRd2' [tf/m <sup>2</sup> ]
NECESSARIO ARMAR	
12,75	SR Máx [cm]
Região C''	
59,16	Tsd'' [tf/m <sup>2</sup> ]
66,5	TRd2'' [tf/m <sup>2</sup> ]

FIGURA 31 – Aba “Verificação de Punção”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

PUNÇÃO COM BARRAS CA-50	
CALCULAR ARMADURA	
6,59	Asw [cm <sup>2</sup> ]
6	1º Espaçamento
12	Demais espaçamento
3	Nº MÍN LINHAS
8	Ø Adot [mm]
14	Nº MÍN RAMOS

FIGURA 32 – Aba “Armadura de Punção”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

COLAPSO PROGRESSIVO	
CALCULAR	
As [cm <sup>2</sup> ]	14,56
16	Ø Adot [mm]
25	Ø Max [mm]
3	Nbx
286	Lx [cm]
2	Nby
326	Ly [cm]

FIGURA 33 – Aba “Colapso Progressivo”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Uma apresentação mais detalhada de cada item do *software* pode ser encontrada no Apêndice C, que traz o “Manual do Usuário” do MGD<sub>CALC</sub>.

### 6.3.1 Funcionalidades e Comparações do MGD<sub>CALC</sub>

Um dos fatores diferenciais do MGD<sub>CALC</sub>, em relação aos demais *softwares* encontrados, está no fato de considerar a presença de furos nas lajes em regiões próximas aos pilares para o dimensionamento à punção. Furos são muito comuns em

edifícios devido à circulação vertical das prumadas de instalações hidráulicas (água e esgoto) avizinhas aos pilares. A Figura 34 mostra um trecho da estrutura do *Shopping Rio Poty*, localizado no Piauí, que é um exemplo de uma edificação que utilizou o modelo estrutural com lajes lisas protendidas e que apresenta furos próximos ao pilar.



FIGURA 34 – *Shopping Rio Poty*.  
Fonte: CREA Piauí (2013)

Na Figura 34 é possível ver a interface para indicação dos furos e aberturas existentes na laje em regiões localizadas próximas aos pilares. Eventuais furos existentes causam redução nos perímetros críticos e devem ser considerados no dimensionamento, conforme indicado no item 19.5.2.6 da NBR 6118:2014.

Outro ponto diferencial do MGD<sub>CALC</sub> é o fato de o mesmo não precisar ser instalado em um computador ou *notebook*, o que muitas vezes acaba limitando a sua utilização a escritórios de projetos. O MGD<sub>CALC</sub> pode ser utilizado em qualquer dispositivo que utilize o sistema *Android*, como um *smartphone* ou *tablet*, facilitando o seu uso em diversas ocasiões.

Além de realizar o dimensionamento para lajes em concreto armado, o MGD<sub>CALC</sub> também realiza a verificação e o dimensionamento à punção para lajes em concreto protendido. A NBR 6118:2014 permite a contribuição da tensão gerada pela protensão  $\sigma_{CP}$ , para o aumento da tensão resistente  $\tau_{RD1}$  (ver item 19.5.3.2 da NBR 6118:2014), e permite também a diminuição da tensão solicitante  $\tau_{SD}$  utilizando a tensão  $\tau_{Pd}$  derivada do efeito dos cabos de protensão (ver item 19.5.5 da NBR 6118:2014). O MGD<sub>CALC</sub> facilita a utilização por parte do usuário, usuário realizando os cálculos de  $\sigma_{CP}$  e  $\tau_{Pd}$  automaticamente. Para isso, basta o usuário indicar: Número, Ângulo e Força dos cabos. Na Figura 29 pode-se ver a interface para indicação dos

dados das cordoalhas para o caso de lajes protendidas.

Conforme o item 19.5.3.2 da NBR 6118:2014, deve-se usar a taxa geométrica de armadura de flexão aderente  $\rho$  no cálculo da tensão resistente  $\tau_{RD1}$ . O MGD<sub>CALC</sub> também traz como diferencial o cálculo automático de  $\rho$ . Para isso, basta o usuário informar o diâmetro das armaduras  $\emptyset$  e o espaçamento entre as barras. Na Figura 28, é possível ver a interface para indicação das armaduras de flexão existentes.

Além disso, o MGD<sub>CALC</sub> não se limita a realizar as verificações de tensões e entregar para o usuário apenas a área de aço necessária para resistir aos esforços de punção. Ele também permite que o usuário possa escolher entre utilizar a armadura convencional, com barras de aço CA-50, ou utilizar armaduras tipo “studs” com pinos soldados em chapas de aço. Ao selecionar a opção desejada, o *software* retorna uma opção de detalhamento para o usuário. Posteriormente, ao escolher o diâmetro  $\emptyset$  da armadura desejada, o MGD<sub>CALC</sub> indica a quantidade de barras e linhas de armadura que devem ser utilizadas. As Figuras 35 e 36 apresentam o resultado da área de aço calculada e uma opção de detalhamento.

PUNÇÃO COM BARRAS CA-50	
CALCULAR ARMADURA	
6,59	Asw [cm <sup>2</sup> ]
6	1º Espaçamento
12	Demais espaçamento
3	Nº MÍN LINHAS
8	Ø Adot [mm]
14	Nº MÍN RAMOS

FIGURA 35 – Armadura de punção  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

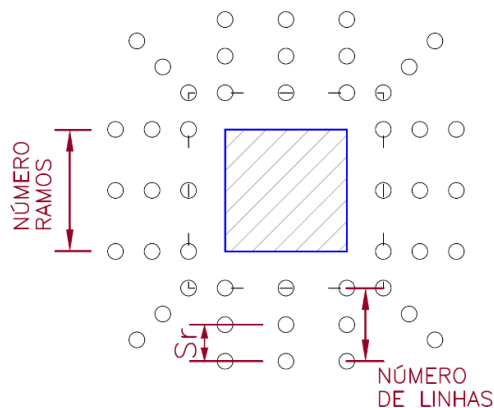


FIGURA 36 – Detalhamento punção  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Não se limitando no dimensionamento da armadura de punção, o MGD<sub>CALC</sub> também realiza o cálculo da armadura necessária para evitar o colapso progressivo. Como na armadura de punção, ao escolher o diâmetro  $\emptyset$  da armadura desejada, o MGD<sub>CALC</sub> informa a quantidade e o comprimento das armaduras necessárias para combater o colapso progressivo. Vale ressaltar que se pode prescindir da utilização

de armadura passiva contra o colapso progressivo, se pelo menos um cabo, em cada direção ortogonal, passar pelo interior do pilar, conforme indicado no Item 20.3.2.6 da NBR 6118:2014. As Figuras 37 e 38 apresentam o resultado da área de aço calculada e uma opção de detalhamento.

COLAPSO PROGRESSIVO	
CALCULAR	
As [cm <sup>2</sup> ] 14,56	
<input type="text" value="16"/>	Ø Adot [mm]
<input type="text" value="25"/>	Ø Max [mm]
<input type="text" value="3"/>	Nbx
<input type="text" value="286"/>	Lx [cm]
<input type="text" value="2"/>	Nby
<input type="text" value="326"/>	Ly [cm]

FIGURA 37 – Armadura de Colapso.  
Fonte: MGDALC (2022)

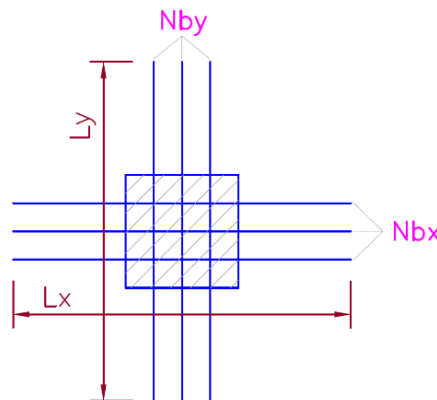


FIGURA 38 – Detalhamento colapso.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Nos resultados da busca de anterioridade foram encontrados *softwares* que realizam a verificação e o dimensionamento total da estrutura de um edifício, dimensionando, assim, lajes, vigas, pilares e fundações. A maioria desses *softwares* realiza a verificação e dimensionamento de punção dentro do chamado “Modelo Global”. Com isso, para o dimensionamento de punção, o *software* acaba utilizando as armaduras de flexão ativas (cabos) e passivas (CA-50) dimensionadas pelo próprio *software*, dificultando, assim, que o usuário utilize as armaduras que ele escolheu para o detalhamento, o que, de certa forma, dificulta a verificação e o dimensionamento mais precisos. O único que oferece um módulo para o dimensionamento é o LPUNC da TQS. A Tabela 16 apresenta um comparativo entre as funcionalidades do MGDALC e os demais *softwares* e aplicativos encontrados.



TABELA 16 – Comparativo entre *softwares* e aplicativos

FUNCIONALIDADE	MGDCALC	TQS / LPUNC	CYPECAD	Eberick	JORDAHL	SAP 2000 / ETABS	Tekla	CSCT	ULS
Versão disponível para dispositivos móveis	V	-	-	-	-	-	-	V	V
Verifica as tensões	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Dimensiona armaduras de punção	V	V	V	V	V	V	V	-	-
Verifica lajes protendidas	V	V	-	-	-	V	-	-	-
Atende a NBR 6118	V	V	V	V	-	-	-	-	-
Calcula taxa de armadura considerando a armadura detalhada	V	V	-	-	-	-	-	V	V
Considera furos/aberturas na laje	V	-	-	-	-	-	-	-	-
Detalha armadura de punção	V	V	V	V	V	V	V	-	-
Detalha armadura de colapso progressivo	V	V	V	V	V	V	V	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Dos *softwares* analisados, apenas o MGD<sub>CALC</sub>, o Lpunc, o Cypecad e o Eberick realizam o dimensionamento baseados na NBR 6118:2014 e apenas o MGD<sub>CALC</sub> inclui os furos e aberturas no dimensionamento da punção. Não foi encontrado nenhum aplicativo que realizasse a verificação e o dimensionamento de lajes à punção. Sendo assim, o MGD<sub>CALC</sub> será o primeiro a disponibilizar essas funções em um sistema destinado a dispositivos móveis.

### 6.3.2 Validação do MGD<sub>CALC</sub>

Com o intuito de verificar o dimensionamento realizado pelo MGD<sub>CALC</sub>, será comparado um exemplo, conforme mostrado na Figura 39, de dimensionamento de lajes à Punção com os resultados encontrados no MGD<sub>CALC</sub>. O exemplo escolhido contempla o maior número de variáveis possíveis como: carregamento de momento, existência de furos na laje e armadura ativa (protensão).

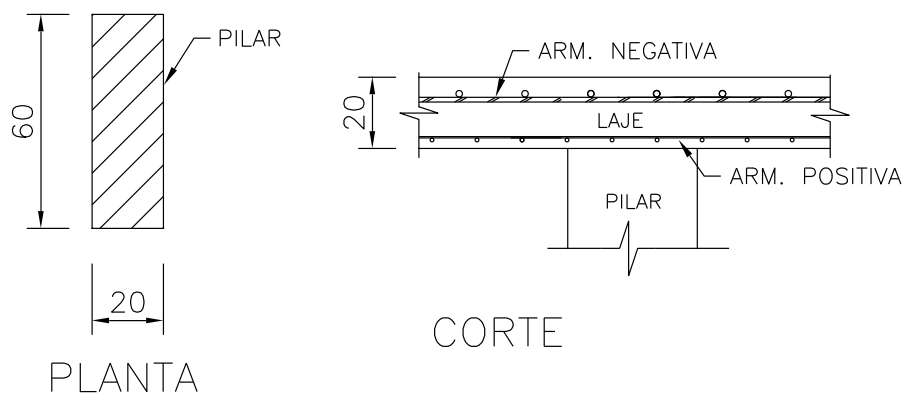


FIGURA 39 – Exemplo para validação.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Conforme a Figura 39, abaixo seguem os dados iniciais, adotados para o dimensionamento.

**H** = Espessura da laje = 20 cm

**fck** = 35 MPa

**Aço CA-50** =>  $f_{yk}$  = 500 MPa

**ct** = Cobrimento da armadura = 2 cm

**sr** = Espaçamento entre linhas = 12 cm

**X** = Dimensão X do Pilar = 20 cm

**Y** = Dimensão Y do Pilar = 60 cm

**F<sub>k,z</sub>** = Força vertical característica = 50 tf

**M<sub>k,x</sub>** = Momento na direção X = 5 tf.m

**M<sub>k,y</sub>** = Momento na direção Y = 6 tf.m

A entrada desses dados no MGD<sub>CALC</sub> é realizada na aba “Dados Iniciais”, conforme apresentado na Figura 40.

Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais Armadura de Flexão

Laje protendida Furos na laje

20	H [cm]
35	Fck [Mpa]
CA-50	Aço
2	Ct [cm]
12	Sr [cm]
20	X [cm]
60	Y [cm]
50	Fkz [tf]
5	Mkx [tf.m]
6	Mky [tf.m]

FIGURA 40 – Aba “Dados Iniciais”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Em seguida é necessário indicar as armaduras de flexão existentes. Para o exemplo usou-se a armadura abaixo.

**Armadura de flexão existente:**

**Asx NEG** = Armadura NEGATIVA da laje na direção X

Diâmetro de 10 mm a cada 15 cm

**Asy NEG** = Armadura NEGATIVA da laje na direção Y

Diâmetro de 10 mm a cada 15 cm

**As POS** = Armadura POSITIVA da laje

Diâmetro de 8 mm a cada 20 cm

No MGD<sub>CALC</sub>, a indicação da armadura de flexão existente é realizada na aba “Armadura de flexão”, conforme apresentado na Figura 41.

Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais Armadura de Flexão

Laje protendida Furos na laje

∅ 10 C/ 15 Asx

∅ 10 C/ 15 Asy

As POS 8 C/ 20

FIGURA 41 – Aba “Armadura de Flexão”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Para o caso de a laje ser protendida, é necessário a indicação do número de cordoalhas e ângulo e força de protensão. Para o exemplo adotamos os dados abaixo.

**Protensão:**

Nº Cabos = 6

Ângulo C = 0

Ângulo C' = 5

Ângulo C'' = 0

Força = 12 tf

No MGD<sub>CALC</sub>, a indicação dos dados da protensão é realizada na aba “Laje Protendida”, conforme apresentado na Figura 42.

Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais Armadura de Flexão

Laje protendida Furos na laje

6 N° Cabos

0 Ângulo [°]C

5 Ângulo [°]C'

0 Ângulo [°]C''

12 Força [tf]

FIGURA 42 – Aba “Laje Protendida”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Para o caso da existência de furos é necessário a indicação que os mesmos geram nos perímetros críticos  $u$ ,  $u'$  e  $u''$ . As reduções adotadas no exemplo estão indicadas abaixo:

### Furos na Laje:

red  $u = 10$  cm

red  $u' = 15$  cm

red  $u'' = 20$  cm

No MGD<sub>CALC</sub>, a indicação dos furos na laje é realizada na aba “Furos na Laje”, conforme apresentado na Figura 43.

FIGURA 43 – Aba “Furos na Laje”.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Finalizada a entrada de dados, o inicia fazendo a primeira parte dos cálculos com a verificação das tensões.

### Cálculos iniciais:

Cálculo da altura útil, conforme a equação (2) apresentada anteriormente.

$$d_x = H - ct - \frac{\phi_x}{2} = 20 - 2 - \frac{1}{2} = 17,5 \text{ cm}$$

$$d_y = H - ct - \phi_x - \frac{\phi_y}{2} = 20 - 2 - 1 - \frac{1}{2} = 16,5 \text{ cm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{17,5 + 16,5}{2} = 17 \text{ cm}$$

Cálculo do coeficiente  $\alpha_v$ , conforme a equação (8) apresentada anteriormente.

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0,86$$

Cálculo da taxa geométrica da armadura de flexão, conforme a equação (11)

apresentada anteriormente.

$$\rho_x = \left( \pi \cdot \frac{\phi_x^2}{4} \right) \cdot \frac{\left( \frac{100}{C/x} \right)}{100 \cdot d} = \left( \pi \cdot \frac{1^2}{4} \right) \cdot \frac{\left( \frac{100}{15} \right)}{100 \cdot 17} = 0,00308 \text{ cm}^2/m$$

$$\rho_y = \left( \pi \cdot \frac{\phi_y^2}{4} \right) \cdot \frac{\left( \frac{100}{C/y} \right)}{100 \cdot d} = \left( \pi \cdot \frac{1^2}{4} \right) \cdot \frac{\left( \frac{100}{15} \right)}{100 \cdot 17} = 0,00308 \text{ cm}^2/m$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{0,00308 \cdot 0,00308} = 0,00308 \text{ cm}^2/m$$

Cálculo dos perímetros críticos, conforme apresentado na Tabela 3.

$$u = (X + Y) \cdot 2 - Red u = (20 + 60) \cdot 2 - 10 = 150 \text{ cm}$$

$$u' = (X + Y) \cdot 2 + 4 \cdot \pi \cdot d - Red u' = (20 + 60) \cdot 2 + 4 \cdot \pi \cdot 17 - 15 = 358,62 \text{ cm}$$

Cálculo tensão e cálculo do concreto, conforme a equação (9) apresentada anteriormente.

$$f_{cd} = \frac{35}{1,4} = 25 \text{ MPa}$$

Cálculo tensão e cálculo do aço da armadura de punção, conforme anteriormente.

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{1,15} - \frac{\left( \frac{f_{yk}}{1,15} - 250 \right) \cdot (35 - H)}{(35 - 15)} = \frac{500}{1,15} - \frac{\left( \frac{500}{1,15} - 250 \right) \cdot (35 - 20)}{20}$$

$$f_{ywd} = 434,78 - 138,58 = 296,19 \text{ MPa}$$

Cálculo do módulo de resistência plástica, conforme apresentado na Tabela 4.

$$w'_{p1} = \frac{Y^2}{1,4} + Y \cdot X + 4 \cdot X \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot Y$$

$$w'_{p1} = \frac{60^2}{1,4} + 60 \cdot 20 + 4 \cdot 20 \cdot 17 + 16 \cdot 17^2 + 2 \cdot \pi \cdot 17 \cdot 60 = 15389,6 \text{ cm}^2$$

$$w'_{p2} = \frac{X^2}{1,4} + X \cdot Y + 4 \cdot Y \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot X$$

$$w'_{p2} = \frac{20^2}{1,4} + 20 \cdot 60 + 4 \cdot 60 \cdot 17 + 16 \cdot 17^2 + 2 \cdot \pi \cdot 17 \cdot 20 = 12239,2 \text{ cm}^2$$

Cálculo dos parâmetros K1 e K2 conforme a Tabela 2.

$$\frac{X}{Y} = \frac{20}{60} = 0,33 \cong 0,5 \Rightarrow \text{da Tabela 2 temos } K1 = 0,45$$

$$\frac{Y}{X} = \frac{60}{20} = 3 \Rightarrow \text{da Tabela 2 temos } K2 = 0,8$$

Cálculo das tensões de protensão, conforme as equações (17) e (12) apresentadas anteriormente.

$$\tau_{pd}C = \frac{\sum P_{k,inf,i} \cdot \sin \alpha_i}{u \cdot d} = \frac{6 \cdot 12 \cdot \sin 0}{150 \cdot 17} = 0$$

$$\tau_{pd}C' = \frac{\sum P_{k,inf,i} \cdot \sin \alpha'_i}{u' \cdot d} = \frac{6 \cdot 12 \cdot \sin 5}{358,62 \cdot 17} = 1,029 \cdot 10^{-3} \text{ tf/cm}^2$$

$$\sigma'_{cp} = \frac{N^{\circ} \text{ Cabos} \cdot \text{Força}}{u' \cdot d} \leq 100 \text{ tf/m}^2$$

$$\sigma'_{cp} = \frac{6 \cdot 12}{358,62 \cdot 17} = 11,8 \cdot 10^{-3} \text{ tf/cm}^2 = 118 \text{ tf/m}^2$$

### Verificações:

Finalizados os cálculos preliminares, são realizadas as verificações das tensões solicitantes e resistentes.

Cálculo da tensão solicitante na região C, conforme as equações (1) e (16) apresentadas anteriormente.

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u \cdot d} - \tau_{pd}C = \frac{50 \cdot 1,4}{150 \cdot 17} - 0$$

$$\tau_{sd} = 274,5 \text{ tf/m}^2$$

Cálculo da tensão resistente na região C, conforme a equação (7) apresentada anteriormente.

$$\tau_{rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd}$$

$$\tau_{rd2} = 0,27 \cdot 0,86 \cdot 2500$$

$$\tau_{rd2} = 580,5 \text{ tf/m}^2$$

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd2} \text{ OK!}$$

Cálculo da tensão solicitante na região C', conforme as equações (3) e (16) apresentadas anteriormente.

$$\tau'_{sd} = \frac{F_{sd}}{u' \cdot d} + \frac{K1 \cdot M_{sdx}}{W'_{p1} \cdot d} + \frac{K2 \cdot M_{sdy}}{W'_{p2} \cdot d} - \tau_{pd}C$$

$$\tau'_{sd} = \frac{50 \cdot 1,4}{358,62 \cdot 17} + \frac{0,45 \cdot 500 \cdot 1,4}{15389,6 \cdot 17} + \frac{0,8 \cdot 600 \cdot 1,4}{12239,2 \cdot 17} - 1,029 \cdot 10^{-3}$$

$$\tau'_{sd} = 11,48 \cdot 10^{-3} + 1,204 \cdot 10^{-3} + 3,229 \cdot 10^{-3} - 1,029 \cdot 10^{-3}$$

$$\tau'_{sd} = 14,488 \cdot 10^{-3} \text{ tf/cm}^2$$

$$\tau'_{sd} = \mathbf{144,8 \text{ tf/m}^2}$$

Cálculo da tensão resistente na região C, conforme a equação (10) apresentada anteriormente.

$$\tau'_{rd1} = 0,13 \left( 1 + \sqrt{20/d} \right) (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\tau'_{rd1} = 0,13 \left( 1 + \sqrt{20/17} \right) (100 \cdot 0,00308 \cdot 35)^{1/3} + 0,10 \cdot 1$$

$$\tau'_{rd1} = 0,598 + 0,10 = 0,66 \text{ MPa}$$

$$\tau'_{rd1} = \mathbf{69,8 \text{ tf/m}^2}$$

$\tau'_{sd} \geq \tau'_{rd1}$  é necessário adicionar a armadura de punção.

Cálculo do espaçamento máximo, conforme a equação (14) apresentada anteriormente.

$$s_{r \text{ máx}} = 0,75 \cdot d$$

$$s_{r \text{ máx}} = 0,75 \cdot 17 = 12,75 \text{ cm}$$

$$s_r = 12 \leq s_{r \text{ máx}} = 12,75 \text{ OK!}$$

$$s_{r1} = \frac{s_r}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ cm (1º espaçamento)}$$

No MGD<sub>CALC</sub>, a verificação das tensões é indicada na janela apresentada pela Figura 44.



Verificação de punção	
CALCULAR	
Região C	
<u>274,51</u>	Tsd [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>580,50</u>	TRd2 [tf/m <sup>2</sup> ]
Região C'	
<u>144,78</u>	Tsd' [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>69,9</u>	TRd2' [tf/m <sup>2</sup> ]
	NECESSARIO ARMAR
<u>12,75</u>	SR Máx [cm]
Região C''	
<u>67,09</u>	Tsd'' [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>69,9</u>	TRd2'' [tf/m <sup>2</sup> ]

FIGURA 44 – Aba “Verificação de Punção”.  
Fonte: MGD CALC (2022)

Finalizadas as verificações das tensões, é realizado o dimensionamento das armaduras.

### Armadura de Punção:

Cálculo da armadura mínima, conforme a equação (15) apresentada anteriormente.

$$\frac{\tau_{Sd}'}{2} \leq \tau_{Rd3} = 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} \min. f_{ywd} \cdot \sin \alpha}{u' \cdot d}$$

$$\frac{F_{Sd}}{u' \cdot d \cdot 2} = 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} \min. f_{ywd} \cdot \sin \alpha}{u' \cdot d}$$

$$A_{sw} \min = \frac{F_{Sd} \cdot s_r}{1,5 \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha \cdot d \cdot 2}$$

$$A_{sw} \min = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 12}{1,5 \cdot 2,9619 \cdot \sin 90 \cdot 17 \cdot 2}$$

$$A_{sw} \min = 5,56 \text{ cm}^2$$

Cálculo da armadura necessária, conforme a equação (13) apresentada anteriormente.

$$\tau_{Sd}' \leq \tau_{Rd3} = 0,10 \left( 1 + \sqrt{20/d} \right) (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp} + 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u' \cdot d}$$

$$\tau_{Sd}' = \left[ 0,10 \left( 1 + \sqrt{20/17} \right) (100 \cdot 0,00308 \cdot 35)^{1/3} + 0,10 \cdot 1 \right] \cdot 10^{-4} + 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u' \cdot d}$$

$$14,48 \cdot 10^{-3} = 5,6 \cdot 10^{-3} + 1,5 \frac{17}{12} \frac{A_{sw} \cdot 2,9619 \sin 90}{358,62 \cdot 17}$$

$$1,03 \cdot 10^{-3} A_{sw} = 8,88 \cdot 10^{-3}$$

$$A_{sw} = 8,62 \text{ cm}^2$$

Adotando barras com diâmetro de 8 mm e área de 0,5 cm<sup>2</sup> temos:

$$N^{\circ} \text{ Ramos} = \frac{A_{sw}}{A_{s \text{ barra}}} = \frac{8,62}{0,5} = 17,24 \approx \mathbf{18 \text{ Ramos}}$$

Cálculo do número de linhas de armaduras conforme tabelas 3 e 4 apresentadas anteriormente.

$$p = s_{r1} + ((N^{\circ} \text{ de linhas} - 1) \cdot s_r) + 2 \cdot d$$

$$u'' = (X + Y) \cdot 2 + 4 \cdot \pi \cdot d + 2 \cdot \pi \cdot p - Red \ u''$$

$$w''_{p1} = \frac{Y^2}{1,4} + Y \cdot X + 4 \cdot X \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot Y + 2 \cdot X \cdot p + 16 \cdot d \cdot p + 4 \cdot p^2 + \pi \cdot Y \cdot p$$

$$w''_{p2} = \frac{X^2}{1,4} + X \cdot Y + 4 \cdot Y \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot X + 2 \cdot Y \cdot p + 16 \cdot d \cdot p + 4 \cdot p^2 + \pi \cdot X \cdot p$$

$$\tau_{Sd}'' = \frac{F_{Sd}}{u'' \cdot d} + \frac{K1 \cdot M_{Sdx}}{w''_{p1} \cdot d} + \frac{K2 \cdot M_{Sdy}}{w''_{p2} \cdot d} - \tau_{Pd} C$$

Para determinar o número de linhas de armaduras, optou-se por utilizar a formulação abaixo e montar uma planilha auxiliar, apresentada na Tabela 17, onde é possível observar os resultados obtidos para várias opções de linhas de armadura.

TABELA 17 – Cálculo do número de linhas

Nº de linhas	u'' (cm)	p (cm)	w'' <sub>p1</sub> (cm <sup>2</sup> )	w'' <sub>p2</sub> (cm <sup>2</sup> )	$\tau_{Rd1}''$ (tf/m <sup>2</sup> )	$\tau_{Sd}''$ (tf/m <sup>2</sup> )
1	386,3	40,0	36832,5	41809,4	69,9	121,7
2	456,7	52,0	46706,5	52231,4	69,9	102,2
3	532,1	64,0	57732,4	63805,3	69,9	87,1
4	607,5	76,0	69910,4	76531,3	69,9	75,9
<b>5</b>	<b>682,9</b>	<b>88,0</b>	<b>83240,4</b>	<b>90409,2</b>	<b>69,9</b>	<b>67,1</b>

6	758,3	100,0	97722,4	105439,2	69,9	60,1
7	833,7	112,0	113356,4	121621,1	69,9	54,4
8	909,1	124,0	130142,3	138955,0	69,9	49,7
9	984,5	136,0	148080,3	157441,0	69,9	45,7
10	1059,9	148,0	167170,3	177078,9	69,9	42,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Na Tabela 17, percebe-se que, com cinco linhas de armaduras, a tensão solicitante localizada a uma distância de  $2d$ , passa a ser menor que a tensão resistente. Assim, são necessárias, no mínimo, 5 linhas de armadura.

No MGD<sub>CALC</sub>, a área de aço, espaçamentos e número de ramos são indicados na janela apresentada pela Figura 45.

**PUNÇÃO COM BARRAS CA-50**

CALCULAR ARMADURA

8,59	Asw [cm <sup>2</sup> ]
6	1º Espaçamento
12	Demais espaçamento
5	Nº MÍN LINHAS
8	Ø Adot [mm]
18	Nº MÍN RAMOS

FIGURA 45 – Armadura de punção  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

### Colapso Progressivo:

Armadura positiva existente

$$As_{exi} = \emptyset 8 \text{ c} / 20 = 2 \text{ cm}^2$$

Armadura calculada

$$As_{cop} = \frac{1,5 \cdot F_{sd}}{F_{yd}} = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 50}{\frac{5}{1,15}}$$

$$As_{cop} = 20,7 \text{ cm}^2$$

Armadura necessária

$$A_{s_{nec}} = A_{s_{cop}} - A_{s_{exi}}$$

$$A_{s_{nec}} = 18,7 \text{ cm}^2$$

No MGD<sub>CALC</sub>, a armadura contra o colapso progressivo é indicada na janela apresentada pela Figura 46.

COLAPSO PROGRESSIVO	
CALCULAR	
As [cm²] 18,7	
16	Ø Adot [mm]
25	Ø Max [mm]
4	Nbx
286	Lx [cm]
2	Nby
326	Ly [cm]

FIGURA 46 – Armadura de Colapso.  
Fonte: MGD<sub>CALC</sub> (2022)

Como existem cordoalhas protendidas passando sobre o pilar, vale ressaltar que nesse exemplo é dispensável a utilização de armadura contra o colapso progressivo. Assim, ela foi calculada apenas para fins de verificação do *software*.

#### 6.4 MELHORIA DE PROCESSO

Após a análise e estudo do referencial teórico pesquisado, foi possível levantar as etapas e atores envolvidos no processo. Na Figura 47, apresenta-se o fluxograma simplificado com todas as etapas e atores envolvidos no processo que envolve a ocorrência, ou não, de ruptura por punção em lajes.

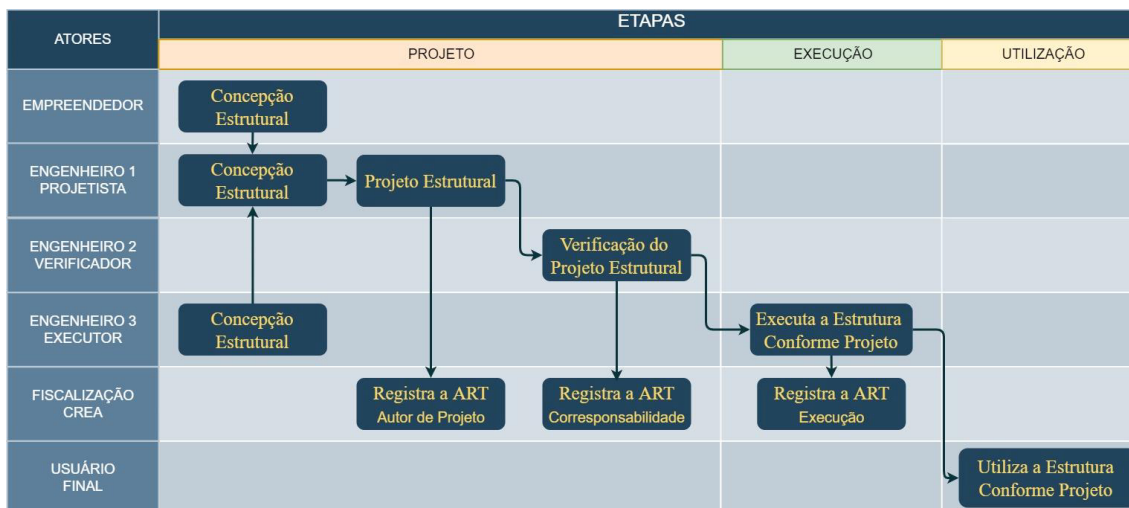


FIGURA 47 – Fluxograma atual do processo.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

No fluxograma são identificados cinco atores que podem interferir diretamente no processo, além de ser possível verificar que o processo se divide em três etapas distintas: projeto, execução e utilização. O primeiro dos atores, chamado de “Empreendedor”, é o proprietário inicial do empreendimento. Na fase inicial, de decisão das características do empreendimento, o empreendedor precisa participar da decisão da concepção estrutural a ser adotada juntamente com outros dois atores envolvidos: o “Engenheiro 1 - Projetista” e o “Engenheiro 3 - Executor”. É fundamental que nessa fase, ao se escolher um modelo estrutural com lajes lisas apoiadas diretamente sobre os pilares, o empreendedor contrate engenheiros com a *expertise* necessária para projetar e executar o empreendimento com essas características.

O “Engenheiro 1 - Projetista”, colocado como segundo ator no processo, é responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural, onde, para o caso específico da punção, deve verificar as tensões, solicitante e resistente, realizar o dimensionamento das armaduras e efetuar o detalhamento (desenho) das armaduras dimensionadas, além de especificar as características dos materiais a serem utilizados, como a resistência do concreto, por exemplo. Lembrando que esse ator deve obedecer às prescrições normativas ABNT NBR e fazer o registro, junto ao CREA, da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

Posteriormente, ainda na etapa de projeto, o “Empreendedor” deve contratar o “Engenheiro 2 - Verificador”, apontado como terceiro ator do processo. O Engenheiro 2 deve verificar se o projeto desenvolvido pelo Engenheiro 1 atende a todos os

requisitos de dimensionamento e de detalhamento necessários para a execução de uma estrutura segura. O Engenheiro 2 também deve fazer o registro da ART junto ao CREA.

Passando agora para a etapa de execução, entra em cena com uma atuação mais efetiva do quarto ator do processo, o “Engenheiro 3 - Executor”. Ele deve garantir a montagem e o posicionamento das armaduras conforme o detalhamento indicado no projeto. Após a concretagem, ele deve ensaiar os corpos de prova para verificar se o concreto executado está atendendo às características especificadas no projeto estrutural, garantindo, assim, que tudo o que foi executado/construído seguiu fielmente as determinações do projeto.

Por fim, já na etapa de utilização, o usuário final da edificação aparece como último ator do processo. Ele deve utilizá-la para o fim a qual foi projetada, ou seja, não deve ser utilizado um carregamento maior que o indicado no projeto. Por exemplo, o usuário não pode utilizar uma edificação que foi projetada para ser uma residência como uma biblioteca ou uma garagem, onde os carregamentos aplicados seriam maiores que os empregados para projetar a estrutura.

A seguir, na Figura 48, apresenta-se o fluxograma simplificado com a inclusão do MGD<sub>CALC</sub> no processo que envolve a ocorrência, ou não, de ruptura por punção em lajes. No fluxograma é possível identificar três fases que podem ser melhoradas com a inserção do MGD<sub>CALC</sub> processo.

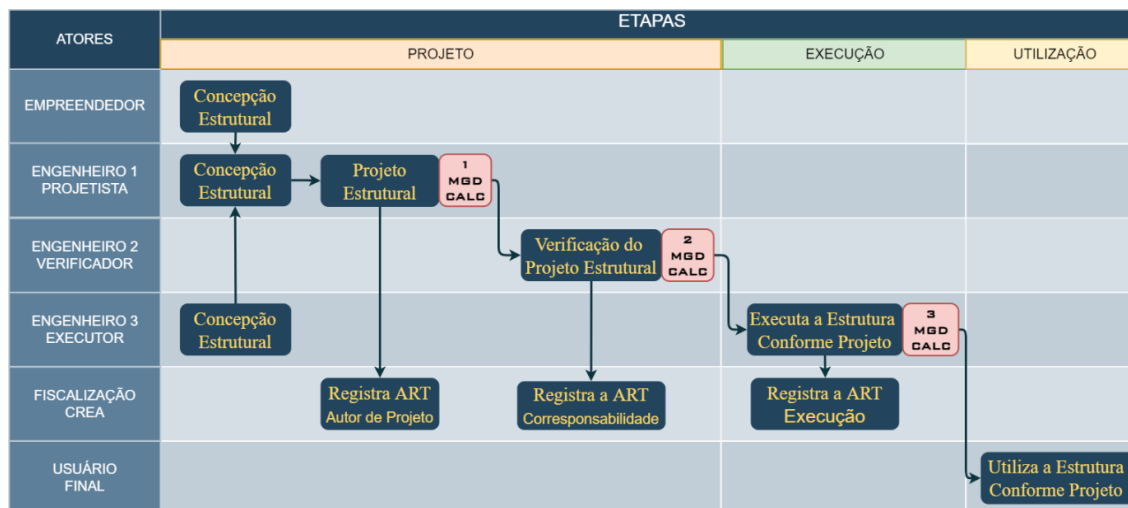


FIGURA 48 – Fluxograma do processo com a inclusão do MGD<sub>CALC</sub>.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

A primeira utilização do MGD<sub>CALC</sub> no processo ocorre na fase do projeto estrutural, onde o engenheiro responsável, identificando que seu projeto emprega o modelo estrutural com lajes lisas apoiadas diretamente sobre pilares, usa o *software* para a verificação e o dimensionamento das lajes à punção. O MGD<sub>CALC</sub> também pode ser utilizado pelo engenheiro responsável pela verificação do projeto estrutural, aparecendo, assim, a segunda fase, onde o *software* pode ser empregado, para uma verificação prática e segura do projeto estrutural.

Por fim, como o MGD<sub>CALC</sub> foi desenvolvido com uma interface responsiva, ou seja, adaptável a qualquer tipo de tecnologia. Portanto, ele pode ser empregado em dispositivos móveis como um *smartphone*, possibilitando a fácil utilização, em campo, pelo engenheiro responsável na execução da estrutura. Muitas vezes, no momento da concretagem são necessárias algumas alterações não identificadas anteriormente como, por exemplo, a inclusão de um furo/abertura na laje, ou o reposicionamento de alguma armadura. Com o MGD<sub>CALC</sub> instalado em um *smartphone*, o engenheiro pode refazer o dimensionamento incluindo o furo/abertura e verificar a armadura que precisa ser adicionada para a laje resistir aos esforços.

## 7 DISCUSSÃO

Com base na pesquisa realizada, nos próximos itens serão analisados e discutidos os resultados obtidos.

### 7.1 APLICAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DE INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para ocorrer o desenvolvimento de C,T&I na indústria da construção civil, alguns elementos dificultadores precisam ser superados visando se obter sucesso na implantação dos programas de fomento. Um deles, apontados pela ANTAC e CBIC (2013), é o distanciamento que existe entre as empresas, a academia e o governo, criando assim um *gap* no atendimento das necessidades do setor.

Observa-se que faltam ações setoriais mais claras, pois as universidades e os institutos de pesquisa são pouco ativos na aproximação com o mercado e o setor público para a captação das necessidades e demandas, direcionando, assim, as pesquisas. Os agentes de mercado, por sua vez, têm pouca familiaridade com a academia, tendo a impressão de que ela não pode resolver seus problemas e nem atender suas demandas. Desse modo, as empresas não procuram a academia e, com isso, não são formadas parcerias para o desenvolvimento de produtos e a Transferência da Tecnologia.

Um projeto estratégico para superar esse elemento dificultador é a implantação de modelos de desenvolvimento de C,T&I focados em aproximar academia, empresas e governo. Para isso, precisam ser criados centros de pesquisa especializados e parques tecnológicos com editais de pesquisas que possibilitem o envolvimento entre as partes interessadas, sempre focando no fomento de projetos que integrem os agentes, voltados para arranjos produtivos, com modelos experimentais em escala real ou com demonstração de protótipos. Por fim, estabelecer parcerias entre a academia e as empresas para que ocorra a Transferência de Tecnologia (MCTIC; 2016).

Esse fator é corroborado por um estudo realizado por K. Xu, Huang e E. Xu (2014), onde foram analisadas 270 empresas chinesas e concluiu-se que, tanto os incentivos públicos para P&D quanto a transferência de conhecimento de universidades e centros de pesquisa para as empresas, aumentam o desenvolvimento



de novas tecnologias e produtos. Outro fator importante apontado pelo estudo é que o incentivo à P&D nas universidades, e a consequente Transferência da Tecnologia desenvolvida para as empresas, é mais eficaz que o incentivo à P&D diretamente nas empresas.

Para se promover maior integração entre os agentes do setor é necessário estabelecer diretrizes que envolvam toda a cadeia produtiva, inclusive incluindo o usuário final, visto que é necessário conhecer as necessidades e os anseios dos usuários e conscientizá-los de quanto o nível de inovação agrega valor à edificação, além de trazer benefícios para ele. Todos os agentes devem estar focados em fornecer tanto projetos como materiais, produtos e sistemas construtivos com propostas inovadoras (ANTAC; CBIC, 2013).

Um estudo realizado por López e Yepes (2020), onde foram estudadas 103 empresas do setor da construção da Espanha, correlacionou os elementos considerados inovadores com o desempenho dessas empresas. De dezoito elementos analisados, “tecnologia e equipamentos” e “aquisição de *software*” foram os dois considerados mais relevantes. Porém, segundo os autores, fatores como colaboração, motivação e envolvimento do cliente são considerados fundamentais para que as estratégias de inovação funcionem e tenham sucesso.

Outro ponto dificultador para o desenvolvimento de C,T&I é o acesso ao conhecimento existente, principalmente por parte das empresas de menor porte. Como os resultados das pesquisas são normalmente publicados em veículos acadêmicos, e as associações de classe e entidades setoriais nem sempre dão muito peso aos resultados e avanços trazidos pelas pesquisas, muitas vezes as inovações não são efetivamente utilizadas pelos agentes do setor. Esse fato esbarra também no conservadorismo, já que, muitas vezes, empresas públicas e privadas não possuem departamentos de P&D, uma vez que não enxergam a pesquisa como agregadora de valor, e assim não se sentem motivadas a investir em inovação tecnológica (MCTIC; 2016). Um estudo realizado por Konno e Itoh (2018) demonstrou que a P&D estimula a produtividade no Japão e que o investimento em P&D está diretamente relacionado aos lucros das empreiteiras que realizam obras públicas.

O conflito entre a necessidade a “curto prazo” e o desenvolvimento a “longo prazo” também é outro elemento dificultador para o desenvolvimento de C,T&I. Como as empresas estão acostumadas a resolver problemas do dia a dia através de inovações incrementais, elas têm dificuldade em aceitar que, muitas vezes, o

processo de pesquisa e desenvolvimento é longo e árduo, além de implicar em riscos. Por outro lado, falta agilidade operacional dos institutos de pesquisa, universidades e agências de fomento (ANTAC; CBIC, 2013).

Conforme apresentado por Travaglini e Bellocchi (2021), o setor da construção apresenta algumas características intrínsecas, e uma delas é o fato de que o ciclo de desenvolvimento de um produto é muito mais longo que em outros setores da indústria, assim como a vida útil do produto também é mais longa. Segundo Fulford (2019), a abordagem de curto prazo impede as melhorias de produtividade. O planejamento precisa ser em longo prazo, deve considerar uma inovação mais ampla, focada em uma região e não em apenas um ponto.

O setor depara-se também com as limitações, na base legal e de dados, para regulamentação e estímulo a C,T&I. Quanto a disponibilidade de dados, a dificuldade está na não disponibilização de dados específicos, para apoio a C,T&I, sobre desempenho de materiais, componentes disponíveis, *benchmarking* internacional sobre inovações, que possam atender as demandas internas do país.

No que se refere à base legal, o problema está na inexistência de legislação com incentivos concretos para real implantação da industrialização na construção, com regulamentação da base legal (tributos e leis) para estimular a inovação no setor. Além do Marco Legal (Lei n.º 8.666 de 1993), utilizado para compras e contratações no setor público, inibir a utilização de inovações em empreendimentos públicos. Esse fator é percebido também em outros países como a Rússia, por exemplo, onde as dificuldades econômicas e financeiras, bem como a legislação inadequada, são as barreiras mais significativas à inovação (SUPRUN; STEWART, 2015).

Diferentemente do que ocorre no Japão, onde, segundo o estudo realizado por Konno e Itoh (2018), o sistema de licitações do governo impacta positivamente no investimento em P&D das empreiteiras japonesas. A pesquisa realizada pelos autores atribuiu notas para o nível de P&D das empresas, e concluiu que as com baixo nível de P&D ficam limitadas a licitar obras públicas que dispensam propostas técnicas, ficando sujeitas a um ambiente em que a competição foca no preço. Assim, os resultados empíricos da pesquisa demonstraram que os investimentos em P&D aumentam os lucros futuros das empresas.

Nas normas de contrato e licitações para a administração pública brasileira, a Lei n.º 8.666 determina, em seu artigo 12, os requisitos a serem considerados em projetos básicos e executivos de obras. No artigo são citados requisitos importantes

como a segurança, a economia de materiais, a mão de obra local a ser utilizada, o impacto ambiental, mas em nenhum momento é levado em consideração o caráter inovativo nas propostas. A inclusão desse item, e quem sabe até torná-lo prioritário, traria para as obras públicas um caráter inovador, servindo de exemplo para os demais setores da iniciativa privada, principalmente se os empreendimentos públicos demonstrarem que o caráter inovativo gerou benefícios econômicos como, por exemplo, a economia de energia, o conforto térmico, menor tempo de execução, maior vida útil, menor manutenção, entre outros.

Para avaliar porque a inovação é raramente incluída e estimulada em projetos e empreendimentos de engenharia civil, além de investigar o que é necessário para estimular a inovação, sobretudo partindo do processo de licitações de obras públicas, Lenderink *et al.* (2020) realizaram um estudo de caso na Ponte de Boekelo, localizada na Holanda, onde desenvolveram e aplicaram um método para avaliar a implantação do quesito inovativo na licitação e contratação de projetos de construção.

No projeto de licitação estudado, os critérios adotados para a contratação foram: a qualidade arquitetônica, considerando a beleza da ponte; o tempo de execução; o preço, onde foi estipulado um teto máximo de € 8,2 milhões; e a inovação. O item inovação foi inserido da seguinte maneira no processo de licitação: cada proponente poderia inserir três inovações, de processo ou de produto, em sua proposta. Montou-se então uma tabela para analisar e pontuar o grau de inovação e sua aplicabilidade. Por fim, a proposta que obtivesse a pontuação máxima no quesito inovativo receberia uma redução fictícia de € 1 milhão em sua proposta no momento de competir no leilão (LENDERINK *et al.*, 2020).

Outro ponto estratégico para o desenvolvimento de C,T&I na indústria da construção civil está na infraestrutura necessária para o sucesso na implantação dos programas de fomento às linhas de pesquisas do setor.

Não tem como se pensar em infraestrutura para C,T&I sem pensar em laboratórios e recursos financeiros. No entanto, falta infraestrutura laboratorial em universidades e empresas, tanto para Pesquisa e o Desenvolvimento (P&D) quanto para a avaliação de desempenho e controle tecnológico de materiais e edificações. Recursos humanos também se enquadram dentro das limitações da infraestrutura existente, pois há um baixo volume de pesquisadores e técnicos treinados e capacitados para atuarem na academia, uma vez que os valores das bolsas de estudo não atraem os pesquisadores, se comparadas aos valores praticados pelo mercado e

ICTs fora do Brasil (MCTIC; 2016).

A formação, atração e retenção de recursos humanos também foram apontados por Olawumi e Chan (2020), em estudo realizado com 220 entrevistados de 21 países, onde se constatou que há uma necessidade em dar maior prioridade ao desenvolvimento do capital humano, tanto oferecendo treinamento quanto equipamentos e infraestrutura, para atender à tendência atual de inovação na indústria da construção civil.

Já relacionado à aplicação dos recursos públicos, um dos principais atores no setor da política pública voltada ao financiamento na construção civil está o BNDES. Porém, ao analisar sua atuação, encontram-se alguns vícios que prejudicam o processo. Goes e Vilela (2021) realizaram um estudo constatando que o BNDES, responsável pelo apoio financeiro às empresas de serviço e construção de engenharia, é utilizado para o diálogo entre as elites, atuando como facilitador do uso do dinheiro público.

Nos últimos vinte anos, um grupo de empresas lideradas por Camargo Corrêa, Andrade Gutierrez, Odebrecht e Queiroz Galvão, vem se alinhando e aprofundando na política de transferência de recursos públicos para empresas privadas, isso de forma direta, no balcão do BNDES, ou indireta, nos salões de bancos privados. As empresas se aproximam do governo em um sistema de mercado em que o fator determinante é a vontade política (GOES; VILELA, 2021).

Apontado como forte ator no setor de investimentos, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) teve suas atividades suspensas em 2018, interrompendo, assim, um ciclo de investimentos que movimentava um montante de R\$ 200 bilhões por ano (BRASIL, 2018). Segundo o Ministério do Planejamento, atualmente existem 4669 obras do PAC paralisadas. Além do corte desses investimentos, um estudo realizado em 2018 pelo CBIC em parceria com o SEBRAE, intitulado “Impacto Econômico e Social da Paralisação das Obras Públicas”, estima que as obras paralisadas, iniciadas com recursos públicos, geram um custo de 76,7 bilhões para o país. Ou seja, a não conclusão das obras iniciadas desperdiça o dinheiro investido e ainda gera um custo elevado para o país.

Em estudo realizado em 2021, pela CBIC, chegou-se à conclusão que a indústria da construção corresponde a 44,1% de todo investimento executado no país. No entanto, percebe-se que o BNDES, o PAC e todo esse volume de investimentos estão focados puramente na execução de empreendimentos, sejam habitacionais ou

de infraestrutura. Não se pode negar o valor desses investimentos, tanto economicamente quanto socialmente, pois geram empregos, mas não se vê uma preocupação com o desenvolvimento de C,T&I na indústria da construção civil. Ademais, o quesito inovativo não é critério na hora de contratações de serviços e obras, bem como na liberação de recursos e financiamentos.

Assim, percebe-se que existem investimentos e opções de financiamento para empresas que executam obras e empreendimentos, porém muito pouco para empresas e institutos de pesquisa que trabalham com P&D. Huergo, Trenado e Hodierna (2015) investigaram a forma como os empréstimos públicos para projetos de P&D afetam as empresas espanholas. Os autores concluíram que a eficácia dos empréstimos públicos a juros baixos é significativa, principalmente quando voltados para pequenas e médias empresas.

Para uma melhor análise da aplicação das políticas públicas no setor da engenharia responsável pelo projeto e execução das estruturas das edificações, montou-se o diagrama apresentado na Figura 49, em que se pode observar a interligação entre as regulamentações existentes, bem como as atribuições dos agentes envolvidos.

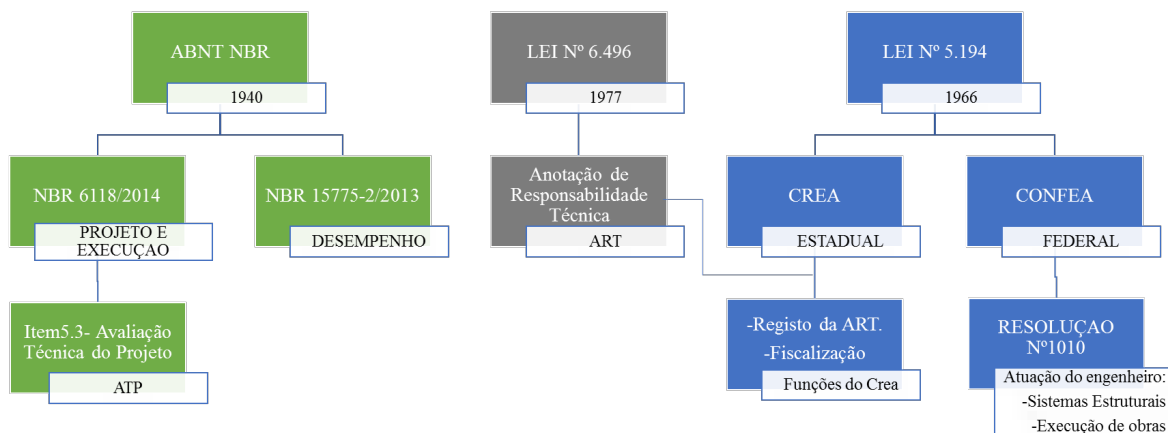


FIGURA 49 – Diagrama de políticas públicas na Engenharia Estrutural  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Em **verde**, na Figura 49, apresentam-se as prescrições normativas da ABNT, onde serão detalhadas e aprofundadas a NBR 6118 e a NBR 15775-2. No Brasil, as edificações construídas utilizando o concreto armado devem seguir as prescrições da ABNT indicadas na NBR 6118, que teve sua última versão lançada em 2014. Essa

norma define tanto os procedimentos quanto os critérios que regem o projeto de estruturas de concreto armado e protendido, trazendo também os requisitos relativos a cada etapa do projeto estrutural (ABNT, 2014).

O item 5.2 da NBR 6118 traz os “Requisitos de Qualidade do Projeto”, onde a solução estrutural adotada deve atender aos requisitos relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura (ABNT, 2014). Esse item tem por finalidade garantir que o projeto estrutural atenderá às prescrições normativas, aumentando, assim, a segurança da edificação. Visto que a estrutura tem a função de sustentar a edificação, a NBR 6118 estabelece, em seu item 5.3, a obrigatoriedade da Avaliação Técnica de Projeto (ATP) a ser realizada por um engenheiro independentemente de quem fez o projeto (ABNT, 2014).

Além das etapas de projeto e execução da obra, precisa-se pensar no usuário final. A obra deve atender às condições mínimas de desempenho. Nesse universo surge, em 2013, a NBR 15575, que ficou conhecida como “Norma de Desempenho”. A Parte 2 traz os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural. “*Avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço para o setor e constitui o caminho para a evolução de todos que compõem a cadeia da construção civil*” (CBIC, 2013, p.10, grifo nosso).

Apesar da ABNT, através das NBRs, se demonstrar muito influente na normatização da indústria brasileira da construção civil, existem alguns pontos que precisam ser ponderados nesse processo. Percebe-se que o processo de revisão das normas é muito lento. Tomando como exemplo as normas anteriormente citadas, a última versão da NBR 6118 foi publicada 2014 e da NBR 15575-2 em 2013. Esse fator prejudica a normatização de novas tecnologias e, conseqüentemente, a sua inserção no mercado. Para isso, basta imaginar que, hipoteticamente, uma tecnologia que foi desenvolvida e ficou pronta para ser utilizada em 2015 já está aguardando sete anos o seu processo de normatização, visto que estamos em 2022.

No auxílio à regulamentação e à fiscalização do exercício dos profissionais que atuam na engenharia estrutural, surge, em 1966, a Lei n.º 5.194, conforme indicado em **Azul** na Figura 49. Essa institui a criação do CONFEA que, por sua vez, publica em 2005 a Resolução n.º 1.010, em que determina os campos de atuação profissional no âmbito da engenharia civil. A mesma lei cria o CREA e, em seu artigo 34, atribui a esse órgão a função de organizar o sistema de fiscalização e de criar inspetorias específicas para maior eficiência na fiscalização.

Conforme apresentado em **Cinza**, na Figura 49, em 1977 surge a Lei n.º 6.496 que auxilia o CREA nesse processo de regulamentação e fiscalização, pois determina que para todo projeto ou obra executada por profissional de engenharia deve ser registrada, junto ao CREA, a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). No seu art. 2º, diz que a ART define, para os efeitos legais, os responsáveis técnicos pelo empreendimento. Assim, a ART se torna uma importante ferramenta para auxiliar o CREA na fiscalização das atividades de engenharia, pois, além de atribuir responsabilidade aos autores, também possibilita um conhecimento e acompanhamento dos novos empreendimentos.

## 7.2 APLICAÇÃO DO MGD<sub>CALC</sub>

Após o desenvolvimento e a utilização do *software*, percebe-se claramente a importância da inclusão dos programas computacionais na verificação e no dimensionamento de estruturas para a indústria da construção. Atualmente, é muito difícil imaginar o dimensionamento da estrutura de uma grande edificação de forma totalmente manual, pois todas as etapas de um projeto estrutural são influenciadas pela velocidade e precisão da informática (KIMURA, 2018).

A implementação de rotinas de cálculo em programas de computador possibilita a realização de cálculos em poucos segundos, o que levaria horas para serem realizados manualmente. Esse fator fica mais notório na seção 6.3, onde é efetivada a validação do *software*; lá é possível observar a quantidade de cálculos necessários para o dimensionamento manual, mas que o *software* realiza com apenas alguns cliques.

Kimura (2018) classificou os sistemas computacionais destinados à elaboração de projetos estruturais em quatro modelos diferentes: 1) *software* de análise; 2) *software* de desenho; 3) *software* de verificação e de dimensionamento de um elemento isolado; e 4) *software* de sistema integrado, modelo esse que realiza o dimensionamento, detalhamento e gera os desenhos de todos os elementos estruturais de um edifício. Percebe-se que o MGD<sub>CALC</sub> se enquadra no tipo de *software* que realiza a verificação e o dimensionamento de um elemento isolado que, no caso, é a verificação e o dimensionamento de lajes lisas protendidas à punção.

Como o dimensionamento à punção em lajes lisas protendidas envolve uma

grande quantidade de variáveis e, dentre elas, estão as armaduras passivas (flexão) e ativas (cordoalhas) detalhadas em projeto, se torna difícil a incorporação de um módulo para o cálculo da punção, de forma eficiente, em um *software* que utilize o modelo de sistema integrado. Isso acaba obrigando os engenheiros estruturais a desenvolverem suas próprias rotinas de cálculo, normalmente utilizando planilhas, para realizar o dimensionamento. Assim, verificou-se a importância do desenvolvimento de um *software*, como o MGD<sub>CALC</sub>, que consiga realizar esse dimensionamento de forma a atender a lacuna existente.

Existem vários fatores que influenciam na adoção de uma inovação. Em se tratando de um *software* e, especificamente, dentro do mercado de projetos estruturais, é fundamental observar o fato de que, além de apresentar funcionalidades que o diferencie dos demais, o *software* deve permitir que o usuário realize dimensionamento de um elemento estrutural de forma segura e confiável, sem gerar consumo desnecessário de materiais.

Assim, na seção 6.3, foram apresentadas as funcionalidades que diferenciam o MGD<sub>CALC</sub> dos demais *softwares* existentes, bem como a exposição de sua validação, com o intuito de fornecer confiança e exclusividade necessárias para a inclusão e consequente contribuição do *software* para o setor da indústria da construção.

A inclusão do MGD<sub>calc</sub> pode proporcionar, conforme demonstrado, melhorias tanto na etapa de projetos quanto na etapa de execução de estruturas que utilizem lajes lisas protendidas.



## 8 IMPACTOS E POTENCIAL DE MERCADO

A principal área influenciada pela mudança proposta neste trabalho é no setor de construção de edifícios de múltiplos pavimentos, onde o modelo estrutural em questão se mostra vantajoso. Os impactos poderão ser vistos na área econômica em que, com um melhor e mais rápido dimensionamento, ocorrerá um menor consumo de materiais; e na segurança, onde haverá um menor risco da ocorrência de ruptura por punção.

O MGD<sub>CALC</sub> foi desenvolvido para auxiliar engenheiros civis no dimensionamento de lajes à punção. O foco principal do *software* são os escritórios de projeto estrutural, porém o fato dele poder ser utilizado em um dispositivo móvel abriu a possibilidade de também ser utilizado em campo quando o engenheiro estrutural visitar a obra.

Segundo dados do Sistema CONFEA/CREA<sup>3</sup>, o Brasil tem atualmente 390 000 Engenheiros Civis com seu registro ativo, sendo assim potenciais usuários do MGD<sub>CALC</sub>.

Uma das principais desenvolvedoras de *software* para estruturas de concreto no Brasil, a TQS, informa em seu site<sup>4</sup> que possui mais de 30.000 instalações no país. A TQS apresenta várias opções de assinaturas mensais que variam de R\$ 160,00 a R\$ 2.020,00.

Considerando o grande número de possíveis usuários, as novidades implementadas pelo *software* e sua inclusão em três fases do processo que influenciam no processo da ocorrência de ruptura por punção em lajes, o MGD<sub>CALC</sub> possui potencial para entrada no mercado.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://relatorio.confea.org.br/Profissional/RegistrosPorGrupo>. Acesso em: 12 dez. 2021.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.tqs.com.br/tqsabout/company>. Acesso em: 12 dez. 2021.

## 9 ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO

1. Matriz de *SWOT* (FOFA).
2. Figura diagrama do Modelo de Negócio CANVAS.
3. Três artigos em avaliação ou já publicado por revista Qualis B3.
4. Texto Dissertativo no formato mínimo do PROFNIT Nacional.
5. Produtos técnico-tecnológico:
  - *Software*/Aplicativo de Propriedade Intelectual, e/ou Transferência de Tecnologia para Inovação Tecnológica.
  - Relatório Técnico Conclusivo.

## 10 CONCLUSÃO

A indústria da construção civil, de fato, demonstra ter sua relevância para economia e o desenvolvimento do Brasil, além de desempenhar uma função social na geração de renda para milhões de trabalhadores.

Pode-se verificar também a existência de uma série de políticas públicas e marcos regulatórios, começando com o Foro Nacional de Normalização, fundado em 28 de setembro de 1940, originando a ABNT iniciando, assim, ao processo de normatização da construção civil brasileira. Vale ressaltar que, apesar da importância e da normatização, o processo de revisão demonstrou-se muito lento, sendo prejudicial à disseminação e utilização de novas tecnologias.

Destacam-se, dentre as políticas públicas relacionadas à engenharia estrutural, a ABNT, com a publicação da NBR 6118, que trata do Projeto e da execução de obras; a NBR 15575-2, que trata do desempenho das estruturas; e as Leis n.º 5.194, que cria o CONFEA e o CREA, e a n.º 6.496, que institui o registro da ART. Essas três medidas, trabalhando em conjunto, estabelecem critérios e parâmetros tanto para o projeto e execução de empreendimentos quanto para a fiscalização e responsabilização dos atores envolvidos no processo.

No quesito financeiro, observou-se a presença maçante de financiamentos, tanto para obras de infraestrutura, no caso do BNDES e PAC, como para obras habitacionais, no caso do Programa Casa Verde e Amarela, mesmo que muitas vezes o dinheiro não seja utilizado da forma idealizada pelos programas. Por outro lado, pouco se encontrou no setor voltado para o incentivo à P&D e à inovação, o que justifica o fator de que, apesar de a construção civil ser um setor antigo, apresenta grande defasagem tecnológica em relação a outros setores.

Assim, é necessária uma política nacional para desenvolvimento da cadeia produtiva na construção civil, focando em produtos inovadores. Para haver segurança para investidores de P&D no setor, é fundamental que haja uma constância no volume de produção de obras habitacionais e de infraestrutura. Os agentes públicos precisam implantar ações inovadoras, servindo de exemplo para os agentes privados. Para isso, são necessárias mudanças no mecanismo de compras e contratações públicas, para que não sejam baseadas unicamente na Lei n.º 8.666, que se preocupa apenas com preço inicial da obra, e sim que passem a privilegiar a inovação, o desempenho e o custo da edificação ao longo da sua vida útil.

Após a discussão sobre as políticas públicas para a indústria da construção civil, bem como a análise da sua aplicabilidade, listando também os elementos dificultadores para o desenvolvimento de C,T&I, percebe-se que o Brasil ainda tem um extenso caminho a percorrer, em que o planejamento deve ser em longo prazo, com investimentos em infraestrutura laboratorial e de RH, sempre promovendo um envolvimento maior entre empresas, academia, governo e cliente como usuário final. Também é necessária a melhor utilização e disponibilização de recursos financeiros, além da atualização mais célere e efetiva dos marcos regulatórios e normas técnicas existentes.

No tocante ao estudo e ao desenvolvimento de tecnologias que auxiliem os atores envolvidos no processo que envolve ocorrência de ruptura por punção em lajes lisas protendidas a realizarem suas atribuições, de forma a mitigar a ocorrência dessa patologia em estruturas que utilizam esse modelo estrutural, percebe-se que o estudo e desenvolvimento referente ao dimensionamento à punção já estão bem consolidados, além de amparados pela legislação vigente, sobretudo pela NBR6118:2014.

No entanto, ao se realizar uma busca de anterioridade no intuito de verificar as tecnologias existentes, perceberam-se algumas lacunas, principalmente a necessidade de uma plataforma de fácil acesso e utilização, que atendesse a legislação nacional e pudesse ser utilizada pelo maior número de atores possível.

Considerando as melhorias apresentadas pela inclusão do MGD<sub>CALC</sub> no processo, que envolve a ocorrência da ruptura por punção em lajes lisas protendidas, observa-se que essa ferramenta tem a capacidade de aumentar a confiabilidade da edificação e, conseqüentemente, trazer mais segurança para os usuários. Isso, aliado às funcionalidades inovadoras demonstradas e ao seu potencial de mercado, confere ao *software* um relevante potencial de registro, preenchendo, assim, uma lacuna existente no mercado.

Analisando a maturidade tecnológica, acredita-se que o produto alcançou um nível de maturidade TRL 06, visto que se desenvolveu uma versão inicial do *software* que está sendo apresentado em um ambiente de relevância. Assim, projetam-se os seguintes cenários para as possíveis formas de Transferência de Tecnologia:

1 – O modelo utilizando a Licença de Uso: é dado prosseguimento ao desenvolvimento da tecnologia, onde será feita a exposição e os testes em um

ambiente operacional, além de realizar o aprimoramento gráfico e visual do *software* para uma melhor apresentação ao usuário. Então, ele pode ser disponibilizado em uma plataforma de comercialização de *softwares* como, por exemplo, a *Play Store*.

Nesse modelo de transferência, o usuário que adquirir a licença do *software* passa a ter o direito de utilizá-lo indefinidamente e realizar as atualizações operacionais. Porém, caso ocorra o desenvolvimento de uma nova, ou na eventual atualização da NBR 6118 que implique em alteração no modelo de cálculo de punção, o cliente passa a não ter direito a uma nova versão do *software*.

2 – O Modelo de Licença de Comercialização: nesse modelo, após o desenvolvimento completo do *software*, pode ser concedido o direito de comercialização a um terceiro, por exemplo, a uma empresa que já atue no ramo de fornecimento de materiais, equipamentos e mão de obra para a execução de lajes pretendidas. A empresa pode fornecer o MGD<sub>CALC</sub> juntamente com seus produtos. Para isso, precisa ser firmado um contrato de licença para comercialização do *software*.

3 – O modelo de Transferência de Tecnologia: esse modelo envolve o caso de uma empresa se interessar não somente pela simples aquisição ou comercialização do *software*. Nele poderão ser discutidas várias formas da transferência dessa tecnologia, onde a empresa pode optar pela aquisição do *software* no nível de maturidade em que ele se encontra e realizar ela mesma a maturação tecnológica, ou optar pelo financiamento da pesquisa até a chegada ao nível TRL 09, para então adquirir o *software*. Lembrando que esse modelo requer um contrato averbado no INPI.

Um exemplo desse modelo seria uma empresa que já atue no ramo de produção de *softwares* para a engenharia estrutural se interessar pela incorporação do MGD<sub>CALC</sub> em seu sistema. Nesse caso, poderá ser discutida uma forma de Transferência de Tecnologia onde sejam estipuladas, além da simples cessão do código-fonte do *software*, formas de transferência do *Know-How*, exclusividade, cessão ou transferência da titularidade e de pagamento dos *Royalties*.

Por fim, vale ressaltar que no dimensionamento e na execução de estruturas de edificações, cabe ao engenheiro realizar todas as suas funções, utilizando seu raciocínio lógico com ética e consciência de suas responsabilidades. Lembrando o que disse Alio Ernesto Kimura, engenheiro civil e sócio-diretor da TQS Informática,

em seu livro “Informática aplicada a estruturas de concreto armado”: “O software não faz Engenharia, não faz projeto. Somente o Engenheiro é capaz disso. Toda a responsabilidade pelo projeto estrutural é do Engenheiro Civil que assina o projeto — e não do software.” (KIMURA, 2018, p. 36).

## 11 PERSPECTIVAS FUTURAS

Ao decorrer da pesquisa, percebeu-se que muito tem sido estudado sobre a utilização do concreto com a adição de fibras, sejam elas metálicas, sintéticas ou vegetais. Dentre as principais vantagens da adição de fibras estão: o aumento da resistência do concreto à tração e à abrasão e a diminuição da massa específica que, conseqüentemente, com o próprio peso da estrutura, reduzem a fissuração e, mesmo quando ocorre a fissuração, as fibras continuam conservando a transmissão de esforços de tração.

Encontraram-se alguns estudos relacionados ao dimensionamento à punção levando em consideração a execução da estrutura com fibras adicionadas ao concreto. Assim, uma perspectiva futura seria o desenvolvimento e a implementação do dimensionamento no MGD<sub>CALC</sub>, considerando o concreto com adição de fibras.

Outra possibilidade seria a implementação de uma interface gráfica no *software*, possibilitando tanto a entrada de dados quanto a geração de arquivos no formato .dwg, utilizados pela maioria dos *softwares* de desenho, entregando, assim, um detalhamento e desenho que o usuário pudesse utilizar diretamente em seu projeto.

## 12 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas**: experiências com programas internacionais, modelagem funcional aplicável ao Brasil e importância da sua aplicação para o País. Brasília: ABDI, 2014. 122 p. ISBN: 978-85-61323-17-2.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **História da normalização brasileira**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575:2013**: edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 6118:2014**: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ANTAC). **Projeto 7**: ciência e tecnologia para a inovação na construção. Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil: elementos para a formulação de uma política para o setor. Porto Alegre: ANTAC, 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO; CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (ANTAC/CBIC). **Estratégias para a formulação de políticas de ciência, tecnologia e inovação para a indústria da construção**. Brasília: ANTAC/CBIC, 2013.
- BAHIA, L. D.; PINHEIRO, B. R. **Evolução dos índices de tecnologia dos complexos têxtil e construção civil no Brasil**. Brasília: IPEA, 2017. Texto para Discussão, n. 2292.
- BALAGUER, C.; ABDERRAHIM, M. **Robotics and Automation in Construction**: trends in Robotics and Automation in Construction. [S. l.]: Intech, 2008. ISBN 978-953-7619-13-8.
- BRANTSCHEN, F. **Influence of bond and anchorage conditions of the shear reinforcement on the punching strength of RC slabs**. 2016. 27 p. Thèse (Doctorat ès Sciences) – Faculté de L'environnement Naturel, Architectural et Construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, França, 2016
- BRASIL. **Lei n.º 4.864, de 29 de novembro de 1965**. Cria medidas de estímulo à indústria de construção civil. Brasília, DF, 1965.
- BRASIL. **Lei n.º 5.194, de 24 de dezembro de 1966**. Regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro-agrônomo, e dá outras providências. Brasília, DF, 1966.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. 292 p.



BRASIL. **Lei n.º 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Lei n.º 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 fev. 1998a.

BRASIL. Lei n.º 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 fev. 1998b.

BRASIL. Decreto n.º 2.556, de 20 de abril de 1998. Regulamenta o registro previsto no art. 3º da lei 9.609, de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no país, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 abr. 1998c.

BRASIL. **PAC 7º Balanço 2015-2018**. Balanço do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)., Ministério do Planejamento. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://pac.gov.br/pub/up/relatorio/37855886e9418dce3f9baf3128444233.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília: CBIC, 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Pós-obra**: geração de renda e emprego na economia. Brasília: CBIC, 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO; SEBRAE. **Impacto econômico e social da paralisação das obras**. Brasília: CBIC; SEBRAE, 2018.

CAUDURO E. L., **Manual para a boa execução de estruturas protendidas usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas**. 2. ed. Osasco-SP: Belgo, 2002.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PIAUÍ (CREA-PI). CREA-PI: **Relatório técnico sobre o desabamento da obra do Shopping Rio Poty**. Teresina: CREA-PI, 2013.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (CREA). **Resolução n.º 1.010, de 22 de agosto de 2005**. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Brasília, DF, 2005.

CTP GROUP. Tropicana Reinforced Concrete Parking Garage Collapse Evaluation. **days** [2003]. 1 fotografia, color. Disponível em:

<http://www.ctlgroup.com/projects/tropicana-reinforced-concrete-parking-garage-collapse-evaluation/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

CYPE Engenheiro S.A. **Detalhes construtivos**. 2022. Disponível em <http://detalhesconstrutivos.br.cype.com/EHL710.html>. Acesso em: 25 jul. 2022.

FERREIRA, M. P. **Punção em lajes lisas de concreto com armaduras de cisalhamento e momentos desbalanceados**. 2010. 299 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

FULFORD, R. G. As implicações da indústria da construção para a riqueza nacional. **Gestão de Engenharia, Construção e Arquitetura**, [on-line] v. 26, n. 5, p. 779-793, 2019. ISSN 0969-9988. DOI 10.1108/ECAM-03-2018-0091.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOES, F. L.; VILELA, R. O. **Uma análise do financiamento indireto do BNDES por meio de agentes financeiros: o caso das empresas de engenharia e de construção no Brasil**. Brasília: IPEA, 2021. Texto para Discussão, n. 2639.

GOOGLE PLAY. 2021. Disponível em: <https://play.google.com/store>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GOOGLE. 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br> . Acesso em: 10 ago. 2021.

HUERGO, E.; TRENADO, M.; UBIERNA, A. The impact of public support on firm propensity to engage in R&D: Spanish experience. **Technological Forecasting and Social Change**, Amsterdam, v. 113, B, p. 206-219, December 2016. ISSN 0040-1625. DOI 10.1016/j.techfore.2015.05.011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO (IBRACON). **Comentários técnicos e exemplos de aplicação da NB-1: procedimento NBR 6118: 2014**. São Paulo: IBRACON, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Página principal. 2021. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2021.

KIMURA, A. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. ISBN 978-85-7975-310-7

KIRSCH, G. J.; XIA, T. T. The Changing Roles of Patent and Copyright Protection for *Software* and Communication Technology in the internet age. *In*: QING, S.; ELOFF, J. H. P. (eds.). **Information Security for Global Information Infrastructures**. IFIP - The International Federation for Information Processing. Boston, MA: Springer, 2000. 47. v.

KONNO, Y.; ITOH, Y. Empirical analysis of R&D in the Japanese construction industry based on the structure conduct performance model. **Cogent Business & Management**, London, v. 5, n. 1, January 2018.

- KOPPITZ, R.; KENEL, A.; KELLER, T. Punching shear of RC flat slabs: review of analytical models for new and strengthening of existing slabs. **Engineering Structures**, [S. l.], v. 52, p. 123-130, 2013.
- LENDERINK, B. *et al.* A method to encourage and assess innovations in public tenders for infrastructure and construction projects. **Construction Innovation**, [S. l.], v. 20, n. 2, 2020. ISSN 1471-4175. DOI 10.1108/CI-05-2019-0044.
- LÓPEZ S.; YEPES V. Impact of R&D&I on the Performance of Spanish Construction Companies. **Advances in Civil Engineering**, [S. l.], v. 20, July 2020. DOI 10.1155/2020/7835231.
- MANKINS, J. C. Technology readiness assessments: a retrospective. **Acta Astronautica**, [S. l.], v. 65, n. 9-10, p. 1216-1223, nov.-dez. 2009.
- MELGES, J. L. P. **Análise experimental da punção em lajes de concreto armado e protendido**. 2001. 233 f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2001.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC). **Estratégia Nacional De Ciência, Tecnologia E Inovação 2016|2022**. Brasília: MCTIC, 2017.
- MELO, G. S. S. A. **Behavior of reinforced concrete flat slabs after local failure**. PhD Thesis, Polytechnic of Central London, London, England, 1990, 214 p.
- OLAWUMI T. O.; CHAN D. W. M. Key drivers for smart and sustainable practices in the built environment. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 1257-1281, 2020. DOI 10.1108/ECAM-06-2019-0305.
- PAIVA, O. S. *et al.* Influência do índice de retangularidade dos pilares e das condições de contorno na resistência à punção de ligações laje-pilar. **Revista IBRACON: Estruturas e Materiais**, São Paulo, SP, v. 8, n. 3, p. 260-295, jun. 2015. ISSN 1983-4195.
- SABINO, V. C. **Um estudo sistemático de licenças de softwares livre**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- SANTOS, R. E. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 338 f. Tese (Doutorado em História da Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24 ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2017.
- SOUZA, R. M. **Punção em lajes lisas de concreto armado com furos adjacentes ao pilar e transferência de momento**. 2008. 442 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SUPRUN, E. V.; STEWART, R. A. Construction innovation diffusion in the Russian Federation. **Construction Innovation**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 278-312, jul. 2015. DOI 10.1108/CI-07-2014-0038.

TQS. Página Inicial. 2021. Disponível em: <https://www.tqs.com.br/tqsabout/company>. Acesso em: 10 ago. 2021.

TRAVAGLINI, G.; BELLOCCHI, A. A quantitative analysis of the European Construction sector: Productivity, investment and Competitiveness. *In*: **Working Paper FDV**, Roma, Itália, n. 1, 2021. ISSN 2724-1882.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

XU, K.; HUANG, K. F.; XU, E. Giving fish or teaching to fish? An empirical study of the effects of government research and development policies. **R&D Management**, Manchester, v. 44, n. 5, p. 484-497, October 2014. DOI 10.1111/radm.12087.

**APÊNDICE A – Matrix FOFA (SWOT)**

**MATRIZ SWOT (FOFA)**

	<b>AJUDA</b>	<b>ATRAPALHA</b>
<b>INTERNA</b> <b>(Organização)</b>	<p><b>FORÇAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plataforma tecnológica desenvolvida.</li> <li>2. Time de fundadores capaz e motivado.</li> <li>3. Experiência profissional na área técnica.</li> <li>4. Atendimento à NBR.</li> </ol>	<p><b>FRAQUEZAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pouco capital disponível para investimento.</li> <li>2. Falta de experiência anterior no ramo de Software.</li> <li>3. Falta de equipes de marketing e vendas.</li> <li>4. Marca não conhecida no mercado.</li> </ol>
<b>EXTERNA</b> <b>(Ambiente)</b>	<p><b>OPORTUNIDADES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ausência de produto similar no mercado.</li> <li>2. Grande número de possíveis usuários.</li> <li>3. Possibilidade de parcerias.</li> <li>4. Existência de plataforma de distribuição ( Play Store)</li> </ol>	<p><b>AMENÇAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Replicação ilegal do software (Pirataria).</li> <li>2. Grandes empresas com potencial de produzirem produtos similares.</li> <li>3. Sede localizada longe de grandes centros.</li> <li>4. Atualização da NBR.</li> </ol>

### APÊNDICE B – Modelo de Negócio CANVAS

<p><b>Parcerias Chave:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empresa para testes, validação e feedback do software.</li> <li>2. Empresas produtoras de cordoalhas.</li> <li>3. Empresas especializadas em protensão de lajes.</li> </ol>	<p><b>Atividades Chave:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desenvolvimento e aprimoramento de Software.</li> <li>2. Produção de Conteúdo.</li> </ol>	<p><b>Propostas de Valor:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gerar melhoria no processo da execução da estrutura de um edifício.</li> <li>2. Redução do risco da ocorrência de erros e patologias na estrutura de um edifício.</li> <li>3. Realizar a verificação e dimensionamento de lajes à punção.</li> <li>4. Otimizar tempo, materiais e recursos humanos.</li> </ol>	<p><b>Relacionamento:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suporte técnico. (Chat, E-mail, Telefone e WhatsApp).</li> <li>2. Avaliação periódica da satisfação.</li> <li>3. Participação em Eventos.</li> </ol>	<p><b>Segmentos de Clientes:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escritórios de Projeto Estrutural.</li> <li>2. Empresas da Construção Civil.</li> <li>3. Engenheiros Autônomos.</li> <li>4. Estudantes.</li> </ol>	<p><b>Estrutura de Custos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Marketing.</li> <li>2. Assessoria jurídica.</li> <li>3. Espaço físico (escritório).</li> <li>4. Recursos humanos.</li> </ol> <p><b>Fontes de Receita:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Licenciamento do Software.</li> <li>2. Suporte Técnico.</li> <li>3. Consultoria.</li> </ol>
--	---	--	--	---	--

**APÊNDICE C – “Manual do Usuário”.**



**MGDCALC**  
Dimensionamento de punção em lajes protendidas



**Manual do Usuário**

**MGDCALC**

**Dimensionamento de punção em lajes protendidas**

## *Sumário*

1.	INTRODUÇÃO .....	108
2.	ACESSO AO SISTEMA .....	109
3.	DADOS DE ENTRADA .....	110
3.1.	Dados da Laje e Carregamentos .....	110
3.2.	Armaduras de Flexão Existentes (passivas).....	111
3.3.	Lajes Protendidas .....	113
3.4.	Furos na Laje.....	114
4.	RESULTADOS.....	115
4.1.	Verificações .....	115
4.2.	Armadura de Punção.....	117
4.3.	Armadura de Colapso Progressivo.....	119
5.	AGRADECIMENTOS E PONDERAÇÕES .....	121

## *Índice de Figuras*

<b>FIGURA 1</b>	– Login no aplicativo. ....	109
<b>FIGURA 2</b>	– Tela inicial. ....	109
<b>FIGURA 3</b>	– Aba “Dados Iniciais”. ....	110
<b>FIGURA 4</b>	– Dimensões e carregamentos. ....	111
<b>FIGURA 5</b>	– Aba “Armadura de Flexão”. ....	112
<b>FIGURA 6</b>	– Posicionamento das armaduras de Flexão existentes. ....	112
<b>FIGURA 7</b>	– Aba “Laje Protendida”. ....	113
<b>FIGURA 8</b>	– Posicionamento das cordoalhas. ....	114
<b>FIGURA 9</b>	– Aba “Furos na Laje”. ....	114
<b>FIGURA 10</b>	– Furos na Laje. ....	115
<b>FIGURA 11</b>	– Aba “Verificação de Punção”. ....	116
<b>FIGURA 12</b>	– Aba “Armadura de Punção”. ....	118
<b>FIGURA 13</b>	– Distribuição das armaduras de punção. ....	119
<b>FIGURA 14</b>	– Aba “Colapso Progressivo”. ....	119
<b>FIGURA 15</b>	– Posicionamento das armaduras de Colapso Progressivo. ....	120



## 1. INTRODUÇÃO

Esse manual tem como objetivo auxiliar na utilização do *software* **MGDCALC**, desenvolvido para ser utilizado em dispositivos móveis que utilizam o sistema Android.

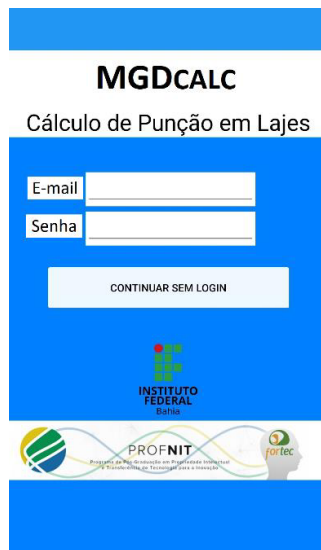
O **MGDCALC** realiza o dimensionamento à punção, em lajes de concreto armado apoiadas diretamente sobre pilares, seguindo as prescrições normativas da NBR-6118-2014. Além de realizar o dimensionamento para lajes em concreto armado, o *software* também realiza o dimensionamento para lajes em concreto armado protendido e traz também um fator diferencial ao considerar, para o dimensionamento, a presença de furos nas lajes em regiões próximas aos pilares. Furos são muito comuns em edifícios devido à circulação vertical das prumadas de instalações hidráulicas (água e esgoto) próximas aos pilares.

Além de prático e funcional, uma vez que pode ser utilizado em qualquer smartphone que utiliza o sistema Android, o **MGDCALC** não se limita a entregar para o usuário apenas a área de aço necessária para resistir aos esforços de punção. O usuário pode ainda escolher entre, utilizar a armadura convencional com barras de aço CA-50 ou se deseja utilizar armaduras tipo “studs” com pinos soldados em chapas de aço. Ao selecionar a opção desejada o software retorna a quantidades de barras e linhas de armadura que devem ser utilizadas, além de informar também a quantidade e o comprimento das armaduras necessárias para combater o colapso progressivo.

## 2. ACESSO AO SISTEMA

Para acessar o sistema, basta abrir o navegador e acessar o endereço na *internet* onde o aplicativo será disponibilizado ou após instalação do aplicativo no celular com sistema operacional Android, realizar e confirmar o cadastro, e então fazer o login no aplicativo conforme a **Figura 1**.

**FIGURA 1** – Login no aplicativo.

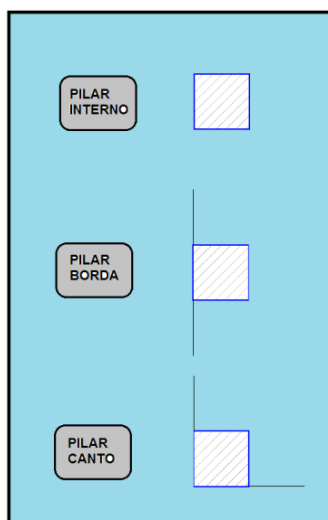


The screenshot shows the login interface for the MGDcalc application. At the top, the text 'MGDCALC' is displayed in a large, bold font, followed by 'Cálculo de Punção em Lajes' in a smaller font. Below this, there are two input fields: 'E-mail' and 'Senha'. A button labeled 'CONTINUAR SEM LOGIN' is positioned below the input fields. At the bottom of the screen, there are logos for 'INSTITUTO FEDERAL Bahia' and 'PROFNIT'.

Fonte: **MGDCALC**

Ao realizar o login no aplicativo é apresentada tela inicial de navegação indicada na **Figura 2** onde o usuário pode escolher o tipo de posicionamento do pilar que deseja calcular: Pilar Interno, Pilar de Borda ou Pilar de Canto.

**FIGURA 2** – Tela inicial.



Fonte: **MGDCALC**

### 3. DADOS DE ENTRADA

A seguir serão apresentados todos os dados de entrada necessários para que o **MGDCALC** realize o dimensionamento. Para evitar o dimensionamento incorreto o *software* só realiza o dimensionamento se todos os dados estiverem preenchidos e de forma correta.

#### 3.1. Dados da Laje e Carregamentos

Na **Figura 3** é possível ver a interface para entrada na aba de “Dados Iniciais” do Software. Nessa seção o usuário indica os dados geométricos da laje e do pilar, as propriedades do aço e concreto a serem utilizados, além dos carregamentos atuantes.

**FIGURA 3** – Aba “Dados Iniciais”.

Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais    Armadura de Flexão

Laje protendida    Furos na laje

20	H [cm]
30	Fck [Mpa]
CA-50	Aço
2	Ct [cm]
12	Sr [cm]
20	X [cm]
60	Y [cm]
40	Fkz [tf]
5	Mkx [tf.m]
6	Mky [tf.m]

Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 3**, de forma a facilitar o entendimento da entrada de dados.

**H** = Espessura da laje.

**$f_{ck}$**  = Resistência característica a compressão do concreto.

**AÇO** = tipo do aço a ser utilizado na armadura de punção: CA-50 para estribos dobrados e CA-25 para Studs.

**Ct** = Cobrimento da armadura.

**sr** = Espaçamento entre linhas de armadura de Punção.

**X** = Dimensão do Pilar na direção x.

**Y** = Dimensão do Pilar na direção y.

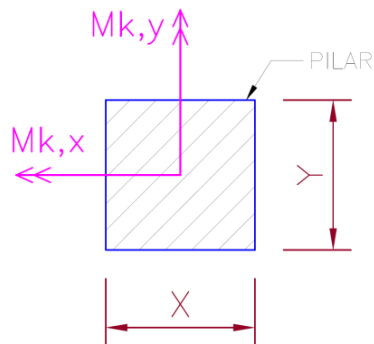
**$F_{k,z}$**  = Força vertical característica. (*Obs.: Entrar sempre com valor positivo*).

**$M_{k,x}$**  = Momento característico na direção X. (*Obs.: Entrar sempre com valor positivo*).

**$M_{k,y}$**  = Momento característico na direção Y. (*Obs.: Entrar sempre com valor positivo*).

A **Figura 4** apresenta uma planta com a seção transversal do pilar, onde se pode ver as dimensões X e Y do pilar, bem como a representação vetorial dos momentos atuantes, facilitar o entendimento da entrada de dados.

**FIGURA 4** – Dimensões e carregamentos.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

### 3.2. Armaduras de Flexão Existentes (passivas)

Na **Figura 5** pode-se ver a interface para indicação das armaduras de flexão existentes. Observe que é possível entrar diretamente com as bitolas e espaçamento entre barras. O **MGDCALC**

calcula automaticamente a taxa de armadura e utiliza o diâmetro das armaduras no cálculo da altura útil da laje. Facilitando assim a entrada de dados do usuário

**FIGURA 5** – Aba “Armadura de Flexão”.

Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 5**, de forma a facilitar o entendimento da indicação das armaduras de flexão existentes.

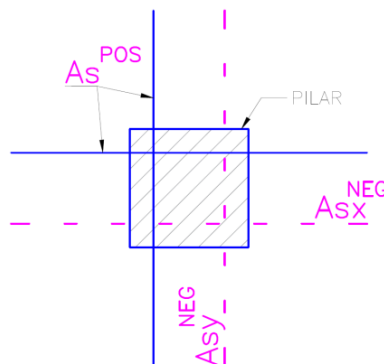
$A_s^{POS}$  = Armadura POSITIVA da laje.

$A_{sx}^{NEG}$  = Armadura NEGATIVA da laje na direção X.

$A_{sy}^{NEG}$  = Armadura NEGATIVA da laje na direção Y.

A **Figura 6** apresenta uma planta com a seção transversal do pilar, onde se pode ver as armaduras flexão, positivas e negativas, existentes.

**FIGURA 6** – Posicionamento das armaduras de Flexão existentes.

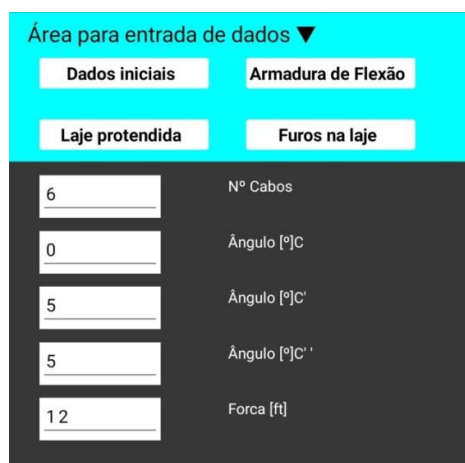


Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3. Lajes Protendidas

Na **Figura 7** é possível ver a interface para indicação dos dados das cordoalhas (armaduras ativas), para o caso de as lajes serem protendidas. Caso a laje em questão não seja protendida, deve-se adicionar zero aos valores que o **MGDCALC** vai realizar o dimensionamento sem a consideração da protensão.

*FIGURA 7 – Aba “Laje Protendida”.*



Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais    Armadura de Flexão

Laje protendida    Furos na laje

6	Nº Cabos
0	Ângulo [°]C
5	Ângulo [°]C'
5	Ângulo [°]C''
12	Força [ft]

Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 7**, de forma a facilitar o entendimento da indicação dos dados das cordoalhas, para o caso de as lajes serem protendidas.

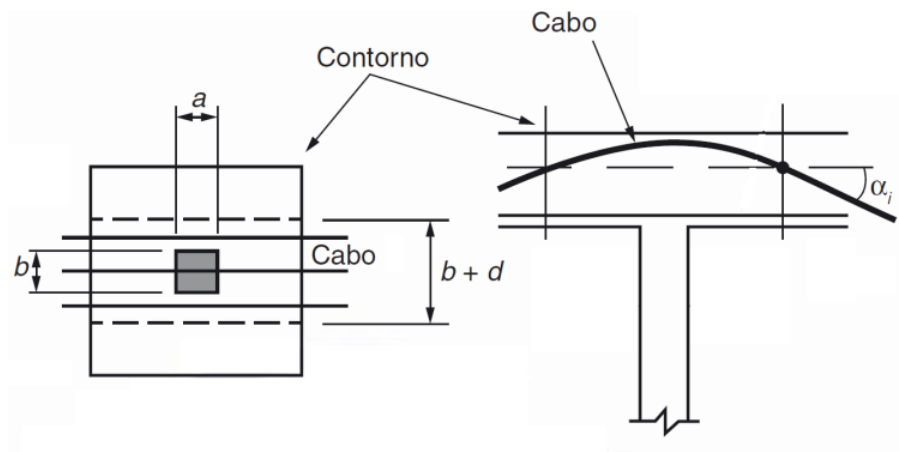
**Nº Cabos** = Número total de cordoalhas que passam dentro do pilar e até uma distância  $0,5.d$  da face do pilar, onde  $d$  é a altura útil da laje. (*OBS: considerar a somas dos cabos na direção X e Y*).

**Ângulo** = Ângulo  $\alpha$  de inclinação do cabo em relação ao plano da laje no contorno considerado.

**Força** = Força de calculo aplicada na protensão de cada cabo (*OBS: já desconsiderando as perdas de protensão*).

A **Figura 8** apresenta um esquema, com planta e corte, para facilitar o entendimento das cordoalhas e ângulos a serem considerados.

**FIGURA 8** – Posicionamento das cordoalhas.



Fonte: NBR 6118:2014 - Adaptada pelo autor

### 3.4. Furos na Laje

Na **Figura 09** é possível ver a interface para indicação dos furos e aberturas existentes na laje, em regiões localizadas próximas aos pilares. Eventuais furos existentes causam redução nos perímetros críticos e devem ser considerados no dimensionamento. Caso a laje em questão não apresente furos ou aberturas próximas ao pilar deve-se adicionar zero aos valores que o **MGDCALC** vai realizar o dimensionamento sem a redução nos perímetros críticos.

**FIGURA 9** – Aba “Furos na Laje”.

Área para entrada de dados ▼

Dados iniciais	Armadura de Flexão
Laje protendida	Furos na laje
<input type="text" value="0"/>	Red u [cm]
<input type="text" value="0"/>	Red u' [cm]
<input type="text" value="0"/>	Red u'' [cm]

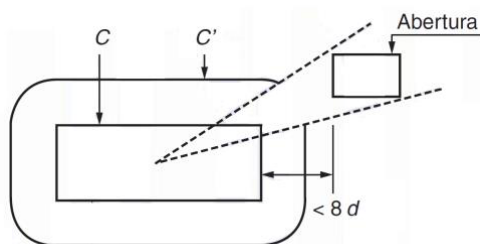
Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 10**, de forma a facilitar o entendimento da indicação dos furos existentes na Laje.

**red u** = redução no perímetro crítico, causada pelo furo ou abertura no contorno C.  
**red u'** = redução no perímetro crítico, causada pelo furo ou abertura no contorno C'.  
**red u''** = redução no perímetro crítico, causada pelo furo ou abertura no contorno C''.

A **Figura 10** apresenta uma planta com a seção transversal do pilar e um furo na laje, para facilitar o entendimento do perímetro crítico reduzido. Lembrando que, se o furo estiver a um afastamento maior que  $8d$  da face do pilar, o mesmo pode ser desconsiderado.

**FIGURA 10** – Furos na Laje.



Fonte: NBR 6118:2014 - Adaptada pelo autor

## 4. RESULTADOS

Os resultados entregues pelo **MGDCALC** para o usuário se dividem em dois grupos. Verificação: onde são apresentadas as tensões solicitantes e resistentes em cada uma das superfícies críticas consideradas. Armaduras: onde são apresentadas as armaduras, de punção e colapso progressivo, necessárias para combater os esforços solicitantes

### 4.1. Verificações

A **Figura 11** apresenta a primeira etapa como as verificações realizadas pelo *software*. Basta clicar em “CALCULAR” e o **MGDCALC** verifica e compara as tensões atuantes e resistentes, nas Regiões C, C' e C'', bem como o espaçamento máximo permitido entre as linhas de armadura.



**FIGURA 11** – Aba “Verificação de Punção”.

Verificação de punção	
CALCULAR	
Região C	
<u>205,88</u>	Tsd [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>509,14</u>	TRd2 [tf/m <sup>2</sup> ] 
Região C'	
<u>118,70</u>	Tsd' [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>66,5</u>	TRd2' [tf/m <sup>2</sup> ] <b>NECESSARIO ARMAR</b>
<u>12,75</u>	SR Máx [cm] 
Região C''	
<u>59,16</u>	Tsd'' [tf/m <sup>2</sup> ]
<u>66,5</u>	TRd2'' [tf/m <sup>2</sup> ] 

Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 11**, de forma a facilitar o entendimento das tensões calculadas pelo *software*.

**T<sub>Sd</sub>** = Tensão solicitante de calculo, atuando na Região C.  
**T<sub>Rd2</sub>** = Tensão resistente de calculo, atuando na Região C.  
**T<sub>Sd'</sub>** = Tensão solicitante de calculo, atuando na Região C'.  
**T<sub>Rd1'</sub>** = Tensão resistente de calculo, atuando na Região C'.  
**T<sub>Sd''</sub>** = Tensão solicitante de calculo, atuando na Região C''.  
**T<sub>Rd1''</sub>** = Tensão resistente de calculo, atuando na Região C''.  
**sr<sub>máx</sub>** = Espaçamento máximo entre linhas de armadura de Punção.

**Região C**

-Caso o *software* acuse uma não conformidade nesta região, significa que  $T_{sa}$  está maior que  $T_{Rd2}$ . Se isso ocorrer o usuário deve retornar aos dados de entrada e rever as dimensões da laje e pilar, ou os carregamentos atuantes. Pois não é possível adicionar armadura para resistir às tensões cisalhantes nessa região

### Região C'

- Caso o *software* aponte conformidade nesta região, significa que  $T_{sa'}$  está menor que  $T_{Rd1'}$ . Ou seja, sua laje resiste aos esforços de cisalhamento. No entanto, mesmo resistindo os esforços sem a necessidade de adição de armaduras, o software dimensiona e detalha a Área de aço mínima obrigatória, conforme o item 19.5.3.5 da NBR:6118/2014.

-Caso o *software* acuse uma não conformidade nesta região, significa que  $T_{sa'}$  está maior que  $T_{Rd1'}$ . Ou seja, é necessário adicionar armadura de punção para resistir aos esforços de cisalhamento. O *software* dimensiona e detalha a armadura necessária, além de comparar com a aço mínima obrigatória, conforme o item 19.5.3.5 da NBR:6118/2014. Utilizando assim o maior dos valores comparados.

- Caso o *software* acuse uma não conformidade em  $sr_{máx}$ , significa que o espaçamento adotado em  $sr$  (nos dados de entrada) está maior que o máximo permitido. Assim, é necessário retornar aos dados de entrada e adotar um espaçamento  $sr$  menor que  $sr_{máx}$ .

### Região C''

-Aqui o *software* apresenta, para conferência do usuário, as tensões, solicitante e resistente, na região localizada após as linhas de armaduras calculadas.

## **4.2. Armadura de Punção**

A **Figura 12** apresenta o resulta da área de aço calculada pelo *software* para combater a punção. Clicando em “CALCULAR ARMADURA” o **PCALC** calcula a área de aço necessária, o número de linhas de armadura necessárias e o afastamento entre linhas. Depois basta selecionar o diâmetro da armadura desejada  $\emptyset_{adot}$  e o *software* indica a quantidade mínima de ramos. Lembrando que esse dimensionamento é realizado e apresentado conforme o aço indicado na aba “dados iniciais”, podendo ser CA-50 (vergalhões) ou CA-25 (Studs).

**FIGURA 12** – Aba “Armadura de Punção”.

PUNÇÃO COM BARRAS CA-50	
CALCULAR ARMADURA	
6,59	A <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> ]
6	1º Espaçamento
12	Demais espaçamento
3	Nº MÍN LINHAS
8	Ø Adot [mm]
14	Nº MÍN RAMOS

Fonte: **PGALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 12**, de forma a facilitar o entendimento das armaduras de punção calculadas pelo *software*.

**A<sub>sw</sub>** = Área de aço por linha de armadura de Punção.

**1º Espaçamento** = Espaçamento entre a primeira linha de armadura de punção e o pilar.

**Demais Espaçamentos** = Espaçamentos entre as demais linhas de armadura de punção.

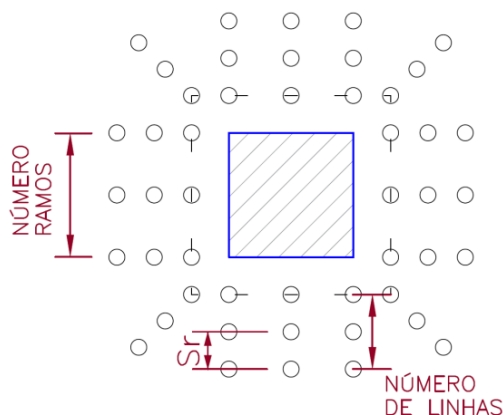
**Ø<sub>adot</sub>** = Diâmetro da armadura adotada.

**Nº MÍN LINHAS** = Número mínimo de linhas de armaduras a ser detalhado.

**Nº MÍN RAMOS** = Número mínimo de barras com **Ø<sub>adot</sub>** a ser detalhado em cada linha de armadura.

A **Figura 13** apresenta uma planta com a seção transversal do pilar e o posicionamento das armaduras de punção. Na figura é possível verificar o número de ramos, linhas e espaçamento entre linhas calculadas pelo software.

**FIGURA 13** – Distribuição das armaduras de punção.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3. Armadura de Colapso Progressivo

A **Figura 14** apresenta o resultado da área de aço calculada pelo *software* para evitar o colapso progressivo. Clicando em “CALCULAR” o **MGDCALC** calcula a área de aço necessária. Depois basta selecionar o diâmetro da armadura desejada  $\phi_{adot}$  e o *software* indica o diâmetro máximo da armadura que pode ser utilizada, o número de comprimento das barras nas direções X e Y.

**FIGURA 14** – Aba “Colapso Progressivo”.

**COLAPSO PROGRESSIVO**

CALCULAR

**As [cm²] 14,56**

<input style="width: 80%;" type="text" value="16"/>	Ø Adot [mm]
<input style="width: 80%;" type="text" value="25"/>	Ø Max [mm]
<input style="width: 80%;" type="text" value="3"/>	Nbx
<input style="width: 80%;" type="text" value="286"/>	Lx [cm]
<input style="width: 80%;" type="text" value="2"/>	Nby
<input style="width: 80%;" type="text" value="326"/>	Ly [cm]

Fonte: **MGDCALC**

O quadro abaixo explica detalhadamente cada item apresentado na **Figura 14**, de forma a facilitar o entendimento das armaduras contra o colapso progressivo calculada pelo *software*.

$A_s$  = Área de aço total necessária.

$\varnothing_{adot}$  = Diâmetro da armadura adotada.

$\varnothing_{max}$  = Diâmetro máximo permitido para a armadura.

$N_{bx}$  = Número de barras na direção X.

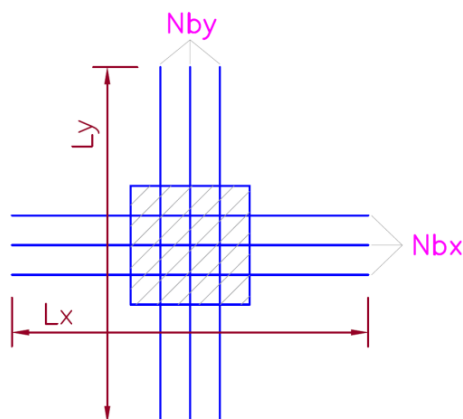
$L_x$  = Comprimento das barras na direção X.

$N_{by}$  = Número de barras na direção Y.

$L_y$  = Comprimento das barras na direção Y.

A **Figura 15** apresenta uma planta com a seção transversal do pilar e o posicionamento das armaduras de colapso progressivo. Na figura é possível verificar o número e o comprimento das barras calculadas pelo *software*.

**FIGURA 15** – Posicionamento das armaduras de Colapso Progressivo.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

## 5. AGRADECIMENTOS E PONDERAÇÕES

A Equipe responsável pelo **MGDCALC** agradece a confiança e espera que o software possa proporcionar um melhor desempenho de sua atividade profissional, tornando o dimensionamento de lajes a punção mais prático e seguro.

Por fim, vale ressaltar que, cabe ao engenheiro executar todas as suas funções utilizando seu raciocínio lógico com ética e ciente de suas responsabilidades. Lembrando o que disse Alio Ernesto Kimura, engenheiro civil e sócio-diretor da TQS Informática, em seu livro “Informática aplicada a estruturas de concreto armado”

*“O software não faz Engenharia, não faz projeto. Somente o Engenheiro é capaz disso. Toda a responsabilidade pelo projeto estrutural é do Engenheiro Civil que assina o projeto — e não do software.” (KIMURA, 2018)*

# Utilização de Inteligência Artificial para Análise e Dimensionamento de Estruturas em Concreto Armado: uma prospecção tecnológica

*Use of Artificial Intelligence for Analysis and Dimensioning of Structures in Armed Concrete: a technological prospection*

Marcos Gottschalg Discher<sup>1</sup>

Givanildo de Jesus Santos<sup>1</sup>

Eduardo Oliveira Teles<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador, BA, Brasil

## Resumo

A Inteligência Artificial (IA) é uma tecnologia que faz uso de máquinas que aprendem com a experiência e possuem a capacidade de executar tarefas complexas como o dimensionamento de estruturas de concreto armado. O aumento na complexibilidade das estruturas utilizadas nas construções traz a necessidade de desenvolvimento e de implantação de novas tecnologias na construção civil. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma prospecção científica e tecnológica sobre a utilização de IA na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado. Este trabalho apresenta uma abordagem quali-quantitativa, de natureza exploratória, por meio de pesquisas científicas nas bases da Capes e Web of Science, e patentárias nas bases do INPI e do Orbit. Apesar de o uso de TICs na construção civil ser tímido, a prospecção apontou um crescimento relevante da utilização da IA na construção civil no mundo, no entanto, no Brasil, a utilização dessa tecnologia ainda é muito incipiente.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Engenharia Estrutural. Concreto Armado.

## Abstract

Artificial Intelligence (AI) is a technology that makes use of machines that learn from experience and have the ability to perform complex tasks such as the design of reinforced concrete structures. The increase in the complexity of structures used in constructions brings the need for the development and implementation of new technologies in civil construction. Thus, the objective of this work was to carry out a scientific and technological prospection on the use of AI in the analysis and design of reinforced concrete structures. This work presents a qualitative-quantitative approach, of an exploratory nature, through scientific research in the bases of Capes and Web of Science, and patents in the bases of INPI and Orbit. Although the use of ICTs in civil construction is timid, the prospection pointed to a relevant growth in the use of AI in civil construction in the world, however, in Brazil the use of technology is still very incipient.

Keywords: Artificial Intelligence. Structural Engineering. Reinforced Concrete.

Área Tecnológica: Propriedade Intelectual. Inteligência Artificial. Engenharia Civil-Estruturas.



# 1 Introdução

Segundo Freitas (2019), o concreto armado foi o sistema construtivo mais utilizado no século XX. Ele é responsável pela parte estrutural das construções e é composto basicamente de dois elementos: o concreto, que trabalha essencialmente a compressão, e o aço, incumbido de resistir aos esforços de tração.

Apesar da larga utilização do concreto armado e de a indústria da construção ser uma das mais antigas, ainda existe uma grande defasagem tecnológica em relação a outros setores, assim como uma lenta utilização de novas tecnologias (BALAGUER; ABDERRAHIM, 2007). Porém, a Engenharia Civil, mais especificamente a análise e o dimensionamento de estruturas em concreto armado, está repleta de problemas que desafiam os especialistas, e não são encontradas soluções utilizando as técnicas de computação tradicional. Em meio a isso, surge a Inteligência Artificial (IA), tendo como alvo esses problemas, chegando ao nível mais alto da capacidade humana (SALEHI; BURGUEÑO, 2018).

De acordo com Santos *et al.* (2020), a Inteligência Artificial (IA) é uma ferramenta poderosa que pode ser usada para resolver problemas em diversas áreas. A IA é uma área do conhecimento ligada à linguagem, à inteligência, ao raciocínio lógico e à aprendizagem para resolução de problemas, de acordo com Kaufman (2019). Também engloba diversas áreas do conhecimento, como a Computação, a Matemática, a Neurociência, a Linguística, a Filosofia, a Cibernética, entre outras. Segundo Salehi e Burgueño (2018), a IA é um método computacional que tem a capacidade de simular a cognição e a inteligência humana por meio da manipulação de símbolos e de bases de conhecimentos para resolver problemas convencionais. A IA possibilita o desenvolvimento de *softwares* e de máquinas com inteligência semelhante à humana por meio do uso de algoritmos, podendo ser aplicada na resolução de problemas complexos, como os que são encontrados na construção civil, mas que não podem ser resolvidos usando técnicas computacionais tradicionais.

Na Engenharia Civil, a IA pode ser utilizada como recurso tecnológico com o objetivo de otimizar a gestão de recursos, dar apoio ao processo de tomada de decisões, tornando-o mais rápido e eficiente, diminuir as taxas de erros, otimizar processos repetitivos, podendo se estender para segurança do trabalho e desenvolvimento sustentável (TEXEIRA; TEXEIRA; ROCHA, 2020). Além disso, o uso de tecnologia como a IA pode ajudar a resolver problemas complexos como os que são encontrados na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado.

De acordo com Salehi e Burgueño (2018), o uso da IA pode resultar em economia significativa de tempo e de custo e, ainda, aumentar a eficiência computacional em tarefas ligadas à análise e ao dimensionamento de estrutura. No entanto, existem algumas barreiras com relação ao uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) dentro da construção, por exemplo, a dificuldade de os profissionais da construção civil usarem ferramentas computacionais, segurança dos dados, e a desconfiança com relação ao uso da IA para trabalhar com dimensionamento de estrutura, tendo em vista que uma falha no processo pode colocar em risco a vida de muitas pessoas.

O campo da IA tem recebido maior atenção do setor da engenharia estrutural em especial em situações em que a formulação teórica tradicional não foi deduzida. Assim, são utilizadas formulações empíricas, oriundas de resultados experimentais, que apresentam pequenas falhas



e limitações, cujos modelos de IA se tornam uma alternativa ao capturar relações complexas, difíceis de serem percebidas utilizando métodos tradicionais (ZHANG *et al.*, 2020).

Nos dias atuais, a Análise Estrutural pode ser vista como uma simulação computacional do comportamento das estruturas. A inclusão de novas tecnologias é inevitável, já que mesmo para estruturas mais simples, é impensável executar tarefas de Análise Estrutural sem a utilização de soluções computacionais (MARTHA, 2017).

Com o desenvolvimento da tecnologia e o aumento da complexibilidade das estruturas utilizadas nas construções, seja por motivos estéticos ou de dimensões (como a altura dos edifícios e os vãos das pontes), a utilização de *softwares* para a análise e o dimensionamento das estruturas já é uma realidade nos escritórios de projetos. Segundo Kimura (2018), atualmente todas as etapas de um projeto estrutural, desde o levantamento dos dados até a impressão dos desenhos, são influenciadas pela rapidez e precisão da informática. Um edifício é dimensionado e todos seus dados são guardados em uma mídia digital. “Hoje em dia, fica muito difícil imaginar o cálculo de uma grande estrutura de uma forma 100% manual!” (KIMURA, 2018, p. 18).

Porém, esse ainda é um trabalho que demanda muito esforço e horas trabalhadas do engenheiro projetista, que é a mão de obra mais especializada e custosa da empresa, além de ser suscetível a erros, fato inerente ao ser humano. Em face disso, surge a possibilidade da utilização da IA, tanto na análise e no dimensionamento da estrutura quanto na verificação e no alerta a possíveis erros existentes. Lembrando sempre o que disse Alio Ernesto Kimura, sócio diretor da TQS – informática, desenvolvedora de um dos principais *softwares* de análise e dimensionamento estrutural do país: “O *software* não substitui e jamais substituirá o papel do engenheiro.” (KIMURA, 2018, p. 36).

Um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018) sobre investimentos em Indústria 4.0 mostrou que quase metade (48%) das grandes empresas industriais pretende investir em tecnologias digitais. Contudo, o percentual cai para 17% quando se filtra o resultado para empresas que pretendem investir em tecnologias que envolvam sistemas inteligentes de gestão, comunicação M2M (máquina-máquina), gêmeo digital (*Digital Twin*) e IA.

Tendo em vista a necessidade de usar soluções inteligentes em diversas áreas do conhecimento, este trabalho se justifica devido ao contínuo debate sobre o uso da Inteligência Artificial. Desse modo, o objetivo principal deste trabalho é realizar uma prospecção científica e tecnológica sobre a utilização da IA na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado no Brasil. Ressaltando que o tema é relativamente recente, as informações encontram-se dispersas e com pouquíssimos resultados na língua portuguesa, dificultando, assim, a busca e a análise dos resultados recuperados.

O artigo está estruturado em cinco partes. Inicia-se pela Introdução, que contextualiza o que é IA e sua importância para a análise e o dimensionamento de estruturas em concreto armado, além de definir o objetivo e o problema. Em seguida, a Metodologia que trata das etapas da pesquisa. Posteriormente, os Resultados e Discussão são apresentados com todas as

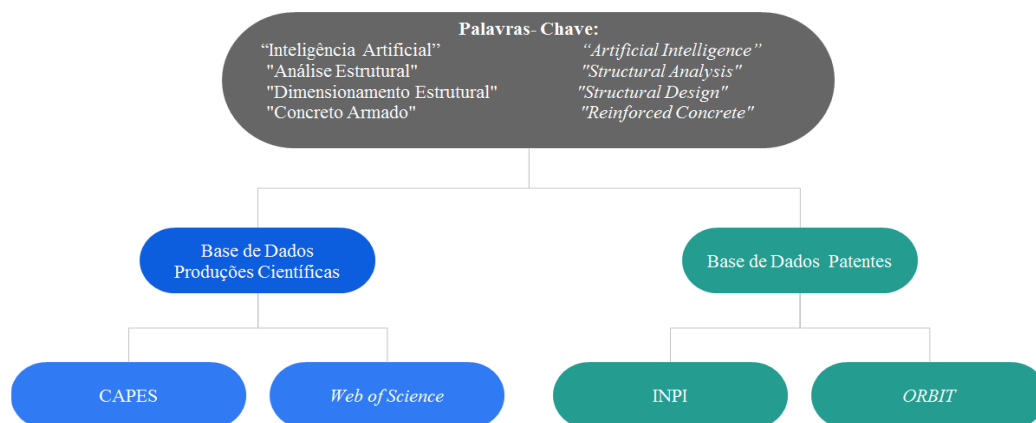
informações encontradas, bem como o tratamento realizado com os dados. Posteriormente, a Conclusão na qual são feitos apontamentos sobre a IA e o dimensionamento de estruturas em concreto armado. Por fim, as Perspectivas Futuras em que são apresentadas possibilidades de estudos futuros e seu potencial de desenvolvimento.

## 2 Metodologia

Esta prospecção tecnológica foi realizada por meio de buscas em base de patentes e em bases científicas, em nível nacional e internacional, para realizar um levantamento sobre o uso da IA na construção civil, em especial, na área de análise e dimensionamento de estruturas. Nas bases de patentes, a pesquisa procurou identificar todos os pedidos de patentes realizados no intervalo de tempo entre os anos 2000 a 2020. Em nível nacional, as buscas de pedidos de patentes foram realizadas na base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), e as buscas internacionais foram feitas no sistema Questel Orbit, uma ferramenta de busca e de análise de patentes que abrange mais de 96 países.

As buscas por produções científicas sobre a temática foram realizadas no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Web of Science. Durante as buscas nas duas bases, foi adicionado um filtro temporal para limitar os resultados dentro do intervalo de tempo de 20 anos. O objetivo da limitação temporal é identificar de forma potencializada o Estado da Arte nesse período, buscando todas as publicações contidas nas bases científicas supracitadas. Com essa delimitação temporal, foi possível verificar o desenvolvimento e o uso da TIC, em especial da IA, na construção civil com enfoque em verificar o uso desta na análise e no dimensionamento de estruturas de concreto armado.

Nos processos de buscas, foram utilizados termos (palavras-chave) nas línguas portuguesa e inglesa relacionados à IA e à análise e ao dimensionamento de estruturas e de concreto armado. Os termos foram pesquisados nas línguas citadas nas bases de patentes e científicas de forma isolada ou combinada por meio do uso de operadores booleanos AND ou OR, ou dos dois juntos. A Figura 1 representa a metodologia de busca utilizada pelos pesquisadores. Foram usadas todas as oito palavras-chave presentes na Figura 1 em duas bases de dados de Patentes (INPI e Orbit) e em duas bases de dados de produções científicas (CAPES e Web of Science). Para as buscas na base de patentes, o levantamento foi realizado considerando os pedidos de patentes no intervalo de 20 anos, pesquisando os termos no título, na descrição e no resumo do pedido. Já as buscas nas bases científicas foram realizadas com enfoque em identificar os termos no título e no resumo das publicações. Ao realizar as buscas sobre IA no INPI, os resultados poderiam estar registrados em duas bases de dados diferentes: programa de computador e patentes, por esse motivo, optou-se por não se fazer a busca utilizando códigos de classificação patentária, uma vez que só é permitida a busca por palavra-chave na base de programa de computador do INPI.

**Figura 1** – Metodologia para busca das oito palavras-chave

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Esta prospecção adotou uma metodologia qualitativa e quantitativa com caráter exploratório. Foi realizada uma análise bibliométrica e patentária para avaliar os artigos científicos revisados por pares e os pedidos de patentes publicados nas bases científicas da CAPES e Web Science, e de patentes no INPI e Orbit, respectivamente, com o objetivo de verificar o desenvolvimento e o uso da IA no projeto estrutural, com foco em sua aplicação na análise e no dimensionamento de estruturas de concreto armado. Por fim, após a coleta de dados, foi realizado um estudo comparativo entre os resultados das publicações científicas e as patentes relacionadas às tecnologias que implementam a IA aplicáveis à análise e ao dimensionamento de estruturas em concreto armado. Os dados resultantes do processo de busca foram processados e representados em forma de tabelas e gráficos que constam na próxima seção.

### 3 Resultados e Discussão

Realizada a pesquisa, foi possível montar a Tabela 1 na qual se observam os resultados encontrados nas bases de buscas de artigos científicos da CAPES e Web of Science e de patentes do INPI e do Orbit apresentados, separados por palavras-chave pesquisadas.

**Tabela 1** – Quantidade de palavras-chave encontradas nas buscas de patentes e artigos científicos com os respectivos resultados – 2020

Palavras-chave	ARTIGOS CIENTÍFICOS		PATENTES	
	CAPES	Web of Science	INPI	Orbit
"Inteligência Artificial"	569	2	453	768
"Artificial intelligence"	33 162	25 455	7	181 217
"Análise Estrutural"	144	1	4	422
"Structural Analysis"	29 121	39 278	2	42 758
"Dimensionamento Estrutural"	6	0	2	22
"Structural Design"	12 086	8 724	0	667 435
"Concreto Armado"	91	0	9	827

	ARTIGOS CIENTÍFICOS		PATENTES	
"Reinforced Concrete"	16 143	30 553	0	190 206
"Inteligência Artificial" AND ("Análise Estrutural" OR "Dimensionamento Estrutural") AND "Concreto Armado"	0	0	0	1
"Artificial Intelligence" AND "Structural Analysis"	26	16	0	584
"Artificial Intelligence" AND "Structural Design"	13	18	0	2 550
"Artificial Intelligence" AND "Reinforced Concrete"	9	39	0	173

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo a partir dos dados das bases: CAPES, Web of Science, INPI, Orbit (2020)

Pode-se observar um equilíbrio entre os resultados encontrados nas bases de artigos científicos, pois ora a CAPES, ora a Web of Science apresentavam mais resultados. O maior resultado encontrado para as buscas, dentro da área da engenharia com a temática “Verificação e Dimensionamento de Estruturas em Concreto Armado”, foi de 39. 278 para a palavra-chave “*Structural Analysis*” na base da Web of Science (Tabela 1). Já dentro da área da informática “Inteligência Artificial”, o maior resultado foi de 33.162 para a palavra-chave “*Artificial intelligence*” na base da CAPES (Tabela 1). A CAPES apresentou mais resultados para os termos em português que a Web Of Science. Porém, para ambas, os resultados são muito menores que os apresentados para os mesmos termos em inglês. Ao se utilizar os operadores booleanos para junção das palavras-chave, o resultado foi ‘zero’ para os termos em português em ambas as bases, e para os termos em inglês: “*Artificial Intelligence*” AND “*Structural Analysis*”, “*Artificial Intelligence*” AND “*Structural Design*”, “*Artificial Intelligence*” AND “*Reinforced Concrete*”, obteve-se 48 artigos para a CAPES e 75 para a Web of Science (Tabela 1).

Com relação às bases de patentes INPI e Orbit, não houve o mesmo equilíbrio nos resultados como aconteceu nas buscas realizadas nas bases de artigos científicos. Analisando os resultados obtidos e expostos na Tabela 1, verifica-se que a quantidade de resultados do Orbit foi bem maior, principalmente quando utilizados os termos de busca sem o uso de operadores booleanos AND ou OR. Quanto à busca pelo termo ‘Inteligência Artificial’, observa-se que, na base do INPI, houve um retorno de 453 resultados, enquanto no Orbit foram retornados 768 (Tabela 1), sendo esse o termo de busca em que os resultados, entre as duas bases, foram mais próximos. Vale destacar que, nas pesquisas no INPI, os termos foram buscados nas bases de patentes e *software*, tendo em vista que não é possível procurar em uma base que concentre patentes e registros de programas de computador. Na base de programas de computador do INPI, a busca foi realizada utilizando o seletor que continha a opção de busca “qualquer uma das palavras”, no campo título do programa de computador, para obter um número maior de resultados, que após a busca foram analisados e separados apenas aqueles que estivessem ligados ao uso da IA na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado.

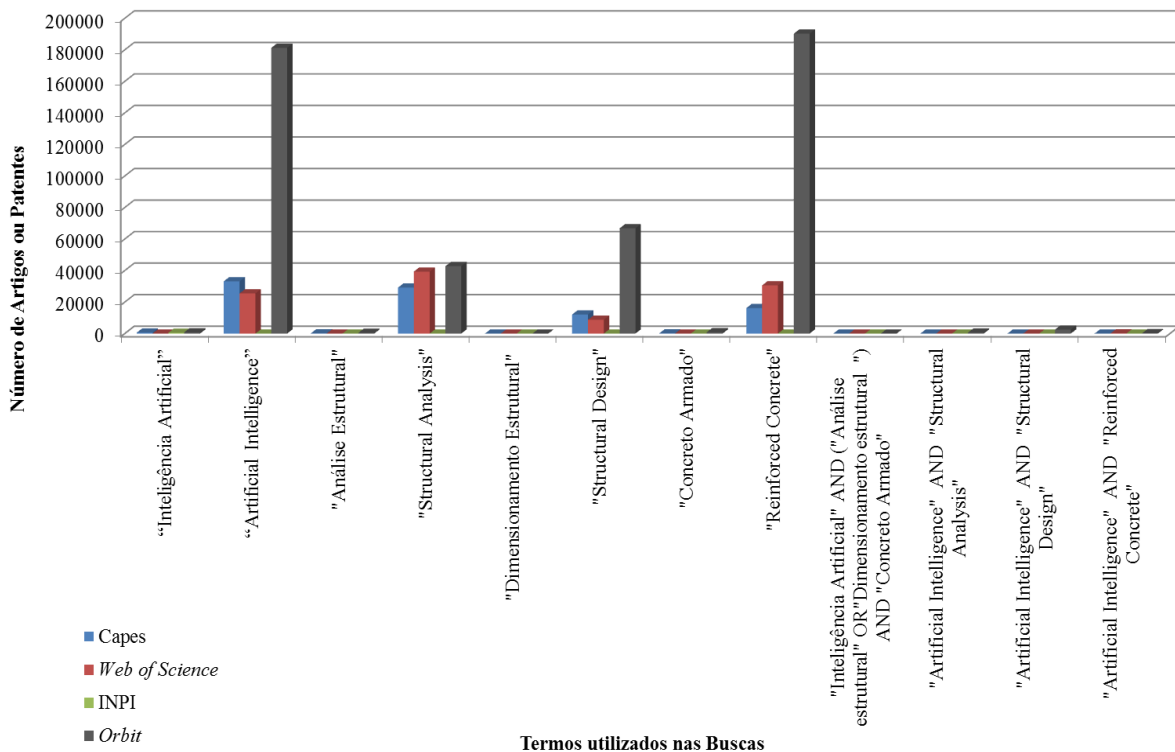
Durante as buscas, foi possível observar que, para alguns termos, o resultado na base do INPI foi zero. Já no Orbit foi retornada uma quantidade expressiva de resultados, por exemplo, a busca pelo termo: “*Structural Design*”. Esse fato se repetiu para outros termos usados na busca,

conforme as informações da Tabela 1. Ademais, analisando os resultados descritos na tabela acima, é possível verificar que as buscas realizadas com o uso de operadores booleanos AND ou OR não retornaram nenhum resultado na base do INPI. No entanto, no Orbit todos os termos buscados usando booleanos retornaram uma quantidade significativa de resultados, com exceção da busca utilizando a combinação “Inteligência Artificial” AND (“Análise Estrutural” OR “Dimensionamento Estrutural”) AND “Concreto Armado”, que retornou apenas um resultado.

Analisando os dados coletados durante o processo de busca nas bases de patentes, percebe-se que, quando foram utilizados termos na língua inglesa, a quantidade de resultados retornados pelo INPI foi bem pequena se comparado com os resultados obtidos no Orbit.

O Gráfico 1 apresenta a segmentação de artigos e de patentes encontrados por cada termo buscado. A barra **azul** indica os resultados na base da CAPES; a **vermelha** os resultados na Web of Science; a **verde** do INPI; e a **cinza** os resultados do Orbit, facilitando a visualização da diferença entre os resultados encontrados.

**Gráfico 1** – Número de Artigos e Patentes encontrados nas bases de dados – 2020



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados das bases: CAPES, Web of Science, INPI, Orbit (2020)

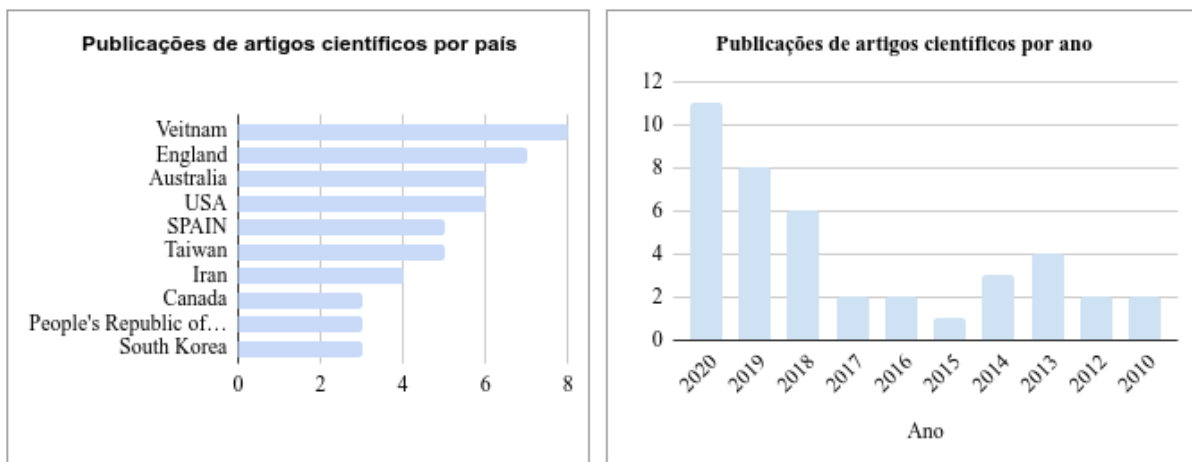
Analisando o Gráfico 1, observa-se que os temas separados: “Inteligência Artificial”, “Análise Estrutural”, “Dimensionamento Estrutural” ou “Concreto Armado” obtiveram um grande resultado nas buscas, principalmente considerando os resultados dos termos em inglês. Porém, quando se mesclam dois ou mais termos utilizando os operadores booleanos, com o intuito de verificar a utilização da IA ao projetar estruturas, foram encontrados os resultados mais relevantes e em quantidades bem menos expressivas. Observa-se também que, diferente do equilíbrio de resultados encontrados nas bases bibliométricas, o menor resultado encontrado foi na base

do INPI. Isso não ocorre devido ao fato de o INPI ser uma base de patentes, visto que o maior número de resultados foi encontrado na base patentária do Orbit, indicando, assim, um grande déficit de pesquisas relacionadas com o desenvolvimento da tecnologia no Brasil. O cenário chega a ser desanimador, visto que o resultado das buscas com os termos mesclados foi nulo.

Os principais resultados encontrados na base bibliométrica da Web of Science foram obtidos utilizando os termos em inglês “Artificial Intelligence AND Structural Analysis”, “Artificial Intelligence AND Structural Design” e “Artificial Intelligence AND Reinforced Concrete”, conforme mostra a Tabela 1, totalizando 73 artigos. Por meio da leitura do Título e Resumo desses artigos, foram selecionados 45 artigos considerados de maior relevância com o tema e montados o Gráfico 2 (por países e anos) e o Gráfico 3 (por revistas).

A quantidade de publicações de artigos científicos separados por países é apresentada no Gráfico 2. O gráfico possibilita uma análise regional das publicações, permitindo comparar o desenvolvimento e o uso da IA na construção civil em vários países do mundo.

**Gráfico 2** – Publicações de artigos científicos, por países, na base Web of Science utilizando as palavras-chaves “Artificial Intelligence AND Structural Analysis”, “Artificial Intelligence AND Structural Design” e “Artificial Intelligence AND Reinforced Concrete”



Fonte: Web of Science (2020)

A partir dos dados do Gráfico 2, pode-se observar que não existe uma supremacia regional nas publicações, pois percebe-se que existem artigos científicos de países da Ásia, Europa, Oceania e América do Norte. Analisando os dados regionais, também foi possível observar um resultado preocupante para a prospecção dessa tecnologia no Brasil e em outros países da América do Sul, uma vez que a pesquisa não retornou nenhum resultado destes. Os países que mais publicaram foram: Vietnã com oito; seguido da Inglaterra com sete; Austrália e Estados Unidos da América cada um com seis.

O destaque dessa lista está no aparecimento do Vietnã liderando o número de publicações. No entanto, esse resultado vai de encontro ao apresentado no Índice Global de Inovação 2018 (WIPO, 2018), em que o Vietnã é apontado como segundo colocado, em uma lista de 20 países, cujo desempenho na área da inovação supera seu nível de desenvolvimento. Os resultados dos estudos de Kwon, Li e Sohn (2019), que analisaram a inovação em países socialistas como Cuba e Vietnã, indicam que, diferente de Cuba, onde a inovação depende de empresas estatais, no Vietnã, há maior participação do setor privado, principalmente com

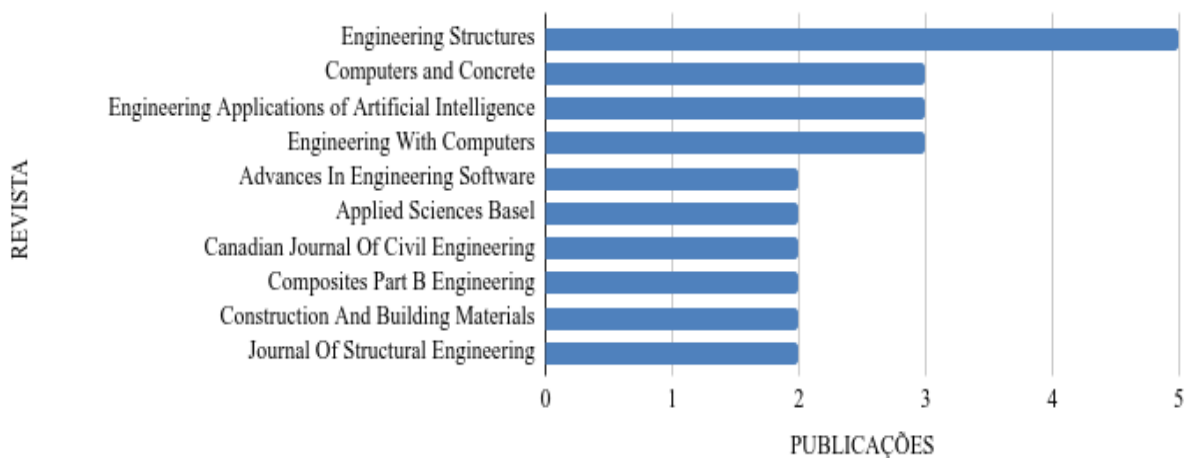


empresas do Japão, França e Estados Unidos. Isso, devido às políticas governamentais de apoio às empresas estrangeiras (KWON; LI; SOHN, 2019).

O Gráfico 2 também apresenta o número de publicações realizadas nos últimos dez anos, possibilitando avaliar a evolução das publicações científicas nesse período. Em análise dos resultados contidos no Gráfico 2, observa-se o volume de publicações relevantes ao decorrer dos anos. De posse dessas informações, pode-se notar que houve um pequeno crescimento no ano de 2013 com quatro, havendo uma diminuição entre os de 2014 e 2015, com, respectivamente, três e um. Nos anos de 2016 e 2017, há uma estabilidade, pois cada ano teve duas publicações; nos anos de 2018, 2019 e 2020, o número de publicações foi crescendo, respectivamente, para seis, oito e 11, alcançando o maior valor em 2020, indicando, assim, uma possível tendência de crescimento para os próximos anos.

A seguir, no Gráfico 3, verificam-se as revistas que mais publicam artigos relacionados à utilização de IA no dimensionamento de estruturas em concreto armado.

**Gráfico 3** – Publicações de artigos científicos, por revista, na base Web of Science utilizando as palavras-chaves “Artificial Intelligence AND Structural Analysis”, “Artificial Intelligence AND Structural Design” e “Artificial Intelligence AND Reinforced Concrete”



Fonte: Web of Science (2020)

Ao se refinar a busca com o intuito de verificar quais revistas mais publicam artigos relacionados com a temática, pode-se verificar (Gráfico 3) que o periódico com o maior número de resultados, cinco no total, foi a *Engineering Structures*, seguida de perto por outras três revistas: a *Computers and Concrete*, a *Engineering Applications of Artificial Intelligence* e a *Engineering With Computers*, com três resultados cada uma. Como esperado, todas são da área da Engenharia e/ou Informática. Segundo dados encontrados na própria revista *Engineering Structures*, o artigo de Salehi e Burgueño (2018) “*Emerging artificial intelligence methods in structural engineering.*”<sup>1</sup> é o artigo de revista com maior número de *downloads*.

Após a leitura mais minuciosa dos títulos e resumos dos artigos científicos encontrados, observou-se a subdivisão dos três métodos emergentes de IA dentro da engenharia estrutural, apontada por Salehi e Burgueño (2018). O primeiro é o *Pattern Recognition* (Reconhecimento de Padrões), aplicado para fins como monitoramento e detecção de danos na integridade estrutural, engenharia sísmica (terremoto), confiabilidade e desempenho estrutural. O segundo

método encontrado foi o *Machine Learning* (Aprendizado de Máquina) utilizado para otimização e avaliação de desempenho estrutural, além da identificação de parâmetros estruturais, por exemplo, propriedades físicas e mecânicas do concreto. O terceiro método intitulado de *Deep Learning* (Aprendizado Profundo) é utilizado principalmente em modelos de monitoramento da saúde estrutural, fazendo uso de técnicas de processamento de imagens e vídeos para detecção de danos.

Aprofundando-se na pesquisa, de fato foram encontradas publicações relacionadas com os três métodos citados. No tocante ao Reconhecimento de Padrões, encontram-se pesquisas para avaliar a capacidade estrutural de edifícios de concreto armado em eventos sísmicos, como no estudo de Luo e Paal (2019) denominado “*A locally weighted machine learning model for generalized prediction of drift capacity in seismic vulnerability assessments*”<sup>2</sup>. Nele, os autores relatam que os modelos existentes são empíricos, não se aplicam a todos os tipos de pilares, e apresentam uma relação linear entre as variáveis, o que é um erro segundo os autores, já que a relação entre os materiais (concreto e aço) e os carregamentos sísmicos é altamente não linear. Então, é proposto um novo modelo utilizando técnicas de IA que englobam todos os tipos de pilares, além de analisar a não linearidade altamente complexa.

Já referente ao método Aprendizado de Máquina, foi possível observar resultados relacionados ao dimensionamento de vigas de concreto armado ao cisalhamento nos estudos de Zhang *et al.* (2020) chamado “*Reinforced concrete deep beam shear strength capacity modelling using an integrative bio-inspired algorithm with an artificial intelligence model*”<sup>3</sup>, e de Pérez *et al.* (2012) intitulado “*Optimization of existing equations using a new Genetic Programming algorithm: Application to the shear strength of reinforced concrete beams*”<sup>4</sup>. Como não existe uma formulação tradicional teórica e comprovada, são utilizadas formulações empíricas oriundas de resultados experimentais, em que são necessárias a determinação e aferição dos parâmetros das formulações. Assim, o modelo de IA permite a inclusão de novas variáveis na expressão resultando em melhoria acentuada ao utilizar essa metodologia (PÉREZ *et al.*, 2012)

Relacionado com o terceiro e último método, chamado de Aprendizado Profundo, Cha Choi e Büyükoztürk (2017) apresentaram um estudo para detectar rachaduras no concreto de túneis. A utilização de técnicas de processamento de imagem encontra situações no mundo real, por exemplo, mudanças de iluminação e sombras, que geram verdadeiros desafios para adoção do método (CHA; CHOI; BÜYÜKÖZTÜRK, 2017). Então, a pesquisa propõe um modelo baseado no processamento de imagens utilizando uma arquitetura profunda de redes neurais convolucionais para detectar fissuras no concreto. Os resultados mostraram que o modelo proposto apresentou desempenho melhor que os utilizados anteriormente e de fato pode encontrar fissuras em situações realistas.

Com o intuito de investigar o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à IA que são aplicadas à construção civil, especialmente na área da análise estrutural, foi desenvolvido o Gráfico 4, no qual se apresenta a evolução dos pedidos de patentes nos últimos 20 anos.

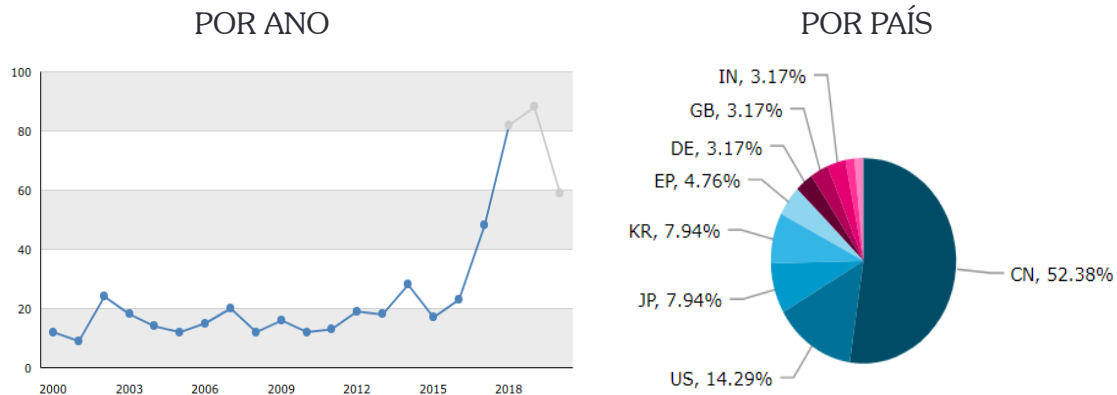
**Gráfico 4** – Pedidos de patentes, por ano, na base do Orbit utilizando o termo “*Artificial Intelligence AND*

2 Um modelo de aprendizado de máquina ponderado localmente para previsão generalizada de capacidade de deriva em avaliações de vulnerabilidade sísmica (traduzido pelos autores).

3 Modelagem da capacidade de resistência ao cisalhamento de vigas profundas de concreto armado usando um algoritmo bioinspirado integrativo com um modelo de inteligência artificial (traduzido pelos autores).

4 Otimização de equações existentes usando um novo algoritmo de Programação Genética: Aplicação à resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado (traduzido pelos autores).



*Structural Analysis*”

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Orbit (2020)

Analisando o Gráfico 4, percebe-se que durante os últimos 20 anos, os pedidos de patentes relacionados ao termo “*Artificial Intelligence AND Structural Analysis*” se tornaram frequentes, em uma média de 18 pedidos por ano. Com base nos dados do Gráfico 4, verifica-se que, a partir de 2015, houve um crescimento considerável no número de pedidos de patentes, principalmente nos anos de 2017 e 2018, indicando um grande potencial de crescimento para os próximos anos. Os dados apresentados neste trabalho também são corroborados pelo estudo de Teixeira, Teixeira e Rocha (2020), no qual os autores observaram um declínio nos anos de 2009 a 2011, e uma pequena alta até o ano de 2014, que pode ter sido impulsionada pelo surgimento da Indústria 4.0, com uma discreta redução entre 2015 e 2016. A montagem do gráfico, no entanto, respeitou o período de sigilo de 18 meses de uma patente, por isso, só estão apresentados os dados até 2018 respeitando, desse modo, o período de graça.

O Índice Global de Inovação 2018 (WIPO, 2018) apresentou um quadro com os padrões de gastos com P&D entre os países após a crise financeira de 2008-2009, já que alguns países mantiveram os padrões e outros tiveram uma redução com os gastos em P&D. Porém, nos anos de 2014, 2015 e 2016, os países retomaram e ultrapassaram os valores que eram gastos antes da crise. Esses dados coincidem com as informações dos Gráficos 3 e 4, ajudando, assim, a entender o desenvolvimento tecnológico do setor nos últimos anos. Apesar de que o próprio relatório da WIPO indica isso, a Indústria 4.0, a automação, a robótica e a inteligência artificial são frequentemente mais vistas como ameaças do que como oportunidades.

Diferente do Gráfico 2, em que houve um equilíbrio entre as publicações científicas e dos países que pesquisam sobre o tema, o Gráfico 4 traz uma supremacia da China que aparece em primeiro lugar com 52,38% dos pedidos de patentes, ou seja, mais do que todos os outros países juntos, seguida de longe pelos Estados Unidos com 14,29% em segundo lugar e do Japão com 7,94% em terceiro lugar. Vale ressaltar que grande parte desse elevado número de pedidos de patentes se deve às Políticas de Promoção de Patentes implementadas pela China, no entanto, essa expansão quantitativa nos pedidos de patentes não veio acompanhada do aumento no qualitativo, comprovado pela grande taxa de desistência dos pedidos acompanhada da baixa taxa de renovação (LONG; WANG, 2019).

## 4 Considerações Finais

Com o presente estudo, foi possível observar o cenário nacional e mundial referente ao desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) relacionada à utilização de IA na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado. Observou-se que o uso da IA vem crescendo dentro da construção civil, especialmente em áreas que precisam de análises complexas. Também foi possível verificar, por meio do levantamento de dados na pesquisa bibliométrica, que, na área da construção civil, o uso da tecnologia computacional ainda é muito tímido e enfrenta algumas barreiras, entre as quais, se destaca o fator humano.

As prospecções realizadas revelaram que a maioria dos resultados apresentou dados encontrados na Ásia, na Europa e nos Estados Unidos, conforme indicado na quantidade de publicações científicas localizadas. O Vietnã apareceu no topo da lista com oito resultados, seguido da Inglaterra com sete, Austrália e Estados Unidos da América cada um com seis. Esses resultados indicam que, naturalmente, essa tecnologia será desenvolvida inicialmente nessas regiões.

Observou-se também um crescente desenvolvimento, no mundo, da utilização de IA na engenharia estrutural nos últimos cinco anos, indicando, assim, uma forte tendência à sua aplicação e utilização. Esse fato causa certa preocupação com relação ao Brasil, visto que os resultados aqui encontrados foram praticamente nulos. Isso também pode ser visto como oportunidade de um nicho de mercado para empresas da área. Porém, para o desenvolvimento de uma tecnologia, deve-se levar em conta a importância da interação entre a tríplice hélice da inovação (Governo, Universidades e Empresas), não se esquecendo da necessidade de incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento.

Portanto, a partir da prospecção, foi possível analisar as possibilidades de utilização de IA na análise e no dimensionamento de estruturas em concreto armado, por exemplo, no dimensionamento aos carregamentos sísmicos, no aprimoramento de formulações empíricas para o dimensionamento ao cisalhamento e na utilização de técnicas para processamento de imagem na detecção de rachaduras, além de traçar um panorama no desenvolvimento da tecnologia nos próximos anos.

Apesar dos resultados terem apresentado alguns artigos com temas relacionados à utilização de IA na engenharia estrutural, se faz necessário um estudo mais aprofundado que especifique e quantifique os subtemas que estão sendo pesquisados dentro dessa área com o intuito de nortear mais precisamente as possibilidades de pesquisas futuras.

## 5 Perspectivas Futuras

A incorporação de novas tecnologias na engenharia estrutural é um caminho a ser trilhado pelo setor. Nesse sentido e com base nos resultados apresentados, acredita-se que, em um futuro próximo, a utilização de IA será uma constante na engenharia estrutural, não só auxiliando na análise e no dimensionamento de estruturas, mas também as tornando mais econômicas e seguras. Espera-se, portanto, que o Brasil invista em pesquisa e desenvolvimento nessa área de modo que novos produtos e serviços sejam gerados. Ademais, mesmo que o Brasil resolva utilizar a IA desenvolvida por outros países, terá de lidar com o fato de que o dimensionamento das estruturas em concreto armado no Brasil deve obedecer à NBR, e tanto os Estados Unidos quanto a Europa utilizam normas próprias (ACI e EUROCODE, respectivamente). Assim, terão

de ser feitas adaptações nas IAs ou, dependendo da divergência, a utilização da IA no Brasil pode ser inviável.

## Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2014**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ANTAC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO; CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Estratégias para a formulação de Políticas De Ciência, Tecnologia e Inovação para a indústria da Construção**. Brasília, DF: ANTAC; CBIC, 2013. 52p.

ANTAC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **“Projeto 7 - Ciência e Tecnologia para a Inovação na Construção” – Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil**: elementos para a formulação de uma política para o setor. Porto Alegre: ANTAC, 2011. 59p.

BALAGUER, C.; ABDERRAHIM, M. Robotics and automation technologies in construction. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, [s.l.], v. 4, n. 4, p. III-IV, 2007.

BJELANOVIC, A.; RAJCIC, V. New possibilities of structural design using artificial intelligence techniques. **A Balkema Publishers**, Leiden, p. 543-547, 2003.

CHA, Y.; CHOI, W.; BÜYÜKÖZTÜRK O. Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 3, p. 361-378, 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez357.periodicos.capes.gov.br/10.1111/mice.12263>. Acesso em: 23 jun. 2022.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos na Indústria 4.0**. Brasília, DF: CNI, 2018. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos\\_em\\_industria\\_40\\_junho2018.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf). Acesso em: 13 fev. 2021.

FREITAS, M. L. M. X. História e Historiografia da Arquitetura e do Urbanismo Modernos no Brasil – Concreto Armado no Brasil: Invenção, História, Revisões. In: 13º SEMINÁRIO DOCOMOMO, Salvador, 10-17 de outubro, 2019. **Anais [...]**. Salvador, outubro de 2019. Disponível em: <https://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2020/04/119437.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2020.

KAUFMAN, D. **A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?** Coleção Interrogações. Lúcia Santaella (coord.). São Paulo: Estação das Letras e Cores Editora, 2019.

KIMURA, A. E. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Pini Oficina de Textos, 2018.

KWON, D. S.; LI, D. J.; SOHN, S. Y. Identifying innovation in socialist countries through patent analysis focused on Cuba and Vietnam. **World Patent Information**, [s.l.], v. 59, p. 101898, December 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.04.001>. Acesso em: 23 jun. 2022.

LONG, C. X.; WANG J. China’s Patent Promotion Policies and Its Quality Implications. **Science & Public Policy**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 91-104, 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez357.periodicos>.

capex.gov.br/10.1093/scipol/scy040. Acesso em: 23 jun. 2022.

LUO, H.; PAAL, S. G. A locally weighted machine learning model for generalized prediction of drift capacity in seismic vulnerability assessments. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 11, p. 935-950, nov. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mice.12456>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MARTHA, L. F. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

PÉREZ, J. L. *et al.* Optimization of existing equations using a new Genetic Programming algorithm: Application to the shear strength of reinforced concrete beams. **Advances in Engineering Software**, [s.l.], v. 50, p. 82-96, ago. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965997812000397?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jan. 2021.

SALEHI, H.; BURGUEÑO, R. Emerging artificial intelligence methods in structural engineering. **Engineering Structures**, [s.l.], v. 171, p. 170-189, 15 set. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029617335526?via%3Dihub>. Acesso em: 5 fev. 2021.

SANTOS, V. S. *et al.* Prospecção Bibliométrica e Patentária de Tecnologias com Inteligência Artificial Aplicáveis a Smart Cities. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 2, p. 523-540, 2022. DOI: 10.9771/cp.v15i2.46120. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/46120>. Acesso em: 23 jun. 2022.

TEIXEIRA, F. dos S.; TEIXEIRA, P. dos S.; ROCHA, C. A. M. da. Estudo Prospectivo Sobre Inteligência Artificial Aplicado ao Setor da Construção Civil. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1.134-1.146, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i4.32975. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/32975>. Acesso em: 23 jun. 2022.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Índice Global de Inovação 2018 – Energizando o Mundo com Inovação**. 11. ed. [2018]. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo\\_pub\\_gii\\_2018-abridged1.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2018-abridged1.pdf). Acesso em: 20 maio 2021.

ZHANG, G. *et al.* Reinforced concrete deep beam shear strength capacity modelling using an integrative bio-inspired algorithm with an artificial intelligence model. **Engineering with Computers**, [s.l.], 9 ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00366-020-01137-1>. Acesso em: 20 fev. 2021.

## Sobre os Autores

### Marcos Gottschalg Discher

E-mail: [marcosdischer@yahoo.com.br](mailto:marcosdischer@yahoo.com.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9365-8925>

Especialista em Cálculo Estrutural e Fundações pela Universidade Federal do Espírito Santo em 2016.

Endereço profissional: Av. Renato Campos, n. 900, Nossa Sra. da Conceição, BR 116, Km-220, Euclides da Cunha, BA. CEP: 48500-000.

### Givanildo de Jesus Santos

E-mail: [givanildojesus@ifba.edu.br](mailto:givanildojesus@ifba.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7597-6396>

Especialista em Redes de Computadores pela Escola Superior Aberta do Brasil em 2013.

Endereço profissional: John Kennedy, s/n Loteamento, Cidade Nova, Jequié, BA. CEP: 45201-570.

### **Eduardo Oliveira Teles**

*E-mail:* [eduardo.teles@ifba.edu.br](mailto:eduardo.teles@ifba.edu.br)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4926-1423>

Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia em 2016.

Endereço profissional: Av. Jorge Amado, s/n, Camaçari, BA. CEP: 42800-605.

## APÊNDICE D – ARTIGO CIENTÍFICO 2

### A UTILIZAÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS NÃO METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

#### RESUMO

A adição de fibras no concreto vem se demonstrando uma ferramenta eficaz para o melhoramento do desempenho e durabilidade de elementos estruturais nas edificações. O objetivo principal desse trabalho foi realizar uma prospecção científica e tecnológica sobre a utilização de fibras não metálicas no concreto. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória com uma abordagem quantitativa e qualitativa, apoiando-se nos resultados das publicações científicas, encontradas nas bases da CAPES e *Web of Science*, e patentárias nas bases do INPI e *Orbit*. A prospecção apontou um crescimento do estudo da temática nos últimos cinco anos, com a liderança da China e dos Estados Unidos. Além de revelar que, apesar do Brasil apresentar um número considerável de publicações de produções científicas, ainda não existe normativa nacional específica para a verificação das propriedades mecânicas do concreto reforçado com fibras e o número de pedidos de patentes brasileiras está muito abaixo do desejado.

Palavras-chave: Concreto com Fibras; Fibras sintéticas; Fibras poliméricas

### THE USE OF STRUCTURAL CONCRETE WITH THE ADDITION OF NON-METALLIC FIBERS IN CIVIL CONSTRUCTION, A TECHNOLOGICAL PROSPECTING

#### ABSTRACT

The addition of fibers in concrete has proven to be an effective tool for improving the performance and durability of structural elements in buildings. The main objective of this work was to carry out a scientific and technological prospection on the use of non-metallic fibers in concrete. For this, exploratory research was carried out with a quantitative and qualitative approach, based on the results of scientific publications found in the CAPES and Web of Science databases, and patents in the INPI and Orbit databases. The prospection pointed to a growth in the study of the subject in the last five years, with the leadership of China and the United States. In addition to revealing that, despite Brazil having a considerable number of publications of scientific production, there is still no specific national regulation for the verification of the mechanical properties of fiber-reinforced concrete and the number of Brazilian patent applications is much lower than desired.

Keywords: Fibers Concrete; Synthetic Fibers; Polymeric Fiber

Área tecnológica: Propriedade Intelectual; Engenharia de Materiais; Engenharia Civil-Estruturas.

## INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil é um setor de relevância para a indústria e a economia de uma nação. No Brasil, segundo dados de 2021 da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) a cadeia produtiva da Construção participa com 7,1% do PIB brasileiro. Particularmente a Construção Civil responde por 44,1% do investimento executado no Brasil e emprega diretamente mais de dois milhões de trabalhadores com carteira assinada (CBIC, 2021).

Balaguer e Abderrahim (2007), já alertavam para o fato de que, apesar de sua importância e a indústria da construção ser uma das mais antigas existentes, há uma grande defasagem tecnológica em relação a outros setores, assim como uma lenta utilização de novas tecnologias. Nesse contexto, para o desenvolvimento da construção civil e mais especificamente das estruturas portantes, é necessário o desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas (SUZART, LEITE, 2018). Tem se visto, nos últimos anos, um esforço considerável da comunidade científica para superar esse desafio e desenvolver novos materiais e metodologias (FRANCKLIN at. all, 2019).

Muito utilizado na estrutura das edificações, o concreto é composto basicamente por água, cimento e agregados graúdos e miúdos. Elementos que, quando misturados, apresentam uma resistência a compressão, satisfatória e adequada, para ser usada na construção civil. No entanto, o concreto apresenta uma baixa resistência a tração, sendo necessário a adição de um outro material para resistir a esses esforços. (GUPTA,2014)

Ao se adicionar o aço para resistir a esses esforços de tração, forma-se o que conhecemos como concreto armado. No entanto, nas últimas décadas aumentou-se a preocupação com a durabilidade e estabilidade da estrutura ao longo de sua vida útil (SUZART, LEITE, 2018). Nesse universo, vem se tornando cada vez mais comum a utilização de fibras para o reforço do concreto, sendo as principais: fibras de aço, fibras sintéticas e fibras naturais. Dentre as vantagens da adição de fibras estão, o aumento da resistência do concreto à tração e a abrasão (AMARAL at all, 2017). Além do fato de que as fibras, sintéticas e vegetais, diminuem a massa específica e conseqüentemente o peso próprio da estrutura (NETO, 2006), reduzem a fissuração e, mesmo quando ocorre a fissuração, as fibras continuam conservando a transmissão de esforços de tração (DI PRISCO,2009).

Devido a facilidade e velocidade alcançada na execução, o concreto com adição de fibras também vem sendo largamente utilizado para a reabilitação de estruturas que sofreram algum tipo de manifestação patológica ou deterioração de seus materiais constituintes, garantindo assim a estabilidade da estrutura e o aumento da sua vida útil (SUZART, LEITE, 2018).

Assim, o objetivo principal desse trabalho é realizar uma prospecção científica e tecnológica sobre a utilização de fibras não metálicas no concreto, armado ou não, que é utilizado tanto para a construção de edifícios e obras de infraestrutura, como para a reabilitação de estruturas que apresentaram algum tipo de manifestação patológica. Analisando assim o andamento das pesquisas e registros de patentes, sobre a temática, no Brasil e no mundo.

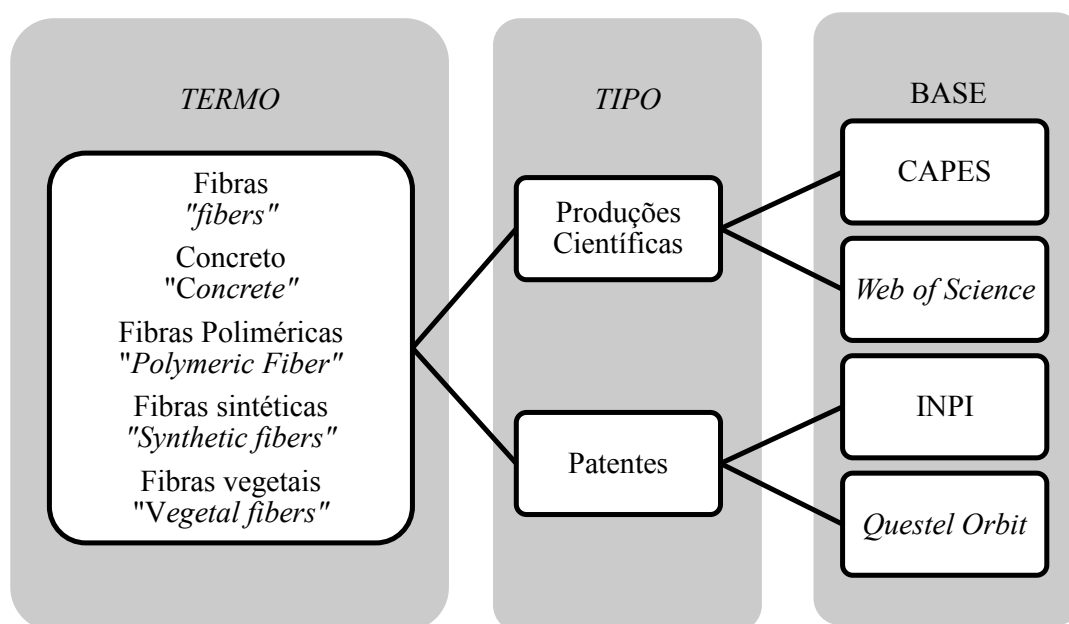
## METODOLOGIA

O presente trabalho se trata de uma prospecção tecnológica realizada através de buscas em bases de patentes e científicas, em nível nacional e internacional, com o intuito de realizar um levantamento sobre a utilização de fibras no concreto. Em nível nacional, as buscas de pedidos de patentes foram realizadas na base do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), já as buscas internacionais foram feitas no sistema *Questel Orbit* por ser uma das mais reconhecidas plataformas internacionais de busca sobre informações contidas em patentes, além de apresentar muitas ferramentas para a análise de resultados. Utilizou-se o intervalo temporal da 2001 a 2021, para identificar todos os pedidos de patentes durante esse período.

O filtro temporal de 20 anos, também foi utilizado nas buscas realizadas nas bases de produções científicas, com o objetivo de potencializar o estado da arte mais recente sobre a temática. As buscas foram realizadas nas bases da *Web of Science* e no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Essa pesquisa possibilitou a verificação da utilização de fibras seja no concreto armado, ou no concreto sem a adição de armaduras convencionais.

Nas buscas, foram utilizadas palavras-chave e termos combinando as palavras-chave, tanto na língua portuguesa quanto na língua inglesa, que relacionavam fibras com concreto. Os termos foram combinados utilizando os operadores booleanos AND ou OR, nas duas línguas acima citadas, e nas bases de patentes e científicas. A palavras-chave e bases utilizadas podem ser mais bem visualizadas na Figura 1. Na base científica da CAPES, a pesquisa foi realizada no campo “avançada” através do acesso “cafe”, o resultado apresenta artigos revisados por pares com os termos encontrados no título e no assunto. Na base científica *Web of Science*, a pesquisa também foi realizada no campo “avançada”, o resultado apresenta artigos revisados por pares com os termos encontrados no tópico, título e no resumo. Na base patentária do INPI, a pesquisa também foi realizada no campo “avançada”, o resultado apresenta os pedidos de patentes com os termos encontrados título e no resumo. Já na base patentária internacional do *Questel Orbit*, a pesquisa também foi realizada no campo “avançada”, o resultado apresenta os pedidos de patentes com os termos encontrados título, no resumo, na descrição e no objeto da invenção.

**Figura 1** – Metodologia para busca.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Com o objetivo de verificar o desenvolvimento da utilização de fibras no concreto, essa prospecção adotou uma metodologia qualitativa e quantitativa como objetivo exploratório. Onde foi realizada uma análise bibliométrica, dos artigos científicos revisados por pares, e patentária, dos pedidos de patentes nas bases do INPI e *Orbit*. Para processamento e análise dos dados encontrados nas buscas,



montou-se uma planilha eletrônica e os resultados serão apresentados na próxima seção, por meio de gráficos e tabelas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a pesquisa realizada, foi possível montar a Tabela 1, apresentando os resultados separados por termos e palavras-chave pesquisadas, encontrados nas bases de buscas de artigos científicos da CAPES e *Web of Science* e de patentes do INPI e do *Orbit*.

**Tabela 1** – Resultado das buscas de patentes e artigos científicos – 2021.

Palavras-Chave	Artigos Científicos		Patentes	
	CAPES	<i>Web of Science</i>	INPI	<i>Orbit</i>
"Fibra"	20.601	7.344	15.338	89.068
" <i>Fiber</i> "	1.165.683	688.216	104	4.022.870
" Concreto"	77.966	497	3.915	28.613
" <i>Concrete</i> "	603.396	257.478	7	5.073.816
" Fibra Sintética "	125	1	704	1.386
" <i>Synthetic Fiber</i> "	13.882	11.338	1	219.156
" Fibra Polimérica "	49	2	489	1.926
" <i>Polymeric Fiber</i> "	2.977	11.176	0	94.586
"Fibra Vegetal"	133	13	278	1.878
" <i>Vegetal Fiber</i> "	514	624	1	3.860
"Fibra" AND "Concreto"	372	0	274	579
" <i>Fiber</i> " AND " <i>Concrete</i> "	52.521	26.413	0	120.523
"Fibra Sintética" AND "Concreto"	39	0	22	27
" <i>Synthetic Fiber</i> " AND " <i>Concrete</i> "	2027	689	0	8.890
"Fibra Polimérica" AND "Concreto"	32	0	13	23
" <i>Polymeric Fiber</i> " AND " <i>Concrete</i> "	467	304	0	2.969
"Fibra Vegetal" AND "Concreto"	20	0	11	21
" <i>Vegetal Fiber</i> " AND " <i>Concrete</i> "	92	19	0	133

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados das bases: INPI, *Orbit*, CAPES, *Web of Science* (2021).

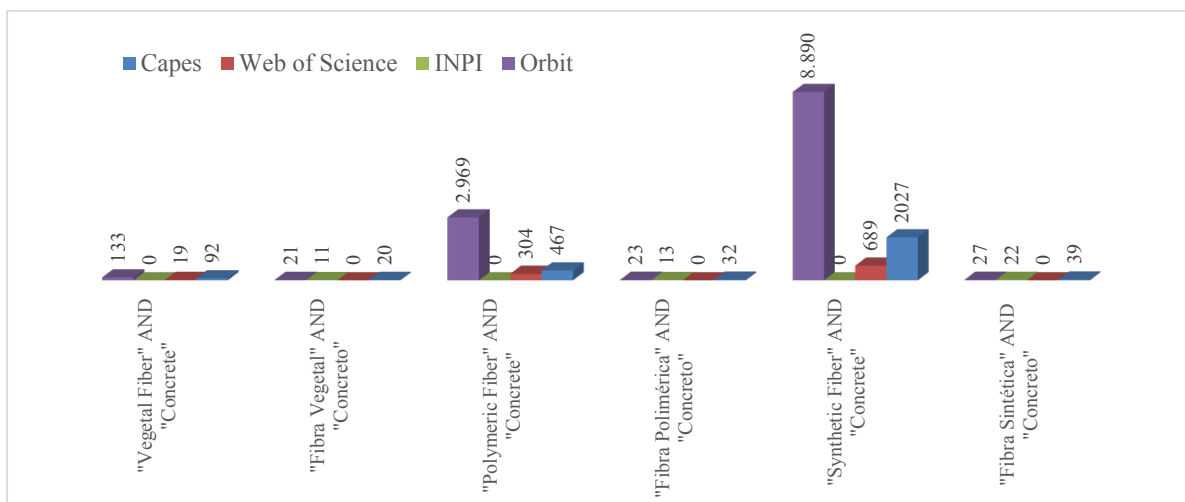
Observando-se os resultados encontrados nas bases científicas das CAPES e da *Web of Science* apresentados na Tabela 1, percebe-se uma supremacia dos resultados encontrados na CAPES. Dos

28 termos procurados, apenas dois, "*Polymeric Fiber*" e "*Vegetal Fiber*", apresentaram mais resultados na *Web of Science* os outros 16 termos apresentaram mais resultados na base da CAPES. O termo que apresentou o maior retorno na busca foi "*Fiber*" com 1.165.683 resultados, seguido por "*Concrete*" com 688.21 resultados, ambos obtidos na base da CAPES. Percebe-se que para ambas as bases de dados os resultados encontrados para os termos em português são bem menores que o resultados encontrados para o mesmo termo, só que na língua inglesa. Inclusive, para os termos em português, "Fibra" AND "Concreto", "Fibra Sintética" AND "Concreto", "Fibra Polimérica" AND "Concreto", "Fibra Vegetal" AND "Concreto" não foram encontrados resultados na base da *Web of Science*.

Diferente da proximidade de resultados encontrados nas buscas das bases bibliométricas, observa-se uma discrepância muito grande nos resultados obtidos nas bases de patentes do INPI e do *Orbit*. Mesmo levando em conta que, a base do *Orbit* é internacional e a maioria dos resultados são encontrados quando se realiza a busca utilizando-se os termos na língua inglesa, o *Orbit* também apresentou mais resultados do que o INPI quando realizadas buscas com termos na língua portuguesa, demonstrando-se assim o *Orbit* uma ferramenta eficaz para realizar uma prospecção tecnológica internacional. Dos nove termos pesquisado na língua inglesa, cinco não apresentaram nenhum resultado na base do INPI e os outros quatro apresentaram resultado praticamente nulo. Considerando a pesquisa nas duas bases, científica e patentária, percebe-se que a base patentária do *Orbit* foi a que apresentou o maior número de resultados para todas as bases, com o termo "*concrete*" despontando com 5.073.816 resultados.

Durante as buscas, observou-se que os resultados encontrados para os termos separadamente, trouxeram milhares, chegando a milhões de resultados, como para os casos de "*Fiber*" e "*concrete*" na base do *Orbit*. Assim, as buscas realizadas com o uso de operadores booleanos AND ou OR, para se combinar os trabalhos que envolviam concreto com fibras, se demonstraram mais eficientes para encontrar os resultados relevantes com a temática desejada. Dado isso, optou-se por montar o Gráfico 1, apresentado a seguir para uma melhor visualização dos resultados encontrados com os termos em português "Fibra Sintética" AND "Concreto", "Fibra Polimérica" AND "Concreto", "Fibra Vegetal" AND "Concreto" e em inglês "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*".

**Gráfico 1** – Número de Artigos e Patentes encontrados nas bases de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados das bases: CAPES, *Web of Science*, INPI, *Orbit* (2021).

No Gráfico 1, é possível observar a segmentação de artigos e patentes encontrados por cada termo buscado. As barras na cor **azul** indicam os resultados encontrados na base da CAPES; as barras na cor **vermelha** os resultados na *Web of Science*; já as barras na cor **verde** os resultados encontrados do INPI; e as na cor **lilás** os resultados na base do *Orbit*.

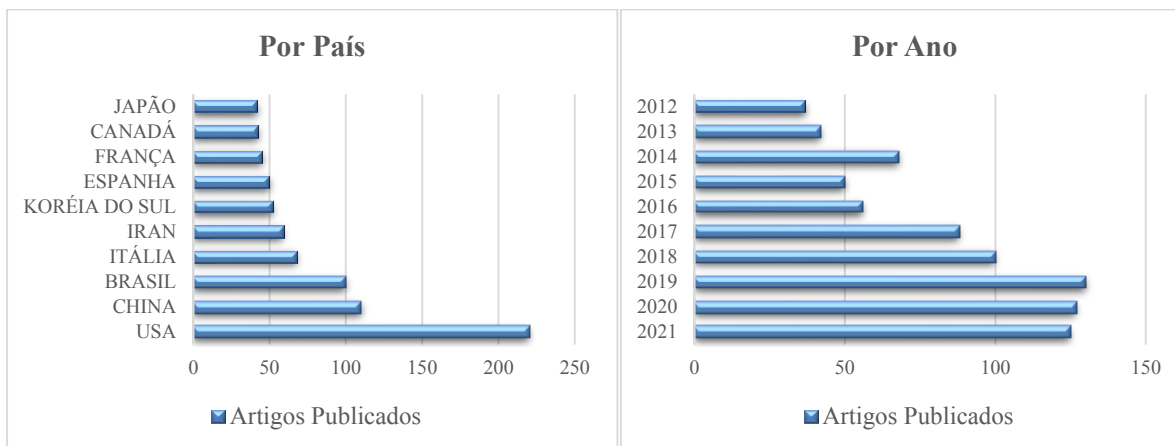
O formato em barras do Gráfico 1, permite observar a diferença proporcional entre os resultados encontrados. Com isso, percebe-se que os resultados encontrados para os termos buscados na língua inglesa são maiores que na língua portuguesa, demonstrando que a pesquisa na língua inglesa se demonstra mais abrangente, não necessariamente indicando que o tema não é pesquisado no Brasil, esse fator será verificado ao se refinar as buscas por país de publicação dos trabalhos. Percebe-se também que as barras em lilás, referentes aos resultados do *Orbit*, apresentam um valor bem maior que as outras bases de buscas, o que fornece uma quantidade de material mais abrangente para a determinação do estado da arte, referente a utilização de fibras no concreto.

Ao se refinar os resultados das buscas encontradas na base bibliométrica, percebeu-se que os resultados encontrados com os termos separados apresentam resultados muito genéricos, uma vez que existe um vasto campo de pesquisa sobre o concreto na engenharia e de fibras em várias áreas como na têxtil, farmacêutica, de cosméticos, entre outros. Assim os principais resultados foram obtidos utilizando-se os operadores booleanos com os termos na língua inglesa. Porém, dentro dos 52.521 resultados encontrados na base da CAPES e 26.413 encontrados na *Web of Science*, para o termo "*Fiber*" AND "*Concrete*" percebeu-se um grande número de trabalhos relacionados à utilização de fibras de aço dentro do concreto, tema que não é objeto dessa pesquisa.

Com a leitura do título e resumos desses artigos, percebe-se que os estudos de concreto com a inclusão de fibras se dividem em quatro grupos principais, concreto com adição fibras de aço, fibras sintéticas, fibras poliméricas e fibras vegetais. Com isso, os principais resultados encontrados na base bibliométrica foram obtidos utilizando os termos em inglês "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*". Assim, o Gráfico 1 apresentou respectivamente, da esquerda para a direita, os resultados para fibras Vegetais, Poliméricas e Sintéticas. Ficando claro que, o maior foco das pesquisas é encontrado para fibras sintéticas, seguido pelas poliméricas e finalizando nas fibras vegetais. Dada a relevância dos resultados encontrados com a temática desta pesquisa, montaram-se os gráficos a seguir para melhor analisar os resultados.

Para uma melhor visualização dos países que mais publicam trabalhos relacionados com o tema, montou-se o Gráfico 2, que apresenta os dez países que mais publicam trabalhos relacionados com a utilização de fibras vegetais, poliméricas ou sintéticas no concreto.

**Gráfico 2** – Publicações de artigos científicos, por País e por Ano, na base *Web of Science* utilizando as palavras-chaves "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*".



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados da *Web of Science* (2021).

Nos dados referentes aos países, o Gráfico 2 traz os Estados Unidos na liderança das publicações de artigos científicos, relacionados a utilização de fibras no concreto, com 220 publicações. Em segundo lugar, com metade dos resultados, vem a China com 110 publicações, seguida de perto pelo Brasil com cerca de 100 publicações. Com exceção dos Estados Unidos, que apresenta o dobro de publicações do segundo colocado, existe um certo equilíbrio no número de publicações dos demais países, e esses países estão distribuídos nas Américas do Norte e Sul, na Europa e na Ásia.

Já referente as informações separadas por ano no Gráfico 2, observa-se o volume crescente de publicações relevantes ao decorrer dos últimos 10 anos. Partindo de 2012, e indo até 2016, percebe-se um pequeno crescimento no número de publicações. Em 2017 surge um salto considerável no número de publicações que se mantém crescendo no ano de 2018 chegando ao máximo de 130 publicações no ano 2019. Nos anos que se seguem 2020 e 2021 percebe-se um novo patamar de estabilidade no número publicações. Saindo de um número de 30 publicações em 2012 e alcançando um patamar atual se 125 publicações anuais. Assim pode-se concluir que a utilização de fibras no concreto vem ganhando força e sendo mais estudado nos últimos anos, demonstrando assim um grande potencial de desenvolvimento para os próximos anos.

Vale ressaltar que, na data de realização desta pesquisa o ano de 2021 ainda não estava finalizado, então ainda pode ser que tenham sido publicados mais trabalhos sobre o tema, aumentando assim o número de resultados em 2021. Outro fator a ser considerado é que, em 2020 o mundo passou pela parte mais intensa da pandemia do Covid-19 e esse fator também pode influenciar negativamente nos resultados de 2020 e 2021.

De posse dos resultados encontrados nas pesquisas das bases científicas da CAPES e da *Web of Science*, optou-se por se fazer uma leitura minuciosa dos artigos científicos, e assim gerar um panorama dos assuntos que estão sendo pesquisados dentro da temática, que serão apresentados nos parágrafos a seguir.

Para a verificação das propriedades mecânicas do concreto reforçado com fibras foram desenvolvidos protocolos e normas para testes por vários países. Entre os mais tradicionais estão o europeu EN14651 de 2005, o americano ASTM C1609 de 2012 e o japonês JSCE-G 552 de 2013. Assim, alguns pesquisadores como Manfredi e Silva 2020, realizam trabalhos comparativos entre os testes existentes, listando pontos fortes e fracos de cada teste e indicando a melhor situação de aplicabilidade de cada um. Salvador *et al* 2015, também frisam a importância de, na ausência de norma brasileira específica, deve se utilizar um dos métodos consagrados para ensaiar e validar o concreto reforçado com fibra (CRF).

Encontraram-se também trabalhos como o de Silva e Bandeira 2019, onde os pesquisadores traçam um comparativo entre o dimensionamento de vigas em concreto armado reforçadas com fibras de carbono utilizando a norma americana ACI 440.2R:2008 e a brasileira NBR 6118:2014. Feito o dimensionamento teórico são ensaiados protótipos das vigas que permitem concluir que o resultado obtido utilizando a formulação do ACI 440.2R:2008 apresentou valores muito próximos dos ensaiados, enquanto os resultados da NBR 6118:2014 se demonstraram muito conservadores, gerando assim a necessidade de utilização de mais reforço.

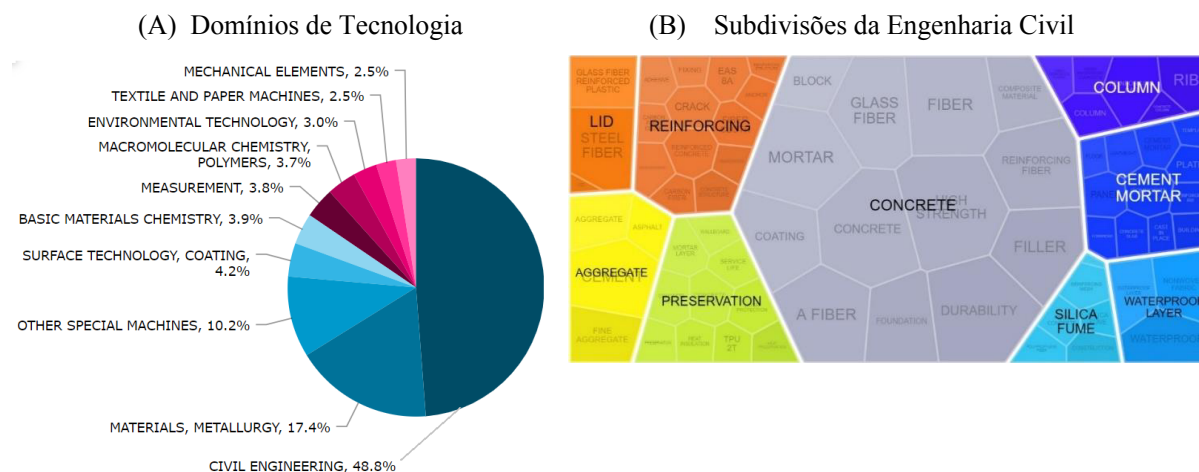
Também foram encontrados estudos sobre a utilização concreto com adição de fibras em obras industriais (LUNA et al, 2014), trabalhos que estudam a substituição das barras de aço por barras feitas de polímeros de fibras de vidro (FERNANDES et al, 2021) estudos sobre a utilização de fibras em blocos de concretos utilizados em paredes de alvenaria estrutural (BERNARDES et al, 2013). Outros trabalhos analisaram as propriedades do concreto reforçado com fibras quando exposto a temperaturas elevadas, avaliando a condutividade e dilatação térmica, (AMARAL, MORAVIA, 2020) (HEO et al 2010) e até estudos avaliando modelos de reforço utilizando fibras para combater o esforço de punção em lajes (SANTOS et al ,2014).

Fibras vegetais vem sendo utilizadas como reforço de materiais há milhares de anos. Fibras como a do sisal, do rami, do bambu, cana de açúcar, coco, entre outras, passaram a ser estudadas e utilizadas no concreto. Dentre as vantagens das fibras vegetais, pode se incluir a baixa massa específica a fácil reciclagem o baixo custo e o baixo consumo de energia na produção. BORGES *et. al* 2019, estudaram a possibilidade de substituição de fibras poliméricas por fibras de vegetais, de sisal e rami, em paredes estruturais. No estudo, o concreto com a adição de fibras vegetais, foi avaliado no controle da retração, além de características físicas e mecânicas como a resistência a compressão e tração, massa específica, capilaridade e módulo de elasticidade. O estudo concluiu que, para todos os parâmetros estudados o concreto com fibras poliméricas alcançou maiores resultados que as com fibras vegetais, no entanto os resultados utilizando fibras vegetais não ficaram tão abaixo que os valores de referência, o que a depender da utilidade da estrutura, não inviabiliza a substituição de fibras poliméricas por fibras vegetais. Porém o estudo de BORGES *et. al* 2019 relatou a verificação da não homogeneidade da mistura entre o concreto e as fibras o que pode ter prejudicado os resultados.

Já FRANCKLIN *et. al* 2019 realizaram um estudo parecido para a estudar a viabilidade da utilização de compostos que utilizem uma matriz com compósitos epóxi e fibras de sisal no reforço de estruturas em concreto armado. Primeiramente montaram-se e ensaiaram corpos de prova para se encontrar a porcentagem ideal para a proporção do compósito de resina epóxi reforçado com tecidos de sisal. Encontrada essa proporção, foram ensaiadas vigas reforçadas com fibras de carbono e outra com fibras de sisal. Após a análise comparativa dos resultados obtidos, conclui-se que compósitos utilizando fibras de sisal são viáveis para reforçar estruturas com desempenho similar aos já consagrados compósitos com fibras de carbono. Fator também corroborado pela pesquisa de CASTOLD *et al* 2019.

Passando a analisar agora os resultados das pesquisas realizadas nas bases patentárias, a busca que apresentou o maior número de resultados relevantes, conforme apresentado na Tabela 1, foi a combinação dos termos em inglês “*Fiber*” AND “*Concrete*”, porém ainda existem muitas áreas de domínio de tecnologia dentro dessa combinação de termos. Conforme podemos ver no Gráfico 3.

**Gráfico 3** – Pedidos de patentes na base do Orbit, utilizando o termo “*Fiber*” AND “*Concrete*” .



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados obtidos pelo software ©Questel Orbit (2021)

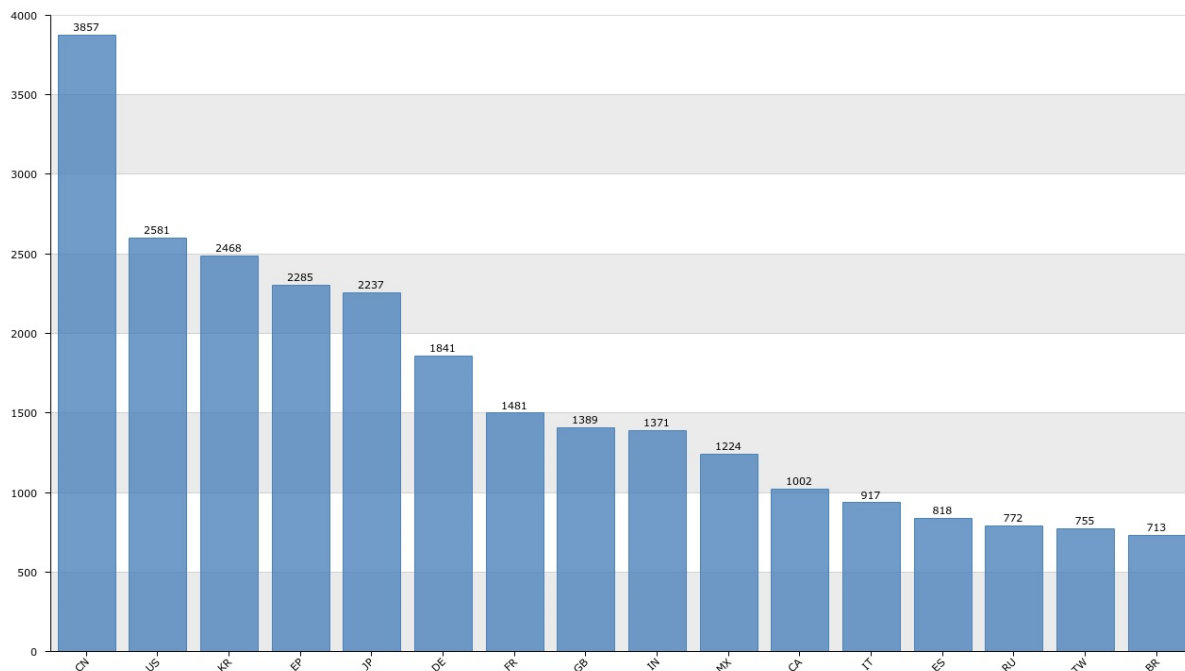
Aplicando-se o filtro disponível no Orbit, para a área de tecnológica da Engenharia Civil, encontramos 25.392 resultados diretamente ligados a pesquisa desse trabalho. Esse número corresponde a 48,8% dos resultados encontrados, o restante se distribui nos domínios tecnológicos da metalurgia, indústria têxtil, engenharia química, entre outros.

Dentro do domínio da engenharia civil, ainda é possível realizar subdivisões e organizar os resultados por conjuntos de conceitos, conforme mostrado no Gráfico 3.

Percebe-se no Gráfico 3 que, o maior subgrupo encontrado é o *Concrete* (concreto), seguido por outras três parcelas de maior expressão, a *Cement Mortar* (argamassa de cimento), *Reinforcing* (Reforçando) e *Preservation* (Preservação). O termo preservação aqui, surgiu atrelado também a sustentabilidade, pois a possibilidade da utilização de materiais na construção civil, e neste caso fibras, e que sejam oriundas de materiais reciclados é fundamental para o desenvolvimento de uma indústria da construção sustentável. Com a utilização de fibras, aumenta-se a vida útil do concreto e consequentemente das edificações. Com uma durabilidade maior das edificações, é possível uma menor retirada de materiais direto da natureza, e se as fibras ainda forem oriundas de uma fonte reciclável, pode-se dizer que a preservação é dobrada.

Para além da verificação de publicações de estudos científicos sobre a utilização de fibras no concreto, se deseja observar o desenvolvimento tecnológico e o grau de proteção da tecnologia que está sendo desenvolvida. Para isso montou-se o Gráfico 7, com o número de pedidos de patentes separados por países, possibilitando assim a verificação dos países que desenvolvem patentes relacionadas com a temática estudada.

**Gráfico 7** – Pedidos de patentes, por países, na base do Orbit utilizando as palavras-chaves “*Synthetic Fiber*” AND “*Concrete*”, “*Polymeric Fiber*” AND “*Concrete*” “*Vegetal Fiber*” AND “*Concrete*” .



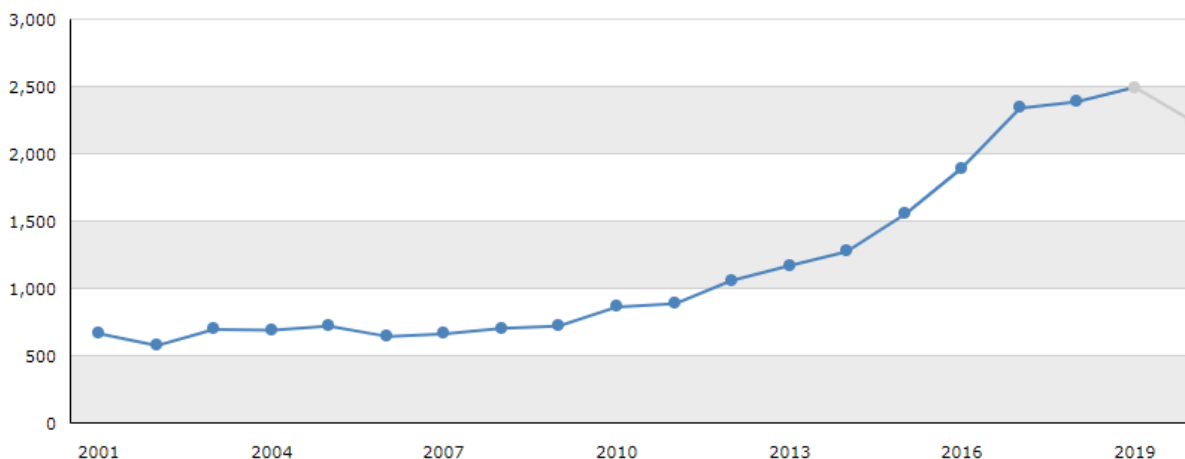
Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados obtidos pelo software ©Questel Orbit (2021)

Diferente do apresentado no Gráfico 2, que trazia as publicações de artigos científicos posicionando o Brasil na terceira posição dos países que mais publicam, o Gráfico 7 coloca o Brasil na 16ª colocação dos países que mais registram pedidos de patentes relacionadas com a temática estudada. Pode-se supor que isso ocorra pelo fato de o *Orbit* ser uma base internacional e os pedidos brasileiros estão na base do INPI, no entanto a Tabela 1 mostra que ao somarmos os pedidos de patentes no INPI chegamos a 46 (22+13+11), se adicionarmos esse valor aos 713 encontrados para o Brasil na base do *Orbit*, chegamos a um total de 756 pedidos, levando o Brasil apenas para a 15ª posição.

No Gráfico 7 a China reverte o resultado do Gráfico 2 e assume a liderança no número de pedidos de patentes, com um total de 3857 pedidos, seguida pelos Estados Unidos na segunda posição com um valor de 2581.

Com o intuito de investigar o interesse e a evolução do desenvolvimento dessa tecnologia ao longo dos anos, foram montados os Gráficos 8 e 9, que mostram, respectivamente o volume de investimentos e o número de pedidos de patentes ao longo dos últimos 20 anos. Vale ressaltar que, o período de graça de uma patente deve ser observado, e assim os resultados dos últimos 18 meses podem sofrer alterações em pesquisas futuras, dado o período de sigilo das patentes.

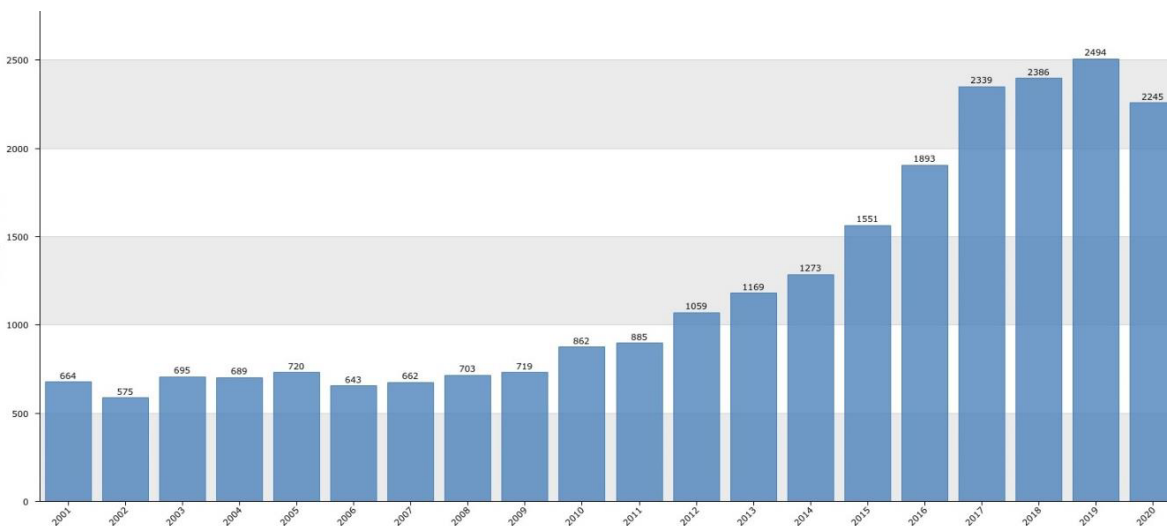
**Gráfico 8** – Volume de investimentos por ano, na base do *Orbit* utilizando as palavras-chaves "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*".



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados obtidos pelo software ©Questel Orbit (2021)

A exemplo do verificado no Gráfico 3, no Gráfico 8 também é possível verificar um patamar nos investimentos entre os anos 2001 e 2010. A partir de 2011 observa-se um aumento gradativo, ano após ano, dos investimentos no desenvolvimento tecnológico de patentes, até chegar em seu nível máximo em 2019, apresentando um valor cinco vezes maior que o encontrado no início do período pesquisado.

**Gráfico 9** – Pedidos de patentes, por ano, na base do *Orbit* e utilizando as palavras-chaves "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*".



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados obtidos pelo software ©Questel Orbit (2021)

O Gráfico 9 também corrobora com os resultados do Gráfico 2 e é o reflexo do aumento dos investimentos apresentados no Gráfico 8. Pode-se observar, comparando o Gráfico 8 com o Gráfico 9, que o volume de pedidos de patentes é diretamente proporcional ao volume de investimentos empregados na pesquisa. Os dados crescentes dos Gráficos 2, 8 e 9 nos últimos anos, revelam que o tema está ganhando relevância no setor científico e tecnológico e assim demonstra ter um potencial



de crescimento nos próximos anos, permitindo-nos dizer que a utilização de fibras no concreto pode se tornar uma tendência nas próximas décadas.

O fato de o INPI não apresentar resultados, conforme mostrado na Tabela 1, para as buscas utilizando as termos na língua inglesa com os termos em inglês que apresentaram os resultados mais relevantes desse trabalho, "*Synthetic Fiber*" AND "*Concrete*", "*Polymeric Fiber*" AND "*Concrete*" "*Vegetal Fiber*" AND "*Concrete*", causou certa frustração no decorrer da pesquisa. No entanto, esse fator pode servir de base para a prospecção tecnológica no Brasil, uma vez que dentre os resultados encontrados para os termos na língua portuguesa, pode-se observar o panorama nacional da tecnologia.

Assim, dentre as patentes encontradas no INPI, pode-se observar patentes relacionadas com os procedimentos para a fabricação de fibras sintéticas (BR 112016001546-0 A2), assim como patentes relacionadas a formulação de compósitos de fibras vegetais (BR 10 2017 018926 0 A2), poliméricos (BR 112020021494-9 A2) e de telas a base de fibras de polímeros (PI0800707-1 A2) para serem adicionadas ao concreto. Por fim, observam-se de utilidades específicas do concreto reforçado com fibras, como na construção de pisos e lajes (PI0705119-0 A2), telhas (BR 102016011622-8 A2), painéis estruturais de vedação (PI 05045374 A) e placas estruturadas com fibras de aço e sintéticas (MU 8602722-0 u).

## CONCLUSÃO

O Presente estudo possibilitou a observar os cenários, nacional e mundial, no que se refere a utilização de fibras não metálicas para reforço estrutural do concreto. Pode-se constatar um crescimento considerável da utilização da tecnologia nos últimos dez anos, indicando assim uma forte tendência à sua aplicação e utilização, principalmente em áreas em que a agressividade ambiental, a abrasão e os esforços de tração são fatores determinantes para o dimensionamento das peças estruturais. Além do fato de que a utilização fibras está ligado diretamente a sustentabilidade, pois a utilização de fibras aumenta a durabilidade e conseqüentemente a vida útil da estrutura, diminuindo assim a utilização de materiais para a construção de novas edificações.

As prospecções revelaram que os países que lideram as pesquisas são os Estados Unidos e a China. O Brasil, apesar de aparecer na terceira posição na pesquisa bibliométrica caiu para a 16ª posição quando realizada a pesquisa patentária. Esse fator revela o problema apontado pelo estudo realizado pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac) em parceria com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), onde o distanciamento entre a academia e as empresas se apresenta como elemento dificultador para o desenvolvimento da CT&I no Brasil, pois muitas vezes a tecnologia pesquisada no laboratório não chega no canteiro de obras (ANTAC; CBIC, 2013).

Ademais, refinando as pesquisas, encontraram-se muitos resultados sobre a utilização de fibras para reforço do concreto armado. Porém, encontrou-se muito pouco sobre a utilização de estruturas somente com a utilização de fibras e sem a utilização de armaduras convencionais como o aço CA-50. Vale ressaltar que pesquisa demonstrou a inexistência de normativa nacional específica para a verificação das propriedades mecânicas do concreto reforçado com fibras, sendo necessária a utilização de métodos nacionais como o europeu EN14651 de 2005, o americano ASTM C1609 de 2012 e o japonês JSCE-G 552 de 2013. Assim, a partir dessa prospecção verificaram-se as possibilidades de utilização de fibras no concreto além de se traçar um panorama para o desenvolvimento da tecnologia para os próximos anos.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar da pesquisa ter apresentado resultados contendo a utilização de fibras no concreto armado, pouco se viu sobre a utilização do concreto estrutural somente com fibras e sem a utilização de armadura convencional, o aço CA-50, o que aponta um norte para pesquisas futuras.

Outra possibilidade de trabalho futuro é a realização de uma pesquisa somente com o concreto que utilize fibras recicladas e o impacto dele na redução da retirada de materiais direto da natureza.

Entendemos ser essa uma tecnologia promissora e de muita importância para o desenvolvimento tecnológico das estruturas das edificações. Acreditamos que, em breve, a utilização de fibras será uma constante no concreto estrutural e que o Brasil invista em pesquisa e desenvolvimento nessa área, gerando assim novos produtos e um modelo de construção mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ANTAC; CBIC. **Estratégias para a formulação de Políticas De Ciência, Tecnologia e Inovação para a indústria da Construção**. Brasília: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013.
- SUZART R.Q; LEITE J.C. **O universo da Engenharia Civil: tecnologias, desafios, inovações e conquistas**. Salvador - BA. Ed. Mente Aberta, 2018.
- FRANCKLIN H. M.; MOTTA L. A. C.; CUNHA J.; SANTOS A. C.; LANDIM M. V. **Estudo da viabilidade da utilização de compósitos epóxi e fibras de sisal como reforço de estruturas de concreto armado**. IBRACON Structures and Materials Journal ,vol. 12 , nº 2, 2019.
- GUPTA, R.S., **Principals of structural design: wood, steel and concrete**, 2 ed., Boca Raton, CRC Press, 2014.
- AMARAL, J.C.; SILVA, L.; MORAVIA, W.G. **Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto**. Revista Matéria, v.22, n.1, 2017.
- DI PRISCO, M., PLIZZARI, G., VANDEWALLE, L. **Fibre reinforced concrete: new design perspectives**, Materials and Structures, v. 42, n.9, pp. 415-425, 2009.
- NETO L. F., PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 1ª edição. São Paulo, Blucher, 2006.
- SUN, Z., XU, Q., **Microscopic, physical and mechanical analysis of polypropylene fiber reinforced concrete**. Materials Science and Engineering A, v. 527, n.1-2, pp. 198-204, Dez. 2009.
- IZAGUIRRE, A., LANAS, J., ALVAREZ, J., I. **Effect of a polypropylene fibre on the behaviour of aerial lime-based mortars**. Construction and Building Materials, v. 25, pp. 992-1000, jun. 2010.
- NILI, M., AFROUGHSABET, V. **The effects of silica fume and polypropylene fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete**. Construction and Building Materials, v. 24, pp. 927-933, nov. 2009.
- ZORAN, J., G., GORDANA, A., T., C., NENAD, S., R., IVA M., D. **Abrasion resistance of concrete micro-reinforced with polypropylene fibers**. Construction and Building Materials, v. 27, pp. 305-312, Agosto 2011.
- [14] KAKOOEI, S., AKIL, H., M., JAMSHIDI, M., ROUHI, J. **The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures**. Construction and Building Materials, v.27, pp. 73-77, Agosto 2011.

[16] BARRERA, G., M., NUÑES, F., U., GENCEL, O., BROSTOW, W. **Mechanical properties of polypropylene-fiber reinforced concrete after gamma irradiation.** Composites: Part A, v. 42, pp. 567-572, jan. 2011.

AMARAL, J.C.; SILVA, L.; MORAVIA, W.G. **Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto.** Revista Matéria, v.22, n.1, 2017.

BORGES, A. P. S. N.; MOTTA, L. A. C.; PINTO, E. B. **Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais.** Revista Matéria, v.24, n.2, 2019.

CASTOLDI, R.D.; DE SOUZA, L.M.S.; SILVA, F.D. **Comparative study on the mechanical behavior and durability of polypropylene and sisal fiber reinforced concretes.** Construction and Building Materials 211 (2019) 617–628

MANFREDI, R.P.; SILVA, F.D. **Test Methods for the Characterization of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete: A Comparative Analysis.** KSCE Journal of Civil Engineering (2020) 24(3):856-866 . DOI 10.1007/s12205-020-0741-7

SILVA A. S. C.; BANDEIRA A. A. **Análise de vigas de concreto armado reforçadas à flexão com fibras de carbono: abordagem teórica e computacional.** IBRACON Structures and Materials Journal ,vol. 12 , n° 2, 2019.

LUNA A. M.; LOZANO J. Á. O.; JAIME L. P.; MARTÍNEZ J. P.; BERNAL J. J. S. **Experimental mechanical characterization of steel and polypropylene fiber reinforced concrete.** Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 37, Nº 2, 106 - 115, 2014

SALVADOR, R.P.; FERNANDES, J.F.; FIGUEIREDO, A.D. **Avaliação do concreto reforçado com baixos teores de fibras para fins estruturais segundo a norma EN 14651-2007.** Revista Matéria, v.20, n.4, pp. 961 – 974, 2015.

FERNANDES T. V.; PALIGA A. R.; PALIGA C. M. **Bending reinforced concrete beams with glass fiber reinforced polymer bars: an experimental analysis** Rev. IBRACON Structures and Materials Journal vol. 14, n° 3, 2021.

BERNARDES E. E.; MAGALHÃES A. G.; VASCONCELOS W. L.; NUNES E. H. M. **Comportamento pós-fissuração de blocos, prismas e pequenas paredes de concreto reforçado com fibra vegetal** Rev. IBRACON Structures and Materials Journal vol. 6, n° 4, 2013.

AMARAL J. C.; MORAVIA W. G. **Thermal properties of polypropylene and high modulus polyethylene fibers reinforced concretes** Rev. IBRACON Structures and Materials Journal vol. 13, n° 1, 2020.

HEO Y. ; SANJAYAN J. G. B.; HAN C. C, HAN M. C . **Synergistic effect of combined fibers for spalling protection of concrete in fire.** Cement and Concrete Research, v. 40, 2010.

SANTOS G. S.; NICÁCIO W. G.; LIMA A. W.; MELO G. S. S. A. **Sistema de reforço à punção de lajes lisas de concreto armado com polímeros reforçados com fibra de carbono (PRFC)** Rev. IBRACON Structures and Materials Journal vol. 7, n° 4, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2014.** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.



**Políticas para o Desenvolvimento de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria da Construção: Uma Análise da Aplicação na Prática**

**Policies for the Development of Science, Technology and Innovation in the Construction Industry: An Analysis of Application in Practice**

Marcos Gottschalg Discher<sup>1</sup>; Marcelo Santana Silva<sup>2</sup> Marcio Luis Valença Araújo<sup>3</sup>  
Adriano Silva Fortes<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departamento de Administração

<sup>1</sup>[marcosdischer@yahoo.com.br](mailto:marcosdischer@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>[profmarceloifba@gmail.com](mailto:profmarceloifba@gmail.com)

<sup>3</sup>[maraujo.valenca@gmail.com](mailto:maraujo.valenca@gmail.com)

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia

<sup>4</sup>[adrianofortes@ifba.edu.br](mailto:adrianofortes@ifba.edu.br)

<sup>1,2,3,4</sup> Instituto Federal da Bahia - IFBA – Salvador/BA – Brasil

<sup>1,2,3,4</sup> Av. Araújo Pinho, 39, bairro Canela, CEP 40110-150, Salvador-Bahia

**Resumo**

*A indústria da construção civil é um setor de relevância para economia nacional. Porém, apesar de sua importância, não houve grandes mudanças na cadeia produtiva e o concreto armado continua sendo o principal modelo estrutural. Parte disso se deve a forma como são desenvolvidas as políticas públicas e de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) para o setor. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar, o contexto legal e a aplicação prática, das políticas públicas e de inovação para a indústria da construção civil, se aprofundando nos envolvidos no projeto e execução das estruturas das edificações. A pesquisa foi realizada com uma abordagem qualitativa com caráter exploratório em bases de dados bibliográficas e documentais. Listando assim, os marcos regulatórios e as políticas públicas para a indústria da construção civil, par posteriormente analisar sua aplicabilidade e elencar os elementos dificultadores para o desenvolvimento de C,T&I. Ao final, percebeu-se que planejamento brasileiro deve ser à longo prazo, com investimentos em infraestrutura laboratorial e de recursos humanos, sempre promovendo um envolvimento maior entre empresas, academia, governo e o usuário final. Também é necessária a melhor utilização e disponibilização de recursos financeiros, além da atualização mais célere e efetiva dos marcos regulatórios e normas técnicas existentes.*

**Palavras-chave:** políticas públicas; construção civil; engenharia estrutural; inovação.

**Abstract**

*The construction industry is an important sector for the national economy. However, despite its importance, there were no major changes in the production chain and reinforced concrete remains*

*the main structural model. Part of this is due to the way in which public and Science, Technology and Innovation (S,T&I) policies are developed for the sector. Thus, this work aims to analyze the legal context and practical application of public and innovation policies for the civil construction industry, delving deeper into structural engineering. The research was carried out with a qualitative approach with an exploratory character in bibliographic and documental databases. Thus listing the regulatory frameworks and public policies for the construction industry, to later analyze their applicability and list the hindering elements for the development of S,T&I. In the end, it was realized that Brazilian planning must be long-term, with investments in laboratory infrastructure and human resources, always promoting greater involvement between companies, academia, government and the end user. It is also necessary to improve the use and availability of financial resources, in addition to faster and more effective updating of existing regulatory frameworks and technical standards*

**Key-words:** public policy; construction; structural engineering; innovation

## 1. Introdução

A exemplo da Europa, onde a indústria da construção é um setor chave na economia, fornecendo a infraestrutura para o desenvolvimento de outros setores (TRAVAGLINI; BELLOCCHI, 2021). O setor da construção civil é um setor de relevância para a indústria nacional e na economia brasileira. Demandando muita mão de obra, o setor emprega uma parte relevante da população. Segundo dados de 2021 da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) a cadeia produtiva da Construção participa com 7,1% do PIB brasileiro. Particularmente a Construção Civil responde por 44,1% do investimento executado no Brasil e emprega diretamente mais de dois milhões de trabalhadores com carteira assinada. Além do fato de que, encerrado o ciclo de construção e entregues as chaves, a construção civil residencial ainda é capaz de gerar até 36% dos valores das moradias em termos de demanda para os diversos setores da economia, como setor de mobiliário, decoração, eletroeletrônicos, entre outros (CBIC, 2021).

Balaguer e Abderrahim (2007), já alertavam para o fato de que, apesar de sua importância e a indústria da construção ser uma das mais antigas existentes, há uma grande defasagem tecnológica em relação a outros setores, assim como uma lenta utilização de novas tecnologias. Analisar os fatores impulsionadores da inovação nas empresas de construção é fundamental para melhorar o desempenho e sobrevivência em um ambiente que está mudando aos trancos e barrancos. Percebe-se que, historicamente, as construtoras são consideradas tradicionais e sem tendências inovativas (LÓPEZ S; YEPES, 2020). O baixo nível de progresso tecnológico implica ao setor um baixo nível de produtividade, principalmente se comparado com outros setores que em média é duas vezes maior. Mesmo na Europa, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na indústria da

construção é quatorze vezes menor do que a média da economia em geral (TRAVAGLINI; BELLOCCHI, 2021).

Não se pode dizer que a indústria da construção civil brasileira tenha modificado sua estrutura produtiva, do ponto de vista tecnológico. O concreto armado continua sendo predominante nas estruturas das edificações e as atividades seguiram, individualmente, um vetor de aprimoramento e racionalização produtiva, não havendo assim mudança estrutural de grandes proporções (BAHIA; PINHEIRO, 2017).

O modelo de licitação e contratação de obras públicas também impacta no investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas privadas. Uma vez que, o governo como cliente, é quem emite as demandas de obras públicas, e assim pode focar em resultados de P&D das empreiteiras que realizam obras públicas (KONNO; ITOH, 2018).

Segundo Fulford (2019), a melhoria na produtividade da indústria da construção está diretamente relacionada aos avanços na economia de um país. Porém, a indústria da construção é uma retardatária quando se trata de melhorias de produtividade. É fundamental que uma nação decida qual infraestrutura construir e como financiá-la, pois ela impacta diretamente no desenvolvimento de outros setores.

Com isso, surge a necessidade do desenvolvimento de estratégias e políticas públicas para o fomento à Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T & I) na indústria da construção civil, com o intuito de incentivar e promover o desenvolvimento tecnológico do setor, para reduzir o consumo de materiais, aumentar a produtividade, reduzir os impactos ambientais, aumentar a segurança mitigando falhas no modelo estrutural utilizado nas edificações, além de contribuir para o desenvolvimento do país.

Analisando o contexto legal e sua aplicação, na prática, o presente trabalho pretende contribuir na discussão das políticas públicas para a indústria da construção civil brasileira. Trazendo também um aprofundamento sobre as políticas públicas voltadas especificamente para engenharia estrutural e os agentes envolvidos.

## **2. Políticas Públicas e Marcos Regulatórios na Indústria da Construção Civil**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização, fundada em 28 de setembro de 1940, é um dos primeiros marcos regulatórios que surgem relacionados com a construção civil, sendo responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBR), trabalhando em sintonia com governos e com a sociedade com o intuito de promover o desenvolvimento, a defesa do consumidor e a segurança dos cidadãos (ABNT, 2011). Atualmente, segundo dados retirados diretamente do site da ABNT, existem 153 NBRs relacionadas à

construção civil em vigor no Brasil. Entre as relacionadas com o projeto, execução e utilização das estruturas das edificações, destacam-se a NBR-6118 “Projeto de estruturas de concreto - Procedimento” e a NBR 15575:2013 “Edificações habitacionais – Desempenho” que em sua parte 2 tem o objetivo de estabelecer os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural da edificação habitacional.

No campo legal do estado brasileiro, pode-se destacar conforme registrado no Quadro 1, o histórico dos principais marcos regulatórios da construção civil.

Quadro 1 – Histórico dos principais marcos regulatórios da Construção civil no Brasil.

Marco	Descrição
ABNT NBRs /40	A Associação Brasileira de Normas Técnicas é Fundada em 1940 e é responsável pela elaboração das Normas Brasileiras.
Lei nº 4.591/64	Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias.
Lei nº 4.864/65.	Cria Medidas de estímulo à Indústria de Construção Civil
Lei nº 5.194/66	Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo.
Lei nº 6.496/77	Institui a “Anotação de Responsabilidade Técnica” na prestação de serviços de engenharia, de arquitetura e agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - Confea, de uma Mútua de Assistência Profissional;
Lei nº 6.766/79	Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências
Lei nº 7410/85	Dispõe sobre a especialização de Engenheiros e Arquitetos em Engenharia de Segurança do Trabalho, a profissão de Técnico de Segurança do Trabalho, e dá outras providências.
Lei nº 8.078/90	Código De Defesa Do Consumidor
Lei nº 8078/90	Dispõe sobre a proteção do consumidor, e dá outras providências.
Lei nº 8195/91	Altera a Lei nº 5.194, de 24 DEZ 1966, que regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo, dispondo sobre eleições diretas para Presidente dos Conselhos Federal e Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.
Lei nº 8666/93	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.
Lei nº 9394/96	Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.
Lei nº 10.257/01.	“Estatuto da Cidade” Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Resol. nº 307/02	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Lei nº 12378/10	Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências.
Resol. nº 1.010/05	CONFEA. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional.
Lei nº 10.931/04	Dispõe sobre o patrimônio de afetação de incorporações imobiliárias, Letra de Crédito Imobiliário, Cédula de Crédito Imobiliário, Cédula de Crédito Bancário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Listadas as políticas públicas e marcos regulatórios observa-se e que eles se dividem em quatro grupos:

- Marcos regulatórios que funcionam como políticas públicas de incentivo a construção civil, como no caso da Lei nº 4.864, de 29 de novembro de 1965 que, por exemplo, determinam isenção de impostos sobre produtos industrializados em edificações utilizando tecnologias pré-fabricadas (BRASIL,1965).

- Marcos regulatórios e políticas públicas que tratam diretamente sobre a disponibilização de recursos e financiamentos para o setor, como a Lei nº 14.118 de janeiro de 2021, nomeada como o Programa Casa Verde e Amarela, voltada para o financiamento residencial e apresentando pequenas alterações no, já existente, programa Minha Casa Minha Vida. Atualmente o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) atua no setor de administração de fundos públicos, desempenhando uma política de apoio financeiro às corporações da área de engenharia e construção. Seja financiado diretamente, com solicitações realizadas ao próprio BNDES, ou indiretamente, utilizando agentes financeiros, como demais bancos privados, públicos ou de economia mista (GOES; VILELA, 2021).

Ainda dentro do mesmo grupo, outro programa que atuava fortemente no setor de investimentos é o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Criado em 2007, o PAC promoveu a execução de grandes obras de infraestrutura nos setores: social, urbano, de logística e energético. Em seu último balanço divulgado pelo Ministério do Planejamento, detalhando as ações realizadas de janeiro de 2015 a junho de 2018, revelou que o programa utilizou um montante de R\$ 603 bilhões nesse período (BRASIL, 2018).

-No terceiro grupo estão os marcos regulatórios que tratam da relação entre a construção civil e as obras públicas, a exemplo da Lei das Licitações nº 8.666 de 1993, que institui as normas e modalidades de licitações e contratos da administração pública (BRASIL, 1993).

- Por fim, os marcos regulatórios específicos para as atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil. Leis que instituem o CONFEA, o CREA e o CAU como órgãos regulamentadores, e determinam os parâmetros e implicações para todos os atores envolvidos no processo: engenheiros, arquitetos, construtoras e o usuários final.

### **3. Metodologia**

Como procedimento metodológico, utilizou-se neste trabalho uma abordagem qualitativa, com natureza exploratória, de uma revisão documental, que segundo Severino (2017), tem o propósito de levantar informações sobre um determinado objeto de forma oportunizar uma futura pesquisa explicativa, possibilitando assim a expansão do conhecimento e a discussão acerca das políticas públicas voltadas para a indústria da construção civil. A pesquisa bibliográfica realizada na base de Periódicos da CAPES e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, forneceu o instrumental analítico para o desenvolvimento do estudo (VERGARA, 2006). Já a pesquisa na base



documental, onde é muito comum para explorar informações de documentos públicos (GIL, 2002). Foi realizada em documentos oficiais do governo, dos conselhos de classe como o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), das associações como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC).

Com o resultado da pesquisa, documental e bibliográfica, montou-se um panorama da aplicação das políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil, fazendo um reconto também nas políticas voltadas para setor da engenharia responsável pelo projeto e execução das estruturas das edificações.

#### **4. Aplicação das políticas públicas e de inovação na indústria da construção civil**

Para além da existência de Políticas Públicas para o fomento de C, T&I na indústria da construção civil, é necessário o desenvolvimento de estratégias para a formulação e implantação dessas políticas, de forma a identificar os desafios e gargalos do setor (ANTAC, 2011).

Com esse intuito a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac), elaborou inicialmente o “Plano estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional”. Posteriormente a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e seus parceiros desenvolveram um estudo que chamaram de “Projeto 7 - Ciência e Tecnologia para a Inovação na Construção” propondo projetos necessários ao fomento da inovação do setor (ANTAC; CBIC, 2013).

Por fim a CBIC convidou a Antac, unindo a academia, o setor privado e o setor público, formulando assim um documento que foi intitulado de “Estratégias para a formulação de Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Indústria da Construção Civil”. Onde foram identificados os elementos dificultadores e problemas de infraestrutura, além de definidas as propostas de projetos estratégicos e políticas públicas para desenvolvimento de C,T&I na área de tecnologia do ambiente construído (ANTAC ; CBIC, 2013). Esses elementos serão citados e discutidos nos parágrafos a seguir.

Para ocorrer o desenvolvimento C,T&I na indústria da construção civil alguns elementos dificultadores precisam ser superados para se obter sucesso na implantação dos programas de fomento. Um deles apontados pela ANTAC e CBIC (2013) é o distanciamento que existe entre as empresas, a academia e o governo, criando assim um gap no atendimento das necessidades do setor. Faltam ações setoriais mais claras, as universidades e os institutos de pesquisa são pouco ativos na aproximação com o mercado e o setor público para a captação das necessidades e demandas, direcionando assim as pesquisas. Os agentes de mercado por sua vez têm pouca familiaridade com a

academia, tendo a impressão de que ela não pode resolver seus problemas e nem atender suas necessidades. Assim as empresas não procuram a academia, com isso não são formadas parcerias para o desenvolvimento de produtos e a transferência da tecnologia.

Um projeto estratégico para superar esse elemento dificultador é a implantação de modelos de desenvolvimento de C,T&I focados em aproximar academia, empresas e governo. Para isso precisam ser criados centros de pesquisa especializados e parques tecnológicos com editais de pesquisas que possibilitem o envolvimento ente as partes interessadas. Sempre focando no fomento de projetos que integrem os agentes, voltados para arranjos produtivos, com modelos experimentais em escala real ou com demonstração de protótipos. Por fim estabelecendo parcerias entre a academia e empresas para a transferência de tecnologia (ANTAC; CBIC, 2013). Fator esse, corroborado por um estudo realizado por Xu, Huang e Xu (2014), onde foram analisadas 270 empresas chinesas e conclui-se que, tanto os incentivos públicos para P&D, quanto a transferência de conhecimento de universidades e centros de pesquisa para as empresas, aumentam o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos. Outro fator importante apontado pelo estudo é que, o incentivo a P&D nas universidades, e a conseqüente transferência da tecnologia desenvolvida para as empresas, é mais eficaz que o incentivo a P&D diretamente nas empresas.

Para se promover maior integração entre os agentes do setor é necessário estabelecer diretrizes que envolvam toda a cadeia produtiva, inclusive incluindo o usuário final. Pois, é necessário conhecer as necessidades e anseios dos usuários e conscientizá-los de quanto o nível de inovação agrega valor à edificação, além de trazer benefícios para ele. Todos os agentes devem estar focados em fornecer tanto projetos, como materiais, produtos e sistemas construtivos com propostas inovadoras (ANTAC; CBIC, 2013). Um estudo realizado por López e Yepes (2020), onde foram estudadas 103 empresas do setor da construção da Espanha, correlacionou os elementos considerados inovadores com o desempenho dessas empresas. De dezoito elementos analisados, “tecnologia e equipamentos” e “aquisição de software” foram os dois considerados mais relevantes. Porém, segundo os autores, fatores como colaboração, motivação e o envolvimento do cliente são considerados fundamentais para que as estratégias de inovação funcionem e tenham sucesso.

Outro ponto dificultador é o acesso ao conhecimento existente, principalmente por parte das empresas de menor porte. Como os resultados das pesquisas são normalmente publicados em veículos acadêmicos e as associações de classe e entidades setoriais nem sempre dão muito peso aos resultados e avanços trazidos pelas pesquisas, muitas vezes as inovações não são efetivamente utilizadas pelos agentes do setor. Fato que também esbarra no conservadorismo, uma vez que empresas públicas e privadas não possuem departamentos de P&D. Pois, ao não enxergarem a pesquisa como agregadora de valor, não se sentem motivadas a investir em inovação tecnológica (ANTAC; CBIC, 2013). Um estudo realizado por Konno e Itoh (2018) demonstrou que a P&D

estimula a produtividade no Japão e que o investimento em P&D está diretamente relacionado aos lucros das empreiteiras que realizam obras públicas.

O conflito entre a necessidade a “curto prazo” e o desenvolvimento a “longo prazo” também é outro elemento dificultador. Como as empresas estão acostumadas a resolver problemas do dia a dia através de inovações incrementais, elas têm dificuldade em aceitar que, muitas vezes, o processo de pesquisa e desenvolvimento é longo e árduo, além de implicar em riscos. Por outro lado, falta agilidade operacional dos institutos de pesquisa, universidades e agências de fomento (ANTAC; CBIC, 2013). Conforme apresentado por Travaglini e Bellocchi (2021), o setor da construção apresenta algumas características intrínsecas, e uma delas é o fato de que o ciclo de desenvolvimento de um produto é muito mais longo que em outros setores da indústria, assim como o vida útil do produto também é mais longa. Segundo Fulford (2019) a abordagem de curto prazo impede as melhorias de produtividade. O planejamento precisa ser à longo prazo, deve considerar uma inovação mais ampla, focada em uma região e não em apenas um ponto.

O setor depara-se também com as limitações, na base legal e de dados, para regulamentação e estímulo à C,T&I. Começando pela indisponibilidade de dados específicos, para apoio a C,T&I, sobre desempenho de materiais, componentes disponíveis, benchmarking internacional sobre inovações que possam atender as demandas internas do país. Passando pela inexistência de legislação com incentivos concretos para real implantação da industrialização na construção, com regulamentação da base legal (tributos e leis) para estimular a inovação no setor, além do marco legal, a Lei nº 8.666 de 1993, utilizado para compras e contratações no setor público inibir a utilização de inovações em empreendimentos públicos (ANTAC; CBIC, 2013). Fator também percebido em outros países como a Rússia, por exemplo, onde as dificuldades econômicas e financeiras, bem como a legislação inadequada, são as barreiras mais significativas à inovação (SUPRUN; STEWART, 2015).

Diferentemente do que ocorre no Japão, onde, segundo o estudo realizado por Konno e Itoh (2018), o sistema de licitações do governo impacta positivamente no investimento em P&D das empreiteiras japonesas. A pesquisa realizada, atribuiu notas para o nível de P&D das empresas e concluiu que empresas com baixo nível de P&D ficam limitadas a licitar obras públicas que dispensam propostas técnicas, portanto, ficando sujeitas a um ambiente em que a competição foca no preço. Assim os resultados empíricos da pesquisa demonstraram que os investimentos em P&D aumentam os lucros futuros.

Nas normas de contrato e licitações para a administração pública brasileira, a lei nº 8.666 determina em seu artigo 12 os requisitos a serem considerados em projetos básicos e executivos de obras. No artigo são citados requisitos importantes como a segurança, a economia de materiais, a mão-de-obra local a ser utilizada, o impacto ambiental, mas em nenhum momento é levado em

consideração o caráter inovativo nas propostas. A inclusão deste item, e quem sabe até torná-lo prioritário, traria para as obras públicas um caráter inovador, servindo de exemplo para os demais setores da iniciativa privada. Principalmente se os empreendimentos públicos demonstrarem que o caráter inovativo gerou benefícios econômicos, como por exemplo, a economia de energia, o conforto térmico, menor tempo de execução, maior vida útil menor manutenção, entre outros.

Para avaliar porque a inovação é raramente incluída e estimulada em projetos e empreendimentos de engenharia civil e o que é necessário para estimular a inovação, principalmente partindo do processo de licitações de obras públicas, Lenderink et al (2020) realizaram um estudo de caso na Ponte de Boekelo, localizada na Holanda, onde desenvolveram e aplicaram um método para avaliar a implantação do quesito inovativo, na licitação e contratação de projetos de construção.

No projeto de licitação estudado, os critérios adotados para a contratação foram: a qualidade arquitetônica, considerando a beleza da ponte; o tempo de execução; o preço, onde foi estipulado um teto máximo de € 8,2 milhões; e a inovação. O item inovação foi inserido da seguinte maneira no processo de licitação, cada proponente poderia inserir três inovações, de processo ou de produto, em sua proposta. Montou-se então uma tabela para analisar e pontuar o grau de inovação e aplicabilidade da mesma. Por fim a proposta que obtivesse a pontuação máxima, no quesito inovativo, receberia uma redução fictícia de € 1 milhão em sua proposta no momento do leilão (LENDERINK et al, 2020).

Outro ponto estratégico para o desenvolvimento de C,T&I na indústria da construção civil está na infraestrutura necessária para o sucesso na implantação dos programas de fomento às linhas de pesquisas do setor.

Não tem como se pensar em infraestrutura para C,T&I sem pensar em laboratórios e recursos financeiros. No entanto, falta infraestrutura laboratorial em universidades e empresas, tanto para a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) quanto para a avaliação de desempenho e controle tecnológico de materiais e edificações. Recursos humanos também se enquadram dentro das limitações da infraestrutura existente. Pois, existe um baixo volume de pesquisadores e técnicos, treinados e capacitados, para atuarem na academia, uma vez que os valores das bolsas de estudo, comparadas aos valores praticados pelo mercado aquecido, não atraem bons profissionais. Aliado a isso, ainda faltam grupos de pesquisa capacitados para a inovação e o desenvolvimento tecnológico (ANTAC; CBIC, 2013). Esse fator também foi apontado por Olawumi e Chan (2020) em estudo que realizado com 220 entrevistados de 21 países, onde se constatou que há uma necessidade dar maior prioridade ao desenvolvimento do capital humano, tanto oferecendo treinamento quanto equipamentos e infraestrutura, para atender à tendência atual de inovação na indústria da construção.

Já relacionado à aplicação dos recursos públicos, um dos principais atores no setor da política pública voltada ao financiamento na construção civil está o BNDES. Porém, ao se analisar sua atuação, encontram-se alguns vícios que prejudicam o processo. Goes e Vilela (2021) realizaram um estudo constatando que o BNDES, responsável pelo apoio financeiro às empresas de serviço e construção de engenharia, é utilizado para o diálogo entre as elites, atuando como facilitador do uso do dinheiro público. Onde, nos últimos vinte anos, um grupo de empresas lideradas por Camargo Corrêa, Andrade Gutierrez, Odebrecht e Queiroz Galvão, vem se alinhando e aprofundado na política de transferência de recursos públicos para empresas privadas. Isso diretamente, no balcão do BNDES ou indiretamente, nos salões de bancos privados. As empresas se aproximam do governo, em um sistema de mercado onde o fator determinante é a vontade política (GOES; VILELA, 2021).

Apontado como forte ator no setor de investimentos, o PAC teve suas atividades suspensas em 2018, interrompendo assim um ciclo de investimentos que movimentava um montante de R\$ 200 bilhões por ano (BRASIL, 2018). Segundo o Ministério do Planejamento, atualmente existem 4.669 obras do PAC paralisadas. Assim, além do corte desses investimentos, um estudo realizado em 2018 pelo CBIC em parceria com o SEBRAE intitulado “Impacto Econômico e Social da Paralisação das Obras Públicas” estima que as obras paralisadas, que foram iniciadas com recurso público, geram um custo de 76,7 bilhões para o país. Ou seja, o fato de não terminar as obras iniciadas, além de desperdiçar o dinheiro investido ainda gera um custo elevado para o país.

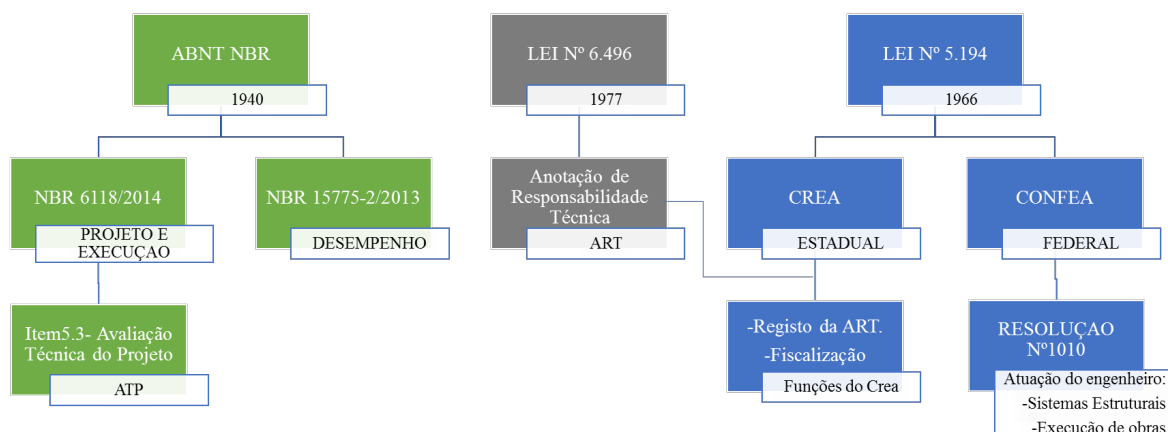
Em estudo realizado em 2021 pela CBIC chegou-se à conclusão que a indústria da construção corresponde a 44,1% de todo investimento executado no país. No entanto, percebe-se que o BNDES, o PAC e todo esse volume de investimentos estão focados puramente na execução de empreendimentos, sejam habitacionais ou de infraestrutura. Não que isso não tenha o seu valor na economia e no campo social gerando empregos, mas não se vê uma preocupação com o desenvolvimento de C,T&I na indústria da construção civil e que o quesito inovativo não é critério na hora de contratações de serviços e obras, bem como na liberação de recursos e financiamentos.

Assim, percebe-se que existem investimentos e opções de financiamento para empresas que executam obras e empreendimentos e muito pouco para empresas institutos de pesquisa que trabalham com P&D. Huergo, Trenado e Ubierna (2015) investigaram a forma como os empréstimos públicos para projetos de P&D afetam as empresas espanholas. Assim concluíram que a eficácia dos empréstimos públicos a juros baixos é significativa, principalmente quando voltados para pequenas e médias empresas.

Para uma melhor análise da aplicação das políticas públicas no setor da engenharia responsável pelo projeto e execução das estruturas das edificações, montou-se o diagrama

apresentado na Figura 1, onde se pode observar a interligação entre as regulamentações existentes, bem como as atribuições dos agentes envolvidos.

Figura 1 – Diagrama de Políticas Públicas com foco na Engenharia Estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Em **verde**, na Figura 1, apresentam-se as prescrições normativas da ABNT. Serão detalhadas e aprofundadas a NBR 6118 e a NBR 15775-2. No Brasil, as edificações construídas utilizando o concreto armado devem seguir as prescrições da ABNT indicadas na NBR 6118, que teve sua última versão lançada em 2014. Norma esta que define, tanto os procedimentos quanto os critérios que regem o projeto de estruturas de concreto armado e pretendido, trazendo também os requisitos relativos a cada etapa do projeto estrutural (ABNT, 2014).

O item 5.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014) traz os “Requisitos de Qualidade do Projeto”, onde a solução estrutural adotada deve atender aos requisitos relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura. Com o intuito de garantir que o projeto estrutural vai atender as prescrições normativas, aumentando assim a segurança da edificação, visto que a estrutura tem a função de sustentar a edificação, a NBR 6118 estabelece em seu item 5.3 a obrigatoriedade da Avaliação Técnica do Projeto (ATP) a ser realizada por um engenheiro independente do que fez o projeto (ABNT, 2014).

Além das etapas de projeto e execução da obra, precisa-se pensar no usuário final. A obra deve atender as condições mínimas de desempenho. Neste universo surge em 2013 a NBR 15575, que ficou conhecida como “Norma de Desempenho”. Em sua Parte 2, traz os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural. “*Avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço para o setor e constitui o caminho para a evolução de todos que compõem a cadeia da construção civil*” (CBIC, 2013).

Apesar da ABNT, através das NBRs, se demonstrar muito influente na normatização da indústria brasileira da construção civil, existem alguns pontos que precisam ser ponderados nesse

processo de normatização. Percebe-se que o processo de revisão das normas é muito lento. Tomando como exemplo as normas anteriormente citadas, a última versão da NBR 6118 é de 2014 e a da NBR 15575 é de 2013. Esse fator prejudica a normatização de novas tecnologias e conseqüentemente a sua inserção no mercado. Para isso, basta imaginar que, hipoteticamente, uma tecnologia que foi desenvolvida e ficou pronta para ser utilizada em 2015, já está aguardando seis anos o seu processo de normatização, visto que estamos em 2021.

No auxílio a regulamentação e fiscalização do exercício dos profissionais que atuam na engenharia estrutural, surge em 1966 a Lei nº 5.194, conforme indicado em **Azul** na Figura 1. A Lei nº 5.194 institui a criação do CONFEA, que por sua vez publica em 2005 a Resolução nº 1.010 que determina os campos de atuação profissional no âmbito da engenharia civil. A mesma Lei nº 5.194, cria o CREA e em seu artigo 34 atribui ao mesmo a função de organizar o sistema de fiscalização e de criar inspetorias específicas para maior eficiência na fiscalização.

Conforme apresentado em **Cinza** na Figura 1, em 1977 surge a Lei nº 6.496 que auxilia o CREA nesse processo de regulamentação e fiscalização, pois ela determina que, para todo projeto ou obra executada por profissional de engenharia, deve ser registrada junto ao CREA a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). No seu Art. 2º, a Lei nº 6.496 diz que a ART define, para os efeitos legais, os responsáveis técnicos pelo empreendimento. Assim a ART se torna uma importante ferramenta para auxiliar o CREA na fiscalização das atividades de engenharia. Pois, além de atribuir responsabilidade aos autores, também possibilita um conhecimento e acompanhamento, por parte do CREA, dos novos empreendimentos.

## **6. Considerações finais**

De fato, a Indústria da Construção Civil demonstra ter sua importância para economia e o desenvolvimento do Brasil, além de desempenhar uma função social na geração de renda para milhões de trabalhadores.

Pode-se verificar também a existência de uma série de políticas públicas e marcos regulatórios, começando com o Foro Nacional de Normalização, fundado em 28 de setembro de 1940 formando a ABNT, dando início assim ao processo de normatização da construção civil brasileira. Vale ressaltar que apesar da importância e da normatização, o processo de revisão demonstrou-se muito lento e assim prejudicial para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Destacam-se, dentre as políticas públicas relacionadas à engenharia estrutural, a ABNT com a publicação da NBR 6118 que trata do Projeto e da execução de obras e a NBR 15575 2 que trata do desempenho das estruturas e as Leis, nº 5.194 que cria o CONFEA e o CREA, e nº 6.496 que institui o registro da ART. Essas três medidas trabalhando em conjunto, estabelecem critérios e



parâmetros, tanto para o projeto e execução de empreendimentos, quanto para a fiscalização e responsabilização dos atores envolvidos no processo.

No quesito financeiro, pode-se observar a presença maçante de financiamentos, tanto para obras de infraestrutura, no caso do BNDES e PAC, como para obras habitacionais, no caso do Programa Casa Verde e Amarela, mesmo que muitas vezes o dinheiro não seja utilizado da forma idealizada pelos programas. Por outro lado, pouco se encontrou no setor voltado para o incentivo a P&D e a inovação, o que justifica o fator de que, apesar de a construção civil ser um setor antigo, apresenta grande defasagem tecnologia em relação a outros setores.

Assim é necessária uma política nacional para desenvolvimento da cadeia produtiva na construção civil focando em produtos inovadores. Para haver segurança para investidores de P&D no setor, é necessário que haja uma constância no volume de produção de obras habitacionais e de infraestrutura. Os agentes públicos precisam implantar ações inovadoras servindo de exemplo para os agentes privados. Para isso são necessárias mudanças no mecanismo de compras e contratações públicas, para que elas não sejam baseadas unicamente na Lei nº 8.666, que se preocupa somente com preço inicial da obra, e sim que passem a privilegiar a inovação, o desempenho e o custo da edificação ao longo da sua vida útil.

Por fim, após discutir as políticas públicas para a indústria da construção civil, bem como analisar sua aplicabilidade e listar os elementos dificultadores para o desenvolvimento de C,T&I, percebe-se que o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer, onde o planejamento deve ser à longo prazo, com investimentos em infraestrutura laboratorial e de RH, sempre promovendo um envolvimento maior entre empresas, a academia, o governo e o cliente como usuário final. Também é necessária a melhor utilização e disponibilização de recursos financeiros, além da atualização mais célere e efetiva dos marcos regulatórios e normas técnicas existentes.

### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2014**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:2013** “Edificações habitacionais – Desempenho”. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **História da normalização brasileira**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ANTAC; CBIC. **Estratégias para a formulação de Políticas De Ciência, Tecnologia e Inovação para a indústria da Construção**. Brasília: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013.

ANTAC: **“Projeto 7 - Ciência e Tecnologia para a Inovação na Construção”. Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil: elementos para a formulação de uma política para o setor**. Porto Alegre: Antac – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2011.



BAHIA, L. D. ; PINHEIRO, B. R.. **Evolução dos índices de tecnologia dos complexos têxtil e construção civil no Brasil**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA, 2017. (Texto para Discussão, n. 2292).

BRASIL - **Lei nº 5.194 de 24 de Dezembro de 1966** – Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências, 1966.

BRASIL - **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências, 1993

BRASIL – **PAC 7º Balanço 2015-2018**. Balanço do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)., Ministério do Planejamento. Brasília 2018 Disponível em: <<http://pac.gov.br/pub/up/relatorio/37855886e9418dce3f9baf3128444233.pdf>> Acesso em: 19 junho. 2021.

CBIC; SEBRAE. **Impacto Econômico e social da Paralisação das Obras**. Brasília : Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2018.

CBIC. **Pós-obra: geração de renda e emprego na economia / Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Brasília : Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2021.

CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília : Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2013

CONFEA - **Resolução Nº 1.010 de 22 de agosto de 2005**. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. 2005.

FULFORD, R.G. **The implications of the construction industry to national wealth**, Engineering, Construction and Architectural Management, (2019), DOI 10.1108/ECAM-03-2018-0091.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOES, F. L.; VILELA, R. O. **Uma análise do financiamento indireto do BNDES por meio de agentes financeiros: o caso das empresas de engenharia e de construção no Brasil** . Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA, 2021. (Texto para Discussão, n. 2639).

HUERGO, E.; TRENADO, M.; UBIERNA, A. **The impact of public support on firm propensity to engage in R & D: Spanish experience**. Technological Forecasting and Social Change, 2015 <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.011>

KONNO, Y.; ITOH, Y. **Empirical analysis of R&D in the Japanese construction industry based on the structure conduct performance model**. Tokyo-Japan: Cogent Business & Management, 2018. DOI: 10.1080/23311975.2018.1429347

LENDERINK, B.; HALMAN, J.I.M.; BOES, H; VOORDIJK, H., **A method to encourage and assess innovations in public tenders for infrastructure and construction projects**, Construction Innovation , 2020. DOI 10.1108/CI-05-2019-0044

LÓPEZ S.; YEPES V. **Impact of R&D&I on the Performance of Spanish Construction Companies**, Advances in Civil Engineering, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7835231>

NETO F.A.C.; CASTRO A.E.P.C. **Planejamento urbano para governança das cidades: a situação dos planos diretores dos municípios cearenses**. Revista do Serviço Público (RSP), Brasília, DF: 2020. <https://doi.org/10.21874/rsp.v71.i0.4670>

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24 ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2017.

SUPRUN, E. V.; STEWART, R. A.. **Construction innovation diffusion in the Russian Federation**. Russian . Construction Innovation, 2015. DOI 10.1108/CI-07-2014-0038

TRAVAGLINI, G.; BELLOCCHI, A. **A quantitative analysis of the European Construction sector: Productivity, investment and Competitiveness**. Working Paper FDV - Fondazione Di Vittorio . Roma - Itália . ISSN 2724-1882

VERGARA, Silvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

XU, K; HUANG, K.F.; XU, E. (2014). **Giving fish or teaching to fish? An empirical study of the effects of government research and development policies**. Beijing-China. R&D Management. 2014. <https://doi-org.ez357.periodicos.capes.gov.br/10.1111/radm.12087>

## ANEXO

Nome completo: Marcos Gottschalg Discher

Filiação institucional: Instituto Federal da Bahia (IFBA), Mestrado PROFNIT

Departamento: Administração

Função ou cargo ocupado: Discente

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Isaías Ferreira Canário, 267, Apto4, Centro, Euclides da Cunha - Ba, Brasil. CEP: 48.500-000

Telefones para contato: 27 99892-0730

*e-mail: marcosdischer@yahoo.com.br*

Nome completo: Marcelo Santana Silva

Filiação institucional: Instituto Federal da Bahia (IFBA), Mestrado PROFNIT

Departamento: Administração

Função ou cargo ocupado: Docente

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Emídio dos Santos, s / n - Barbalho, Salvador - BA, 40301-015

Telefones para contato: (71) 99130-6428

*e-mail: profmarceloifba@gmail.com*

Nome completo: Marcio Luis Valença Araújo

Filiação institucional: Instituto Federal da Bahia (IFBA), Mestrado PROFNIT

Departamento: Administração

Função ou cargo ocupado: Docente

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Embira, n. 154, Condomínio ETCO, apt. 1202A, Patamares, CEP: 41680-113, Salvador-BA

Telefones para contato: 71 98889-6527

*e-mail: maraujo.valenca@gmail.com*

Nome completo: Adriano Silva Fortes

Filiação institucional: Instituto Federal da Bahia (IFBA), Mestrado PROFNIT

Departamento: Administração

Função ou cargo ocupado: Docente

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Estrada do coco, km 4,5, Condomínio Villas do Bosque P3, Lauro de Freitas-Ba Brasil. CEP: 42.716-380

Telefones para contato: 71 99177-0113

*e-mail: adrianofortes@ifba.edu.br*



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

## Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512022001237-5**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 10/08/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

**Título:** MGDcalc - Dimensionamento de punção em lajes protendidas

**Data de criação:** 10/08/2021

**Titular(es):** INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA - IFBA

**Autor(es):** EDUARDO OLIVEIRA TELES; MARCIO LUIS VALENÇA ARAÚJO; ANDRÉ LUIS ROCHA DE SOUZA; MARCELO SANTANA SILVA; MARCOS GOTTSCHALG DISCHER; DAVI SILVA NASCIMENTO; ADRIANO SILVA FORTES

**Linguagem:** C#; .NET; OUTROS

**Campo de aplicação:** CC-05

**Tipo de programa:** SM-01

**Algoritmo hash:** SHA-512

**Resumo digital hash:**

cd0d64d1b831d4c7d13b12acc16e9e4bea3f92d4c57a1de2b93ee3b44b40f06f57903473b8b6e60631feba7e2e39c576cf60f6dc1934fb0e0f45a18ddead7967

**Expedido em:** 31/05/2022

**Aprovado por:**

Joelson Gomes Pequeno

Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021

**ANEXO B – Comprovantes de submissão de artigos****ARTIGO 1 – Artigo já com data agendada para publicação.**

Artigo 44907 Aprovação final - Revista Cadernos de Prospecção, v. 15, n. 4, outubro a dezembro de 2022

Yahoo/Enviados

•

---

**Denise Bunn** <projetos.lede@gmail.com>

**Para:**marcos discher,GIVANILDO SANTOS,EDUARDO OLIVEIRA TELES

**Cc:**Wagna Piler

qua., 27 de jul. às 10:18

Prezados autores, bom dia!

Solicitamos, por gentileza, a leitura completa do artigo submetido à Revista Cadernos de Prospecção, v. 15, n. 4, outubro a dezembro de 2022, que está anexo.

Este é o momento para apontar erros tipográficos e de layout antes da finalização para a publicação. Solicitamos especial atenção para figuras, quadros, tabelas e gráficos.

Por favor, encaminhar os ajustes até o dia 31/07/2022. Caso não encontre divergências, solicitamos que nos informe também para que possamos publicar.

Em caso de dúvidas, entre em contato por este e-mail: [projetos.lede@gmail.com](mailto:projetos.lede@gmail.com)

Agradecemos desde já sua colaboração, que é fundamental para a qualidade da revista.

Atenciosamente,

**Denise A. Bunn**

[projetos.lede@gmail.com](mailto:projetos.lede@gmail.com)

(48) 996197574 também Whatsapp

---

**ARTIGO 2**

[CP] Agradecimento pela submissão

Yahoo/Entrada

•

---

**Denise A. Bunn** <projetos.lede@gmail.com>

**Para:** Marcos Gottschalg Discher

seg., 25 de jul. às 11:07

Marcos Gottschalg Discher:

Obrigado por submeter o manuscrito, "A UTILIZAÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS NÃO METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA" ao periódico Cadernos de Prospecção. Com o sistema de gerenciamento de periódicos on-line que estamos usando, você poderá acompanhar seu progresso através do processo editorial efetuando login no site do periódico:

URL da

Submissão: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/authorDashboard/submission/50293>

Usuário: mgdischer

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Denise A. Bunn

=====

Revista Cadernos de Prospecção

<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit>

---

**ARTIGO 3**

[revistageintec] Submission Acknowledgementz

Yahoo/Enviados

•

---

**Revista GEINTEC** <editor@revistageintec.net>

**Para:** Marcos Gottschalg Discher

qui., 11 de nov. de 2021 às 12:11

Marcos Gottschalg Discher:

Thank you for submitting the manuscript, "Políticas para o Desenvolvimento de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria da Construção: Uma Análise da Aplicação na Prática" to REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript

URL: <https://www.revistageintec.net/index.php/revista/authorDashboard/submission/2630>

Username: mgdischer

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Revista GEINTEC

---