

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DIRETORIA DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO DE OLIVEIRA COUTO

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DE NORMAS TÉCNICAS DA ABNT REFERENTES A
PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2025

EDUARDO DE OLIVEIRA COUTO

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DE NORMAS TÉCNICAS DA ABNT REFERENTES A
PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Dr. Euler Wagner Freitas Santos.

**ARACAJU
2025**

C871e Couto, Eduardo de Oliveira.
Estudo das alterações de normas técnicas da ABNT referentes a projeto e execução de estruturas de concreto armado. / Eduardo de Oliveira Couto. – Aracaju, 2025.
134f.: il.

Monografia – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS.
Orientador: Prof. Dr. Euler Wagner Freitas Santos.

1. ABNT. 2. Engenharia Civil. 3. Concreto armado - estrutura. I. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. II. Santos, Euler Wagner Freitas. III. Título.

CDU: 624:006

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Célia Aparecida Santos de Araújo

CRB 5/1030

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia N° 297

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DE NORMAS TÉCNICAS DA ABNT REFERENTES A
PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

EDUARDO DE OLIVEIRA COUTO

Esta monografia foi apresentada às 9 h02 do dia 10 de MAI/20 de 2025 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.


Prof. M.Sc. Marclito Fabiano Góvilho da Silva

(IFS – Campus Aracaju)

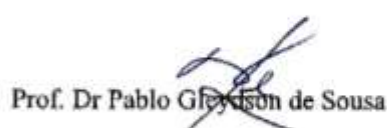

Prof. M.Sc. Fábio Wendell da Graça Nunes

(IFS – Campus Lagarto)


Prof. Dr. Euler Wagner Freitas

(IFS – Campus Aracaju)

Orientador


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)

Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

As palavras a seguir não conseguirão expressar a minha gratidão por finalizar este ciclo que foi uma batalha na minha vida e dos que estão comigo.

Primeiramente, agradeço a Deus por poder compartilhar este momento com meus pais em vida. É uma vitória para todos nós.

Aos meus pais, Paulo e Edna, por ter sido um porto seguro durante toda minha vida. Essa vitória é de vocês também. Muito obrigado por serem tão bons comigo sempre!

À minha família pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Euler Wagner, por ter sido tão presente e paciente no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por acreditar que eu seria capaz de concluir este trabalho.

Aos meus professores por contribuírem para o meu desenvolvimento técnico e pessoal. Cada um contribuindo com algum ensinamento que levarei para a vida.

A meu primo Rodrigo, que é o irmão que eu não tive, pela irmandade e amor desde sempre.

Aos amigos Allyson, Daniel, Lucena, Testa e Yuri, por estarem comigo e me apoiarem.

Aos amigos que fiz na graduação por compartilharem momentos bons e ruins. Agradeço a João Pedro, Isabela, Lorena, Raian, Rafael Silva, Joabe e tantos outros, mas especialmente a Danilo pela parceria durante o curso, Rafael Pereira por estar presente em vários momentos do ensino superior e a Geiziane por não me deixar desistir durante as adversidades da graduação.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

COUTO, Eduardo de Oliveira. **ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DE NORMAS TÉCNICAS DA ABNT REFERENTES A PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** 134f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2025.

O concreto é considerado um dos materiais mais utilizados do planeta, e ao ser utilizado com o aço tem-se o concreto armado. Diante da sua importância para a engenharia civil, e a fim de obter o melhor aproveitamento das características desse material, deve-se atender aos requisitos preconizados nas normas vigentes, que no Brasil é ditada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Com isso, tem-se a necessidade constante de atualização das normas para acompanhar os avanços tecnológicos e demandas de boas práticas, que surgem com o passar do tempo. Nesse contexto, este trabalho objetiva identificar as principais mudanças e alguns impactos entre as revisões de algumas normas alusivas a projetos e execução de estruturas de concreto armado, com destaque para a NBR 6118, NBR 15200, NBR 12655 e a NBR 14931. A análise do tema ocorreu através da comparação entre as duas últimas revisões das normas citadas, onde foram elencadas as alterações e divididas em dois grupos: aspectos gerais e modificações relevantes. Apesar da NBR 12655 ser a única que não constam grandes mudanças, através dessa conferência, notou-se uma quantidade considerável de alterações relevantes nas outras três normas, impactando diretamente o projeto e a execução de estruturas de concreto armado. Um alteração a se destacar foi a adição do coeficiente de fragilidade do concreto, na NBR 6118:2023, para concretos acima de 40 MPa, o que resulta em um decréscimo da tensão de compressão do concreto em mais de 40%, para concretos com 200 MPa, em relação a anterior.

Palavras-chave: ABNT; Estruturas; Projeto; Execução; Concreto Armado.

ABSTRACT

COUTO, Eduardo de Oliveira. **STUDY OF CHANGES IN BRAZILIAN TECHNICAL STANDARDS CONCERNING THE DESIGN AND EXECUTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**. 134f. Monograph (Bachelor's Degree in Civil Engineering) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2025.

Concrete is considered one of the most widely used materials on the planet, and when used with steel, it is known as reinforced concrete. Given its importance for civil engineering, and in order to make the most of the characteristics of this material, it must meet the requirements set forth in current standards, which in Brazil are dictated by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). Therefore, there is a constant need to update standards to keep up with technological advances and demands for good practices, which arise over time. In this context, this work aims to identify the main changes and some impacts between the revisions of some standards related to the design and execution of reinforced concrete structures, with emphasis on NBR 6118, NBR 15200, NBR 12655 and NBR 14931. The analysis of the subject occurred through the comparison between the last two revisions of the aforementioned standards, where the changes were listed and divided into two groups: general aspects and relevant modifications. Although NBR 12655 is the only standard that does not include major changes, this conference revealed a considerable number of relevant changes in the other three standards, directly impacting the design and execution of reinforced concrete structures. One change worth highlighting was the addition of the concrete fragility coefficient in NBR 6118:2023 for concretes above 40 MPa, which results in a decrease in the concrete compressive stress of more than 40% for concretes with 200 MPa, compared to the previous standard.

Keywords: ABNT; Structures; Design; Execution; Reinforced Concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre a resistência relativa e a massa específica relativa.....	18
Figura 2 – Relação entre a Resistência à compressão com relação água/cimento.....	21
Figura 3 – Parede em concreto ciclópico.	23
Figura 4 – Muros de concreto ciclópico.	24
Figura 5 – Edifício E-TOWER em São Paulo.	25
Figura 6 – Acoplamento entre caminhão betoneira e autobomba de concreto.....	26
Figura 7 – Viga em formato “I” em CAA.	26
Figura 8 – Alvenaria com graute.....	27
Figura 9 – Grauteamento de prismas.	28
Figura 10 – Obra de arte especial (Viaduto do DIA, Aracaju-SE) em Concreto Armado.	29
Figura 11 – Relação entre Normas Brasileiras de concreto.....	30
Figura 12 – Destacamento do concreto em pilar.	42
Figura 13 – Destacamento do concreto em pilar.	43
Figura 14 – Fator de redução da resistência do concreto silcoso em função da temperatura, segundo a NBR 15200:2024.	44
Figura 15 – Conceito de tempo equivalente.	53
Figura 16 – Mudança no título da norma ABNT NBR 14931.	60
Figura 17 – Determinação da espessura do revestimento em lajes maciças e nervuradas.	70
Figura 18 – Dimensão do “C ₁ ” para verificação do método tabular.	70
Figura 19 - Lâminas a serem consideradas no estudo de pilares-parede.	71
Figura 20 - Vinculações e comprimentos relativos das lâminas consideradas no estudo de pilares-parede.	72
Figura 21- Aplicação de protensão com pré-tração.....	85
Figura 22 - Diagrama de tensão-deformação para análise não linear.	87
Figura 23 - Seção transversal a considerar a área da armadura.	91
Figura 24 - Diagrama de tensão-deformação para análise não linear.	93
Figura 25 - Comprimento equivalente “I _e ” do elemento comprimido (2014).	100
Figura 26 - Comprimento equivalente “I _e ” do elemento comprimido (2023).	101
Figura 27 - Rigidez equivalente para vãos de vigas contínuas de concreto armado (2023).	102
Figura 28 - Ancoragem passiva Rudloff tipo “U”.	118
Figura 29 - Detalhe das tolerâncias especificadas na Tabela 35.	122
Figura 30 - Detalhe da tolerância de placas de apoio.	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Plano de concretagem.....	33
Tabela 2 – Características das barras, segundo a NBR 7480:2024.....	34
Tabela 3 - Características dos fios, segundo a NBR 7480:2024.....	35
Tabela 4 - Requisitos mecânicas de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado- NBR 7480:2024.	36
Tabela 5 - Classes de agressividade ambiental (CAA)-NBR 6118:2023.	38
Tabela 6 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto, segundo a NBR 6118:2023.	40
Tabela 7 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto, segundo a NBR 6118:2023.	40
Tabela 8 - Valores das relações $k_{(c,\theta)}=f_{(c,\theta)}/f_{ck}$ para concretos de massa específica normal (2000kg/m ³ a 2800kg/m ³) preparados com agregados predominantemente silicosos.	45
Tabela 9 - TRRF (minutos) em função da finalidade e da altura total da edificação, segundo a NBR 14432:2001.	47
Tabela 10 - Descrições e exemplos das divisões do grupo B de ocupação/uso das edificações, segundo a NBR 14432:2001.	48
Tabela 11 - Dimensões mínimas para vigas biapoiadas ^a , segundo a NBR 15200:2024.	49
Tabela 12 - Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo ^a , segundo a NBR 15200:2024.	50
Tabela 13 - Dimensões mínimas para pilares com uma face exposta ao fogo, segundo a NBR 15200:2024.....	51
Tabela 14 - Fatores de ponderação das medidas de segurança contra incêndio, segundo a NBR 15200:2024.	54
Tabela 15 - Valores de γ_s em função do risco de ativação do incêndio.	55
Tabela 16 - Mais alterações genéricas da ABNT NBR 15200 (2012 vs 2024).	65
Tabela 17 - Diferença nas dimensões mínimas para pilares-parede.....	71
Tabela 18 - Diferenças na Deformação específica do concreto em função da temperatura elevada.....	74
Tabela 19 - Diferença na Tabela E.1 – Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 0,1$ e $e_{m\acute{a}x} = 10$ mm (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 0,025 \times b$ (para $b > 400$ mm)” da ABNT NBR 15200 (2024 e 2012).	76
Tabela 20 - Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 1,0$ e $e_{m\acute{a}x} = 0,5 \times b$ (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 200$ mm (para $b > 400$ mm)” da ABNT NBR 15200 (2024 e 2012).	78
Tabela 21 - Alterações genéricas da ABNT NBR 12655 (2015 vs 2022).	81
Tabela 22 - Comparativo da tensão de compressão máxima no concreto de acordo com a NBR 6118:2014 <i>versus</i> NBR 6118:2023.	89
Tabela 23- Área da armadura para um caso de pilar com pequena excentricidade (6118:2014 vs 6118:2023).	92
Tabela 24 - Área da armadura para um caso de pilar com pequena excentricidade (6118:2014 vs norma europeia).	92
Tabela 25 - Valor do coeficiente de aderência η_1 (NBR 6118:2014).....	93
Tabela 26 - Valor do coeficiente de aderência η_1 (NBR 6118:2023).	94

Tabela 27 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (2014).....	97
Tabela 28 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (2023).....	98
Tabela 29 - Parâmetros para as curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto (2014).	107
Tabela 30 - Parâmetros para as curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto (2023).	108
Tabela 31 - Tipos de curva S-N (2014).....	109
Tabela 32 - Tipos de curva S-N (2023).....	109
Tabela 33 - Níveis de inspeção.....	115
Tabela 34 - Tempo máximo de exposição das barras de espera sem a necessidade de proteção contra corrosão em função da classe de agressividade ambiental.	119
Tabela 35 - Tolerâncias para o posicionamento da armadura em elementos estruturais em concreto armado lineares e de superfície.	120
Tabela 36 - Tolerâncias para o posicionamento da armadura em elementos estruturais em concreto protendido lineares e de superfície.	122
Tabela 37 - Recomendações para concretagens em períodos chuvosos.	123

LISTA DE SÍMBOLOS

f_c	Resistência do concreto.
$f_{ck,\theta}$	Resistência característica à compressão do concreto na temperatura θ .
$k_{c,\theta}$	Fator de redução da resistência do concreto na temperatura θ .
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto na temperatura ambiente.
b_{min}	Dimensão mínima do pilar.
b_{wmin}	Largura mínima da viga.
h_{min}	Altura mínima da laje.
c_1	Distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo.
A_f	Área do piso do compartimento analisado, em metro quadrado.
h_p	Altura contada a partir do pavimento habitável mais baixo até o piso do último pavimento habitável, em metro.
$R_{d,fi}$	Resistência de cálculo em situação de incêndio.
$S_{d,fi}$	Solicitação de cálculo em situação de incêndio.
F_{gk}	Ação permanente com seu valor característico.
F_{qexec}	Ação variável excepcional.
F_{qjk}	Ação variável com seu valor característico.
$f_{yk,\theta}$	Resistência característica ao escoamento do aço de armadura passiva na temperatura θ .
$f_{pyk,\theta}$	Resistência característica ao escoamento do aço de armadura ativa na temperatura θ .
$\ell_{ef,fi}$	Comprimento do pilar em situação de incêndio.
$\epsilon_{c1,\theta}$	Deformação linear específica correspondente à tensão de resistência máxima do concreto na temperatura θ .
λ_{fi}	Esbeltez em situação de incêndio.
v_{fi}	Força normal adimensional em situação de incêndio.
c_{nom}	Cobrimento nominal.
c_{min}	Cobrimento mínimo.

Δc	Tolerância de execução para o cobrimento.
$f_{ct,m}$	Resistência média à tração do concreto.
σ_c	Tensão à compressão do concreto.
η_c	Coeficiente de fragilidade do concreto.
f_{cd}	Resistencia de cálculo à compressão do concreto.
ϵ_{cu}	Deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura.
ϵ_{c2}	Deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico.
η_1	Coeficiente de aderência.
$\sigma^*_{c,p0g}$	Tensão do concreto adjacente ao cabo resultante.
f_{pyk}	Valores característicos ao escoamento convencional.
f_{ptk}	Valores característicos da resistência a tração.
σ_{pi}	Tensão na armadura ativa imediatamente após a aplicação da protensão.
ELS-F	Estado limite de formação de fissuras.
ELS-D	Estado limite de descompressão.
λ_1	Esbeltez limite.
V_c	Força cortante absorvida por mecanismos complementares ao da treliça.
τ_{Rd}	Tensão de cisalhamento resistente de cálculo.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Concreto	17
3.1.1 Características gerais	17
3.1.2 Propriedades do Concreto no estado fresco	18
3.1.3 Propriedades do Concreto Endurecido	20
3.1.4 Tipos de concreto	22
3.2 Concreto Armado	28
3.2.1 Projetos de estruturas de concreto armado	30
3.2.2 Execução De Estruturas de Concreto Armado	32
3.2.3 O Aço nas Estruturas de Concreto Armado	34
3.2.4 Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado	37
3.3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	42
3.3.1 Projetos de Estruturas de Concreto Levando em Consideração as Condições de Incêndio	42
3.3.2 Tempo Requerido de resistência ao fogo	46
3.3.3 Método Tabular	49
3.3.4 Método do Tempo Equivalente (MTE)	52
3.4 NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS AO PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	56
3.4.1 ABNT NBR 6118:2023	56
3.4.2 ABNT NBR 15200:2024	56
3.4.3 ABNT NBR 14432:2001	57
3.4.4 ABNT NBR 12655:2022	58
3.4.5 ABNT NBR 14931:2023	58
4. METODOLOGIA	59
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E DOCUMENTAÇÃO	59
4.2 ANÁLISE COMPARATIVA	60

4.2.1 ASPECTOS GERAIS	60
4.2.2 MODIFICAÇÕES RELEVANTES	61
5. ANÁLISES E DISCUSSÕES	62
5.1 Análise da NBR 15200:2024 versus NBR 15200:2012.....	62
5.1.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 15200	62
5.1.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 15200	65
5.2 Análise da NBR 12655:2022 versus NBR 12655:2015.....	78
5.2.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 12655.	78
5.2.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 12655.	81
5.3 Análise da NBR 6118:2023 versus NBR 6118:2014.	82
5.3.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 6118.	82
5.3.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 6118	86
5.4 Análise da NBR 14931:2023 versus NBR 14931:2004.....	110
5.4.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 14931.	110
5.4.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 14931	114
6. CONCLUSÕES	127
REFERÊNCIAS.....	130

1. INTRODUÇÃO

O concreto é amplamente reconhecido como um dos materiais mais utilizados na construção civil, devido a sua versatilidade, durabilidade e custo-benefício (Silva *et al.* 2022). Esse material ao ser utilizado com aço constitui um dos materiais mais empregados em estruturas de construções, sendo assim, tratado por concreto armado (Custodio, 2018). Ele é utilizado como material estrutural desde estruturas de edifícios, até de obras de maior porte, como rodovias e pontes, tendo papel fundamental no desenvolvimento urbano e no que se entende por Engenharia (Neville e Brooks, 2013). É preciso compreender as características dos materiais, inclusive o concreto armado, para construir com qualidade e analisar os cenários em que estarão inseridos, para melhor desenvolver as atividades de projeto e execução. Além disso, é indispensável compreender e atender as prescrições normativas no que concerne tanto aos materiais quanto ao projeto e execução de estruturas.

Em se tratando de construções, tem-se que o maior conhecimento dos usuários a respeito dos seus direitos frente à qualidade a ser disponibilizada nos sistemas construtivos, conforme previsto nas normas ABNT NBR 5674:2024 (Requisitos Para o Sistema de Gestão de Manutenção) e ABNT NBR 15575-1:2021 (Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais), requer que os processos construtivos, bem como os projetos executivos, sejam realizados de maneira a assegurar o nível de qualidade adequado. Desse modo, é necessário garantir a qualidade da estrutura, seguindo as especificações das normas pertinentes, tanto no projeto quanto na execução; possibilitando melhor assegurar a sua durabilidade, e com isso conservando a sua estabilidade, funcionalidade e segurança de acordo com a vida útil de projeto. Para tanto, são partes atuantes nesse processo o projetista, o construtor e o usuário (Carvalho; Figueiredo Filho, 2014).

Nesta perspectiva, é importante observar os requisitos de segurança das construções e das suas estruturas. Até a década de 70 do século passado, a segurança contra incêndio era deixada de lado no Brasil, onde a pouca legislação vigente no período era precária e não oferecia condições suficientes para um bom projeto (Silva, 2012). Em 1962, houve um incêndio no Gran Circo Norte-Americano, no

Rio de Janeiro, que resultou em mais de 200 mortos e 400 feridos. Em 1973, ocorreu o incêndio do edifício Andraus, em São Paulo, que ceifou 16 vidas e causou mais de 300 feridos. Já em 1974, ocorreu o incêndio no edifício Joelma, que ocasionou 179 mortes e mais de 300 feridos, inclusive sendo transmitido em tv aberta, exigindo uma resposta das autoridades (Silva, 2012). Infelizmente, só após a sequência de grandes incidentes no Brasil houve uma manifestação a favor de uma normatização mais ampla a respeito do tema.

No campo da engenharia civil, a aplicação de normas é fundamental para assegurar a qualidade, a segurança e a eficiência de produtos, serviços e sistemas. Embora existam várias entidades normativas globalmente, no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a responsável pela criação e divulgação das melhores práticas e técnicas. A criação de uma norma técnica envolve a apresentação da demanda, sendo, posteriormente, avaliada a sua relevância e pertinência por um comitê técnico (ABNT, 2024).

As normas técnicas são frequentemente submetidas a revisões por comitês técnico-científicos visando atendimento a demandas diversas, que vão desde inovações tecnológicas a necessidades dos profissionais do mercado de trabalho. Essas atualizações, em geral, requerem que os profissionais adequem-se as novas exigências normativas na maior brevidade possível, visando assegurar que os procedimentos de projeto e de execução de sistemas construtivos, inclusive de estruturas em concreto armado, sejam adequadamente realizados (Germano *et al.* 2020).

Diante da importância das normas para a padronização e qualidade da produção civil, inclusive de estruturas de concreto, como explicitado anteriormente, o presente estudo dedica-se a analisar os aspectos relevantes oriundos das revisões recentes ocorridas nas principais normas brasileiras referentes ao projeto e a execução de estruturas de concreto armado, dentre elas: a ABNT NBR 6118:2023; a ABNT NBR 15200:2024; a ABNT NBR 12655:2022 e a ABNT NBR 14931:2023.

2 OBJETIVOS

São apresentados posteriormente os objetivos gerais e específicos do trabalho.

2.1 Objetivo Geral

Realizar estudo comparativo para identificar as principais mudanças, e alguns impactos delas, nas revisões de normas referentes projeto e execução de estruturas de concreto armado (ABNT NBR 6118:2023; ABNT NBR 15200:2024; ABNT NBR 12655:2022 e a ABNT NBR 14931:2023).

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e categorizar as mudanças entre as versões das normas da ABNT 6118, NBR 15200, NBR 12655 e NBR 14931, levando em consideração modificações de requisitos;
- Estimar o impacto em projetos e execução de estruturas de concreto armado de acordo com as alterações nas normas supracitadas;
- Contribuir com a documentação a respeito das alterações das normas acima descritas, facilitando o aprendizado posterior sobre o tema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item do trabalho serão introduzidos definições e conceitos que serão de importante valor para o entendimento das análises realizadas daqui em diante. Será necessário apresentar características do concreto e sua estrutura, bem como do concreto armado, inclusive, no que diz respeito às condições de incêndio. Não menos importante, para fundamentar a pesquisa proposta neste estudo, este capítulo apresenta conceitos e diretrizes técnicas essenciais para a análise e elaboração de projetos de estruturas de concreto.

3.1 Concreto

3.1.1 Características gerais

O concreto, de maneira geral, é composto por aglomerante (cimento), água e agregados. A junção da água com o aglomerante resulta em uma pasta que ao ser adicionada aos agregados, que são divididos em graúdo (brita) e miúdo (areia), dá o resultado no que se conhece por concreto, e a união desses materiais proporciona um compósito de boa resistência à compressão (Parizotto, 2017). A proporção de cada material utilizado será de acordo com o traço e varia de acordo com a necessidade do seu emprego. É importante salientar que esta é a composição básica do concreto, uma vez que atualmente a utilização de aditivos é muito comum na composição do concreto (Porto; Fernandes, 2015).

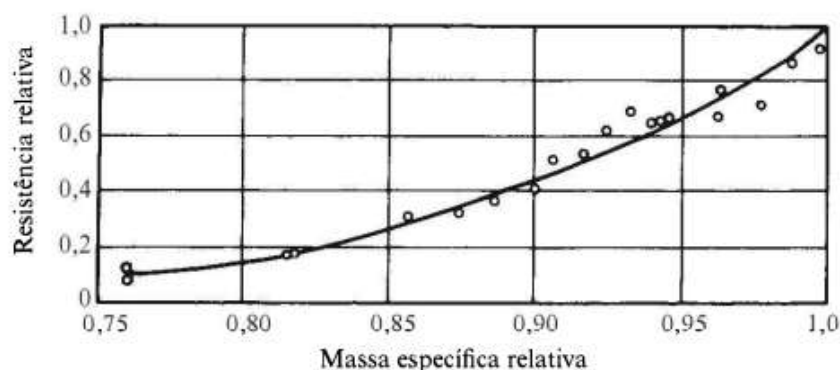
Como exposto por Silva *et al.* (2022), o concreto só fica atrás da água em material utilizado no mundo e é o material construtivo mais consumido do planeta Terra. Sendo assim por suas características, como, por exemplo: ser barato em comparação a outros materiais, a sua boa resistência mecânica, seu bom desempenho frente à água, ter boa resistência ao fogo, além de conseguir assumir diferentes formas e de ser um material durável (Bastos, 2023).

3.1.2 Propriedades do Concreto no estado fresco

A compreensão das propriedades do concreto no estado fresco é de fundamental importância na indústria da construção civil. De acordo com a ABNT NBR 12655:2022, o concreto no estado fresco pode ser definido como “concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido”. Esse estado, que compreende o período desde a mistura dos materiais constituintes até o momento em que o concreto começa a endurecer, influencia diretamente na qualidade e desempenho final da estrutura construída. É importante o entendimento destas propriedades para que seja possível aperfeiçoar a funcionalidade do produto da melhor maneira possível (Neville, 2016).

Durante o estado fresco, a principal característica é a trabalhabilidade que é como o esforço para que essa mistura possa ser manuseada (Parizotto, 2017). Com esse contexto, infere-se que a trabalhabilidade é algo mais subjetivo, já que a consistência é fundamental para essa caracterização, mas é necessário que a mistura atinja o seu devido fim, buscando reduzir a quantidade de vazios, ocasionando assim uma maior massa específica. A presença de vazios no concreto reduz sua massa específica, ocasionando uma menor resistência, com uma redução de 5% na massa específica reduz a resistência em aproximadamente 30%. A figura 1 mostra essa relação, de acordo com Neville (2016).

Figura 1 - Relação entre a resistência relativa e a massa específica relativa



Fonte: Neville (2016).

De acordo com Neville (2016), a trabalhabilidade do concreto em estado fresco é afetada por diferentes razões, que podem ser:

- A. A quantidade de água;
- B. O tipo e a granulometria dos agregados;
- C. A relação água/cimento;
- D. Presença de aditivos;
- E. Finura do cimento.

Há diferentes tipos de teste para medir essa característica, sendo os principais: *Slump Test* (Ensaio do abatimento de cone) e *Flow table test* (Ensaio da mesa de fluidez). Sendo o primeiro muito mais usual e comum de ser usado no dia a dia, pela sua facilidade e precisão de acordo com o seguimento da norma ABNT NBR16889: 2020 (Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone). Enquanto o segundo ensaio citado é utilizado para argamassa e segue as diretrizes da ABNT NBR 13276: 2016 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência).

Segundo Neville e Brooks (2013), o concreto autoadensável se destaca por sua alta trabalhabilidade, possibilitando o preenchimento eficaz das formas, independentemente da densidade das armaduras ou da complexidade das geometrias envolvidas. Para controlar a sua qualidade a norma ABNT NBR 15823: 2017 (Concreto autoadensável) é dividida em seis partes a fim de explicitar melhor a sua classificação e os ensaios, que são divididos em: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams; Determinação da habilidade passante – Método do anel J; Determinação da habilidade passante – Método da caixa L; Determinação da viscosidade – Método do funil V; Determinação da resistência à segregação – Método da coluna de segregação.

3.1.3 Propriedades do Concreto Endurecido

De acordo com a ABNT NBR 12655:2022 (Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento), o concreto no estado endurecido pode ser definido como "concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica". As estruturas de concreto devem ser dimensionadas e para tal necessita-se que possuam os seguintes requisitos: resistência mecânica; deformabilidade mecânicas e térmicas, e fenômenos de retração e durabilidade. Dentre as principais propriedades do concreto, pode-se elencar: retração, permeabilidade e principalmente a resistência mecânica e ao fogo, que virá a ser exposto posteriormente.

Com a qualidade do concreto sendo diretamente relacionada à maneira como ele se comporta de acordo com as suas principais propriedades, há a necessidade de atestar sua resistência mecânica à compressão, para tanto é amplamente utilizado os ensaios de resistência à compressão em corpos de prova que são moldados e curados em condições controladas pela ABNT NBR 5738:2015 (Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova) e geralmente rompidos aos 28 dias de idade (ABNT NBR 5739:2018 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico).

Para garantir a qualidade do concreto, após a aplicação da mistura correta, é essencial realizar a cura em um ambiente adequado durante os primeiros estágios de endurecimento. A cura refere-se aos métodos utilizados para facilitar a hidratação do cimento, envolvendo o controle tanto da temperatura quanto do equilíbrio de água no concreto (Neville, 2016). E corroborando com esta ideia, a ABNT NBR 14931:2023 (Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos), apresenta que o concreto precisa ser hidratado para que, através das reações de hidratação do cimento, ele possa desenvolver, futuramente, as propriedades desejadas, como resistência, baixa permeabilidade, alta estabilidade volumétrica sem retração, resistência à abrasão e resistência a produtos químicos, em que esse processo deve ocorrer até que se iguale ou supere 15 MPa de resistência característica

a compressão (f_{ck}) ou que se alcance as propriedades desejadas para qualquer elemento estrutural.

A literatura comprova que, no concreto já adensado, a sua resistência é inversamente proporcional à relação água/cimento (Neville, 2016). A regra estabelecida por Duff Abrams (1919) apresentada pela equação 1.

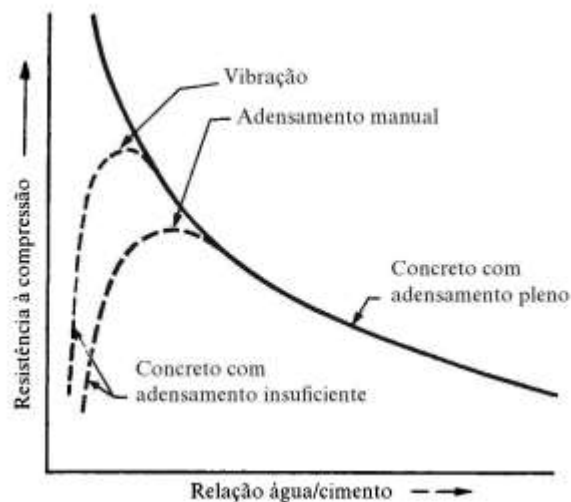
$$f_c = \frac{K_1}{K_2^{alc}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

- f_c – é a resistência do concreto;
- K_1 – constante empírica;
- K_2 – constante empírica;
- alc – é a relação água/cimento, em volume.

Dessa forma, com o desenvolvimento desta fórmula, pode-se encontrar a relação entre a resistência à compressão do concreto com a sua relação água/cimento, que é dada pela figura 2, de acordo com (Neville, 2016).

Figura 2 – Relação entre a Resistência à compressão com relação água/cimento.



Fonte: Neville (2016).

Para Gilkey (1961) *apud* Neville (2016), para um dado cimento e agregados aceitáveis, a resistência de uma mistura trabalhável de cimento, agregados e água, é influenciada por: relação entre cimento e água; relação entre cimento e agregado; granulometria, textura superficial, forma, resistência e rigidez das partículas de agregado e tamanho máximo do agregado.

Outra característica que é de fundamental importância para o entendimento do presente trabalho, deve ser a ideia da qualidade do concreto em resistência ao fogo. De acordo com a ABNT NBR 14432:2001, (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento), a resistência ao fogo é descrita como a capacidade de um componente construtivo resistir à exposição ao fogo por um tempo determinado, preservando sua integridade estrutural, estanqueidade e isolamento, onde for aplicável. Para Neville (2016), o concreto tem um bom desempenho em contato com fogo devido à sua baixa condutividade térmica, incombustibilidade e conteúdo de umidade, que proporciona um efeito de resfriamento quando a água evapora.

Diante dessa característica que lhe cabe, percebe-se a importância do dimensionamento dos elementos de concreto armado, levando em conta a situação de incêndio, nos projetos estruturais. Para tanto deve-se seguir as recomendações da ABNT NBR 15200:2024 (Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio), que foi atualizada em 2024 e cujas mudanças serão abordadas e analisadas neste trabalho.

3.1.4 Tipos de concreto

A versatilidade do concreto vai além do já citado anteriormente, pois se pode usufruir suas variadas propriedades, que podem ser ajustadas para atender às necessidades específicas de cada projeto, assim resultando em diferentes tipos de concreto. Pode-se citar: Concreto Ciclóptico; Concreto de Alto Desempenho; Concreto Auto Adensável; Graute; e Concreto Armado. Tendo cada um deles as seguintes características:

- Concreto Ciclópico

De acordo com a Especificação Técnica do DER/SP (2007), este tipo de concreto tem por características a incorporação de pedras de mão, previamente lavadas e saturadas, na mistura de concreto convencional, diretamente no local de aplicação, sendo composto por 30% em volume de pedras de mão e 70% de concreto. Na figura 3 tem-se caso de aplicação de concreto ciclópico em uma parede.

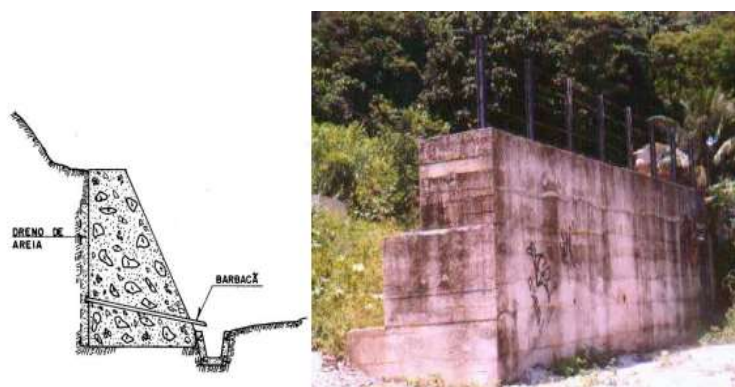
Figura 3 – Parede em concreto ciclópico.



Fonte: Souza (2022).

Na literatura brasileira muito se relaciona este tipo de concreto com estruturas de contenção ou muro de arrimos, geralmente adotado por não utilizar mão de obra com alto grau de especialização, ser relativamente barato e com material abundante (Macedo, 2020). Gerscovich (2009) limita a sua viabilidade nessas estruturas quando as mesmas têm até 4 metros de altura e que por ser impermeável, deve conter um sistema de drenagem adequado, geralmente com tubos para este fim devidamente posicionados, como exemplifica a figura 4.

Figura 4 – Muros de concreto ciclópico.



Fonte: Gerscovich (2009).

- Concreto de Alto Desempenho

O Concreto de Alto Desempenho (CAD) é composto, de maneira geral, por cimento, agregados, aditivos químicos, adições minerais e água de amassamento; e assim com essa mistura melhorando a sua trabalhabilidade e impermeabilidade, e fazendo com que seja mais durável (Silva *et al.* 2022).

De acordo com a ABNT NBR 8953:2015 (Concreto para fins estruturais — classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência) há duas classes de concreto em relação a sua resistência, tendo o grupo I, a resistência característica à compressão de até 50 MPa, acima disso já sendo considerado grupo II, e, conseqüentemente, um Concreto de Alto Desempenho. Dessa maneira ele deve apresentar ao mesmo tempo resistência elevada, maior durabilidade e trabalhabilidade.

O CAD é bastante utilizado em pontes e edifícios altos a fim de que o projeto tenha colunas em menor dimensão e lajes menos espessas, assim produzindo estruturas mais esbeltas e reduzindo a quantidade de aço utilizado, desta forma, podendo ser construído em solos de capacidade reduzida de suporte (Aïtcin, 2000). Uma aplicação deste tipo de concreto na realidade brasileira pode ser vista na figura 5, que foi executado com uma resistência média do concreto de 125 MPa, e que com as características citadas anteriormente permitiu um aumento de vagas no estacionamento localizado no subsolo do empreendimento (Santiago *et al.* 2020).

Figura 5 – Edifício E-TOWER em São Paulo.



Fonte: Oppido (2024).

- Concreto Auto Adensável

O Concreto Auto Adensável ou CAA, é assim considerado se atender a quatro requisitos simultâneos: ser fluído, ter coesão para a mistura envolver o aço, ser resistente à segregação e capaz de auto adensar pelo seu próprio peso (ABNT NBR 15823-1:2017). Esse concreto pode ser confeccionado *in loco* ou dosado em centrais de concreto, sendo este último posteriormente transportado para a construção por caminhões-betoneiras, e assim sendo despejado por guias, manualmente ou através de bombas de concreto, trazendo assim grande produtividade. O concreto auto adensável é composto por cimento, adições minerais, agregados, aditivos e água. De maneira geral, tem a vantagem de: acelerar a construção; diminuir a necessidade de mão de obra no canteiro; oferecer maior liberdade para formas e dimensões; proporcionar um ganho ecológico; maior facilidade de adensamento e de possibilitar reduzir os custos envolvidos (Tutikian; Dal Molin, 2008).

Para Gomes e Barros (2009) este tipo de concreto sanou problemas durante a concretagem de peças com densidade de armaduras elevadas e formas complexas, evitando a criação de nichos e pontos de acesso, pois a vibração, que se utiliza no método, finda com estas questões, assim aumentando a durabilidade estrutural.

Como explicitado nos parágrafos anteriores, por conta das suas características têm sido utilizado em diferentes peças como: estruturas pré-moldadas, lajes, vigas e elementos estruturais com formas em alto relevo, como pode ser visto nas figuras 6 e 7 a seguir, comprovando a grande versatilidade.

Figura 6 – Acoplamento entre caminhão betoneira e autobomba de concreto.



Fonte: Riedi (2020).

Figura 7 – Viga em formato “I” em CAA.



Fonte: Nunes *et al.* (2009).

- Graute

De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020 (Alvenaria estrutural-Blocos de concreto Parte 1:Projeto); o graute é utilizado para preencher os vazios de blocos, aumentar a sua resistência ou ainda para solidarizar alvenaria com as armaduras. De maneira geral, é composto por cimento, agregados, água e um material para que se tenha trabalhabilidade e retenha a água da mistura (Santos, 2015).

Izquierdo (2015) afirma que o graute é utilizado para preencher furos verticais, ajudando na absorção de forças de compressão, o que aumenta a resistência à compressão do material. Além disso, para garantir a união entre as paredes, especialmente aquelas com baixa resistência, são usadas barras de armadura envolvidas por graute, o que também contribui para a resistência à tração. Isso pode ser observado nas figuras 8 e 9 a seguir.

Figura 8 – Alvenaria com graute.



Fonte: Adaptada de Leturiondo (2021).

Figura 9 – Grauteamento de prismas.



Fonte: Logullo (2006).

3.2 Concreto Armado

De acordo com Porto e Fernandes (2015), o concreto armado é resultado da combinação de cimento, água e agregados, podendo ser acrescido de aditivos químicos e minerais, conforme a necessidade, resultando numa mistura, que associada a barras de aço, origina o material conhecido como concreto armado.

Devido à baixa resistência à tração do concreto, o aço desempenha o papel de absorver os esforços de tração na estrutura, o que é viabilizado pela aderência entre aço e concreto. Isso ocorre porque as deformações desses materiais são semelhantes sob ações térmicas. Quando o concreto fissa na zona tracionada, o aço passa a suportar os esforços de tração, aumentando a eficiência e a durabilidade do material (Bastos, 2023). Além disso, o concreto protege o aço contra incêndios e corrosão, especialmente quando há maior cobertura sobre as armaduras (Araújo, 2014).

Carvalho e Figueiredo Filho (2014) apresentam características complementares a respeito do tema, que pode ser atrelado às vantagens de: ter boa resistência à maioria das solicitações, boa trabalhabilidade, se adapta a varias formas apresentando uma maior liberdade ao projetista, técnicas de execução dominadas em todo o país, boa durabilidade quando executado de acordo com as normas, rapidez e facilidade de execução e com boa resistência a desgastes mecânicos, vibrações, efeitos térmicos e atmosféricos. Quanto às desvantagens são citados os elementos com maiores dimensões, ocasionando em peso próprio muito grande, a dificuldade de executar

reformas e a necessidade utilizar formas e escoras até que o concreto alcance a resistência adequada.

Por ser difundido em larga escala, o concreto armado é fundamental para a construção civil no Brasil. Sendo utilizada em elementos estruturais a até obras de arte especiais como é apresentada pela figura 10.

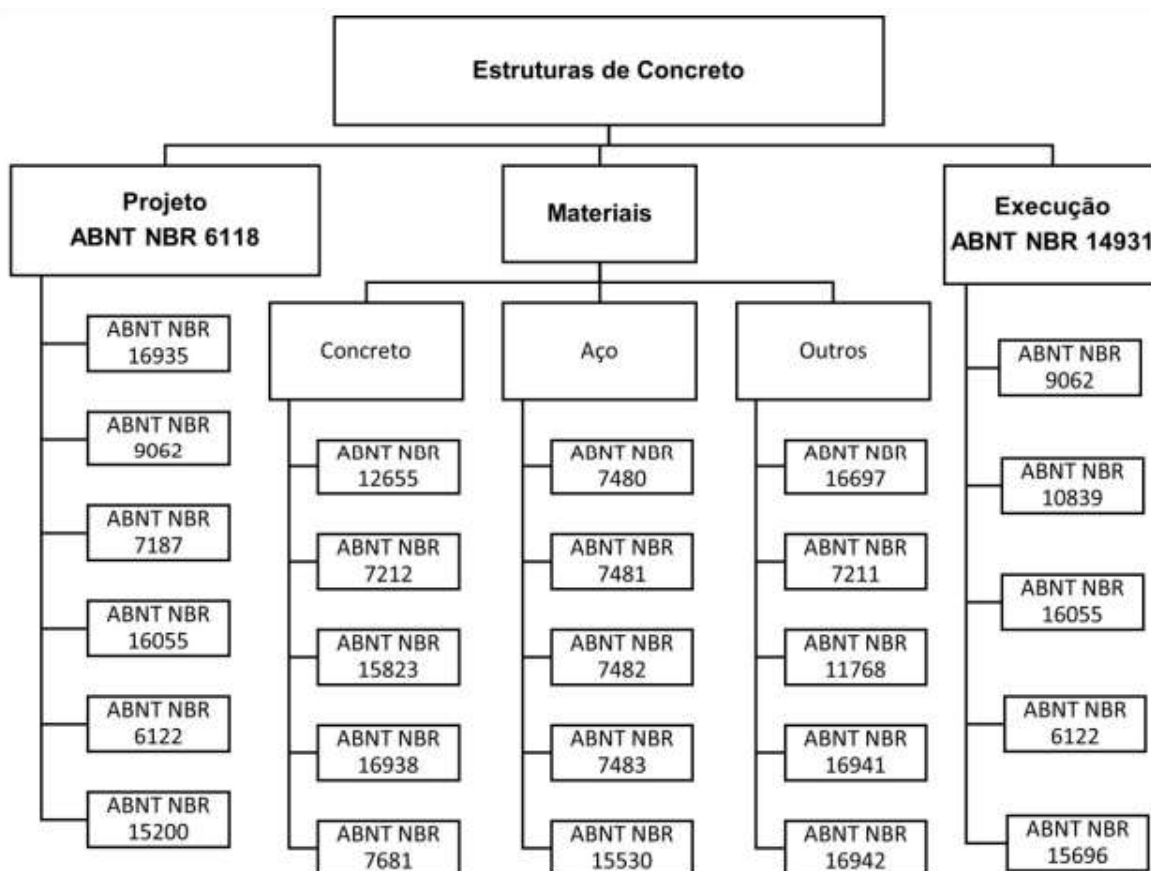
Figura 10 – Obra de arte especial (Viaduto do DIA, Aracaju-SE) em Concreto Armado.



Fonte: O autor (2025).

Neste trabalho, o tema central é o concreto armado, composto por concreto e aço atuando de forma conjunta. A análise envolve uma série de normas técnicas que regulamentam esses materiais, apresentadas e discutidas no decorrer do estudo. Algumas das normas relacionadas ao concreto armado, e aos materiais que o constitui, são ilustradas no esquema da figura 11.

Figura 11 – Relação entre Normas Brasileiras de concreto.



Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

3.2.1 Projetos de estruturas de concreto armado

Entre as vantagens do concreto armado, estão: economia, facilidade de execução e adaptação a qualquer tipo de forma, excelente solução para se obter uma estrutura monolítica e hiperestática; resistência a efeitos atmosféricos, térmicos e ainda a desgaste mecânicos; menos rigor em relação a ações de manutenção e conservação; e grande durabilidade (Porto; Fernandes, 2015).

Nas diferentes áreas de atuação há a necessidade de se seguir modelos comprovadamente eficientes e normas técnicas a fim de ter uma produção com padrão de qualidade minimamente adequada. No caso do projeto de estruturas de concreto

armado se faz necessário esse princípio para garantir a segurança, a durabilidade e a eficiência das construções.

Dentre todas as normas que estão em atividade a que mais se conecta com o assunto é a ABNT NBR 6118:2023 - (Projeto de estruturas de concreto - procedimentos e execução), que nos traz no capítulo 5 os “Requisitos de qualidade da estrutura”, que deve ser:

- Estabilidade e segurança à ruína

Consiste no atendimento aos estados-limite últimos definidos na norma, que conforme descreve Custodio (2018), corresponde a:

“O estado limite último é quando existe o esgotamento da capacidade de uma estrutura e ela deixa de ser segura. Quando uma estrutura está em ruína, independente do motivo, dizemos que ela atingiu seu ELU” (Custodio,2018).

- Comportamento em serviço

Trata-se do atendimento aos estados limite de serviço, definido da seguinte forma:

“O estado limite de serviço é quando a estrutura torna-se inadequada para o uso, ou seja, ela não atende ao usuário, seja por desconforto em função de vibrações ou por apresentar fissuras com aberturas excessivas ou, ainda, devido a grandes flechas (deformações) que causam insegurança ao usuário. O ELS está relacionado ao conforto, durabilidade, aparência e desempenho das estruturas” (Custodio, 2018).

- Durabilidade

É a capacidade da estrutura cumprir as funções que lhe foi prevista, dentro de um período determinado ou uma vida útil especificada. Frisando que durabilidade não significa infinidade da estrutura (Araújo, 2014). Desta maneira corroborando com a norma, que partilha a seguinte definição:

“Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e

pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto” (ABNT NBR 6118:2023).

Para Araújo (2014), no projeto das estruturas de concreto deve-se verificar a segurança em relação a:

- Falha por ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais;
- Instabilidade do equilíbrio devido aos efeitos de segunda ordem;
- Perda de equilíbrio da estrutura considerada como um corpo rígido;
- Estado limite último ocasionado por solicitações dinâmicas;
- Transformação parcial ou total da estrutura em um sistema hipostático.

Diante deste cenário, a ABNT NBR 14931:2023 (Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos) dá a ideia que à priori, deve-se verificar se o projeto estrutural é compatível com os projetos de estruturas auxiliares, como os sistemas de fôrmas e escoramentos. No caso de edificações, também é importante garantir a compatibilidade com os projetos de instalações prediais, como hidrossanitárias e elétricas, além dos projetos de ar-condicionado e outros sistemas. Além disso, a sua funcionalidade e localização, que influencia na tomada de decisão do engenheiro, visto que vai ao encontro das normas ABNT NBR 6118:2023, a respeito dos cobrimentos e das classificações de agressividade ambiental; e ABNT NBR 15200:2024, a respeito da exigência de resistência da estrutura contra o fogo.

3.2.2 Execução De Estruturas de Concreto Armado

A execução das estruturas de concreto armado passa por um bom desenvolvimento de um projeto estrutural, mostrando a conexão e interdisciplinaridade de normas para que se obtenha o melhor resultado. De maneira geral a execução é baseada no projeto de fundação e estrutural. A execução de estruturas de concreto deve ocorrer orientada pelo que prescreve, entre outras normas, a ABNT NBR 14931:2023 (Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos) e atendendo os requisitos da ABNT NBR 12655:2022 (Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento).

Nesse contexto, a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil (ABESC) e a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil (ABCP) confeccionaram revistas e manuais a fim de publicitar boas práticas a respeito do tema.

Assim, a ABCP (2004) compartilha capítulos a serem seguidos a fim de obter um melhor resultado, que tratam de: Projetos; Orçamento, Planejamento e Controle; Fundação; Formas; Cimbramento (Escoras); Armação; Protensão; e Concretagem. Posteriormente, a ABESC (2007) colabora com o tema trazendo um plano de concretagem, que descreve um *checklist* com as atividades a serem desenvolvidas para que haja êxito na execução da estrutura concretada, seguindo a ordem das etapas descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Plano de concretagem.

Formas e escoramento	Armaduras	Lançamento	Adensamento	Cura
Conferência	Conferência (bitola/quantidades)	Programação (volume, intervalos, acessos)	Vibradores (agulha, régua, placa)	Duração (início / término)
Capacidades de suporte	Posicionamento	Equipe	Escoramento	Processos (úmida/ película,vapor)
Estanqueidade	Amarração	Descontinuidades (juntas, encontros)	Treinamento	-
Limpeza e desmoldante	Cobrimentos (Pastilhas, etc.)	Tipo (bomba, caçamba, convencional)	-	-
Superfície (solo/concreto)	Limpeza	Equipamentos	-	-
-	-	Plano (posição, camada, altura)	-	-

Fonte: ABESC (2007).

Importante destacar que esses documentos acima descritos enfatizam a necessidade da conferência do concreto recebido na obra, o que é feito, também para o controle de qualidade, através de ensaios, como o *slump test*, para avaliar a trabalhabilidade do concreto por meio de ensaio do abatimento do tronco de cone em concretos convencionais seguindo a norma ABNT NBR 16889:2020– (Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone). Além disso, é comum se fazer também a coleta de amostragem do concreto, visando avaliar a

evolução da resistência do concreto com a idade, através do rompimento de corpos de prova, seguindo as prescrições da ABNT NBR 5739:2018 – (Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos) e ABNT NBR 5738:2015 – (Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova). Outro destaque é a cura, para prevenir fissuras, evitando a evaporação da água enquanto o concreto ganha resistência (ABESC, 2007).

Os itens 5.2 e 5.4 deste trabalho irão tratar das principais alterações ocorridas nas normas NBR 12655:2022 e NBR 14931:2023.

3.2.3 O Aço nas Estruturas de Concreto Armado

Segundo Bastos (2023) o “Concreto Armado alia as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão)”. A elevada resistência do aço à tração e a aderência é o que possibilitam que ele absorva esforços provenientes de cargas elevadas e transfira à estrutura de modo eficiente (Araújo, 2014).

De acordo com a ABNT NBR 7480:2024, as armaduras para concreto armado podem ser classificadas em barras e fios. A tabela 2 apresenta as características das barras de acordo com a ABNT NBR 7480:2024.

Tabela 2 – Características das barras, segundo a NBR 7480:2024.

(continua)

Diâmetro nominal (mm)		Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Série ^a	Barras	Massa Nominal ^b	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
Fina	6,3	0,245	±6%	31,2	19,8
	8,0	0,395	±6%	50,3	25,1
Média	10,0	0,617	±6%	78,5	31,4
	12,5	0,963	±6%	122,7	39,3
Grossa	16,0	1,578	±5%	201,1	50,3
	20,0	2,466	±5%	314,2	62,8

Tabela 2 – Características das barras, segundo a NBR 7480:2024.

(continuação)

Diâmetro nominal (mm)		Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Série ^a	Barras	Massa Nominal. ^b	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
Extra Grossa	22,0	2,984	±4%	380,1	69,1
	25,0	3,853	±4%	490,9	78,5
	32,0	6,313	±4%	804,2	100,5
	40,0	9,865	±4%	1256,6	125,7
a - Faixa de diâmetros de barras de aço destinados a armaduras para concreto armado b - A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m ³ .					

Fonte: ABNT NBR 7480:2024.

Já a tabela 3 apresenta as características dos fios de acordo com a ABNT NBR 7480:2024:

Tabela 3 - Características dos fios, segundo a NBR 7480:2024.

Diâmetro nominal ^a (mm)		Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Série. ^b	Barras	Massa Nominal. ^c	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
Fina	3,4	0,071	±6%	9,1	10,7
	3,8	0,089	±6%	11,3	11,9
	4,2	0,109	±6%	13,9	13,2
Média	4,6	0,130	±6%	16,9	14,5
	5,0	0,154	±6%	19,6	15,7
	5,5	0,187	±6%	23,8	17,3
	6,0	0,222	±6%	28,3	18,8
Grossa	6,4	0,253	±6%	32,2	20,1
	7,0	0,302	±6%	38,5	22,0
	8,0	0,395	±6%	50,3	25,1
	9,5	0,558	±6%	70,9	29,8
	10,0	0,617	±6%	78,5	31,4
a - Faixa de diâmetros de barras de aço destinados a armaduras para concreto armado. b - A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m ³ .					

Fonte: ABNT NBR 7480:2024.

Expostas as diferenças de barras para fios, a norma também oferece os requisitos dos aços para as armaduras de concreto armado dividido em categorias: CA-25, CA-50, CA-60 e CA-70, que é mostrado na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Requisitos mecânicos de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado- NBR 7480:2024.

Categoria do Aço	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento. ^g		Ensaio de aderência	
	Resistencia de Escoamento ^a f_{yk} MPa. ^e	Limite de Resistência F_{st} MPa ^e	Alongamento após ruptura 10 . ^b A %	Alongamento Total na força máxima d Agt %	Diâmetro do pino ou cutelo mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
					$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	$\phi < 10$ mm	$\phi \geq 10$ mm
CA-25	250	1,20 f_y	18	-	2 ϕ	4 ϕ	1,0	1,0
CA-50	500	1,10 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y	5	-	5 ϕ	-	1,0	1,5
CA-70	700	1,10 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
a -Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} obtido a partir do LE ou δ_e da ABNT NBR ISO 6892-1. b - O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892-1). c - ϕ é o diâmetro nominal, conforme 3.5. d - O alongamento deve ser verificado por meio do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (Agt). e - Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1 kgf/mm². f - f_{st} mínimo de 660 MPa. g - O ensaio de dobramento deve ser feito a 180° conforme a ABNT NBR 17005.								

Fonte: ABNT NBR 7480:2024.

Com essas características estabelecidas, como já expostas no trabalho, o aço age para combater a fragilidade do concreto, que é sua resistência à tração, e já sendo

corroborado desde Leonhardt e Monnig (1977), que divide as suas propriedades da seguinte maneira: resistência à tração; resistência à fadiga; deformabilidade. E concomitantemente, o concreto protege o aço, como documentado por Bastos (2023), criando uma camada protetora, visto que o concreto desacelera o processo de corrosão por ter baixa permeabilidade, diminuindo a penetração de substâncias que ocasionem a corrosão do aço. A norma ABNT NBR 6118:2023 determina os cobrimentos nominais a ser seguido em cada caso.

3.2.4 Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado

A durabilidade das estruturas de concreto armado é um fator crucial para garantir a segurança e a longevidade das construções. A resistência do concreto ao longo do tempo depende de diversos fatores, como a qualidade dos materiais utilizados, o processo de cura e as condições ambientais às quais a estrutura está exposta. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a degradação pode ser acelerada por agentes externos como cloretos, sulfatos e dióxido de carbono, que penetram no concreto e causam corrosão das armaduras, comprometendo a integridade estrutural; e complementam que a estrutura de concreto é durável quando mantiver sua qualidade, forma e capacidade em relação ao que foi inicialmente projetado de acordo com o ambiente que está inserido.

“As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil” (ABNT NBR 6118, 2023).

Os mecanismos mais importantes e frequentes de envelhecimento e de deterioração das estruturas de concreto estão descritos nas ABNT NBR 6118:2023 e ABNT NBR 12655:2022 e listados a seguir:

a) Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto:

- Lixiviação (águas puras e ácidas);
- Expansão (sulfatos, magnésio);
- Expansão (reação álcali-agregado).

b) Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura:

- Corrosão devida à carbonatação;
- Corrosão por elevado teor de íon cloro (cloreto).

c) Mecanismos de deterioração da estrutura:

- Ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas (fadiga), deformação lenta (fluência), relaxação.

A durabilidade das estruturas de concreto é afetada de maneira significativa de acordo com a agressividade do ambiente (Porto; Fernandes, 2015). Sobre o aço, as classes de agressividade indicam o quanto que determinado local pode ser agressivo com a estrutura, e assim podendo aumentar a corrosão. Dessa maneira, a ABNT NBR 6118:2023, apresenta a seguinte relação através da seguinte tabela:

Tabela 5 - Classes de agressividade ambiental (CAA)-NBR 6118:2023.

(continua)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano ^{a,b}	Pequeno

Tabela 5 - Classes de agressividade ambiental (CAA)-NBR 6118:2023.

(continuação)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
III	Forte	Marinho ^a	Grande
		Industrial ^{a,b}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{a,c}	Elevado
		Respingos de maré	
a- Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura). b- Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove. c- Ambientes quimicamente agressivos tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas, elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.			

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

E assim prosseguindo com uma necessidade de qualidade do concreto de acordo com a classificação da agressividade do ambiente, de responsabilidade do projetista estrutural, que é expressa pela tabela 6, fazendo a correspondência entre esses quesitos.

Tabela 6 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto, segundo a NBR 6118:2023.

Concreto ^a	Tipo. ^{b,c}	Classe de agressividade (tabela 5)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
	CP	≤0,60	≤0,55	≤0,50	≤0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
	CP	≥C25	≥C30	≥C35	≥C40
a- O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. b- CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. c- CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

Neste contexto, a favor da segurança, a mesma norma insere a correspondência entre a classe de agressividade e o cobrimento nominal, a fim de preservar a estrutura por mais tempo, como é exposto pela tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto, segundo a NBR 6118:2023.

(continua)

Tipos de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 5)			
		I	II	III	IV. ^c
		Cobrimento Nominal (mm)			
Concreto Armado	Laje. ^b	20	25	35	45

Tabela 7 – Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto, segundo a NBR 6118:2023.

(continuação)

Tipos de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 5)			
		I	II	III	IV. ^c
		Cobrimento Nominal (mm)			
Concreto Armado	Viga. ^b /pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo. ^d	30		40	50
Concreto Protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	50
a- Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado. b- Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contra piso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm. c- Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV. d- No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.					

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

3.3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

3.3.1 Projetos de Estruturas de Concreto Levando em Consideração as Condições de Incêndio

A segurança das estruturas contra incêndio é algo de fundamental importância, visto que o comprometimento da estrutura afeta não só a edificação, mas também os ocupantes e o seu entorno. O concreto, apesar de ser um material incombustível e possuir baixa condutividade térmica, prevenindo a propagação do calor e fogo na edificação, apresenta propriedades mecânicas que se deterioram significativamente quando exposto a altas temperaturas (Battagin; Silveira, 2018). Assim, vale a pena destacar: a perda de resistência à compressão e a redução do módulo de deformação. Além disso, nota-se o comprometimento da estrutura pelo surgimento e propagação de fissuras, e até mesmo pelo destacamento do concreto, conforme pode ser observado nas figuras 12 e 13.

Figura 12 – Destacamento do concreto em pilar.

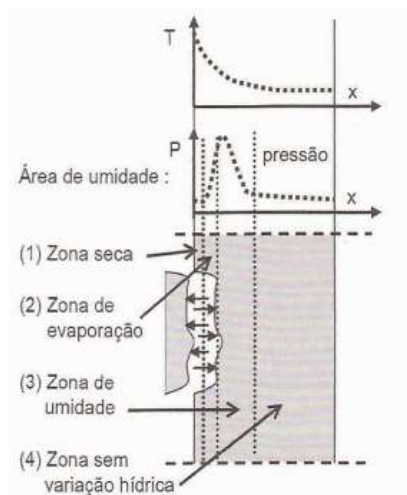


Fonte: Adaptado de Moura (2020).

Na figura 13 é mostrado um modelo do mecanismo interno de pressão que ocorre na estrutura devido à variação de calor ocasionando a migração de água da parte de menor temperatura para a região mais exposta ao calor, gerando uma pressão

no interior do concreto nessa zona mais externa, e por isso, o desprendimento do concreto dessa região (Santos, 2023).

Figura 13 – Destacamento do concreto em pilar.



Fonte: Robert *et al.* (2014).

Com o contexto anterior, grande parte dos materiais utilizados nas estruturas das construções tem suas propriedades mecânicas afetadas quando estão sujeitas a temperaturas elevadas, como no caso dos incêndios, não sendo diferente para o concreto armado. Dessa maneira, é necessário compreender como o concreto e o aço são influenciados pelo calor para que se alcance um melhor entendimento do comportamento estrutural das estruturas em concreto armado e que se entenda a respeito dos métodos da norma de segurança contra incêndio, pois pensar nisso é pensar na proteção à vida dos usuários da estrutura (Costa, 2008).

No Brasil, há normas que levam em conta a alteração nas propriedades dos materiais do concreto armado pela exposição a altas temperaturas, dentre elas, pode-se destacar: a ABNT NBR 15200:2024 e a ABNT NBR 14432:2001. Com elas é possível projetar levando em consideração diferentes conceitos em favor da segurança, que serão explicitados adiante.

A NBR 15200:2024 diz que “A resistência à compressão do concreto decresce com o aumento da temperatura”, e pode ser obtida pela seguinte equação:

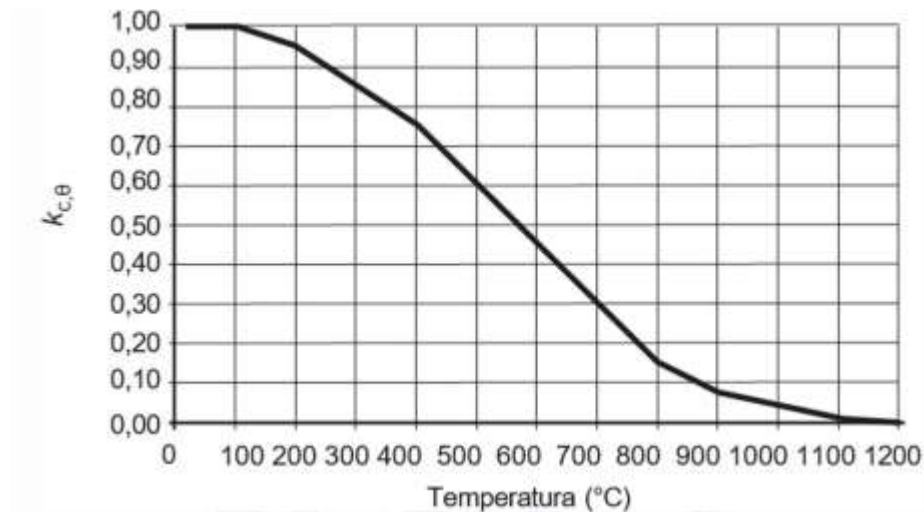
$$f_{ck,\theta} = k_{c,\theta} \cdot f_{ck} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- f_{ck} é a resistência característica à compressão do concreto na temperatura ambiente;
- $f_{ck,\theta}$ é a resistência característica à compressão do concreto na temperatura θ ;
- $k_{c,\theta}$ é o fator de redução da resistência do concreto na temperatura θ .

Assim sendo expressa de maneira gráfica na figura 14, que mostra o decaimento da resistência do concreto à compressão.

Figura 14 – Fator de redução da resistência do concreto silcoso em função da temperatura, segundo a NBR 15200:2024.



Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

Pelo exposto na tabela 8, percebe-se que após a temperatura do concreto ultrapassar 100°C ele já começa a perder resistência à compressão. Isso é algo a se considerar visto que a resistência à compressão do concreto é uma propriedade fundamental para garantir o comportamento mecânico adequado da estrutura. Com este contexto, infere-se que há necessidade de se tentar proteger o concreto em casos

de incêndio e a favor da segurança tem métodos que procuram simular situações superdimensionadas, que serão expostos nos itens 3.3.2, 3.3.3 e 3.3.4.

Tabela 8 - Valores das relações $k_{c,\theta}=f_{c,\theta}/f_{ck}$ para concretos de massa específica normal (2000kg/m³ a 2800kg/m³) preparados com agregados predominantemente silicosos.

Temperatura do concreto (°C)	$k_{c,\theta} = f_{c,\theta} / f_{ck}$
20	1,00
100	1,00
200	0,95
300	0,85
400	0,75
500	0,60
600	0,45
700	0,30
800	0,15
900	0,08
1.000	0,04
1.100	0,01
1.200	0,00

Fonte: Silva (2012).

3.3.2 Tempo Requerido de resistência ao fogo

O conceito de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) é um elemento essencial nas normas brasileiras que regulam a segurança contra incêndios em edificações, funcionando como um critério a ser considerado no dimensionamento dos elementos de determinada construção. Sendo descrito pela ABNT NBR 14432:2001 como o intervalo de tempo em que um componente da construção, exposto em condições de incêndio, deve preservar sua integridade, estabilidade e isolamento térmico. Este tempo é determinado com base em ensaios padronizados e é um critério crucial para a certificação da segurança de edifícios.

A norma estabelece diferentes valores de TRRF para diversos tipos de elementos construtivos e áreas de risco, levando em consideração fatores como:

- Tipo de ocupação da edificação: Residencial, comercial, industrial, etc.
- Altura da edificação: Baixa, média ou alta.
- Compartimentação: Divisão da edificação em compartimentos que limitam a propagação do fogo.
- Riscos de incêndio: Materiais combustíveis presentes na edificação.

Assim, as tabelas 9 e 10 apresentam detalhadamente os quesitos da norma citada: TRRF (minutos) em função da finalidade e da altura total da edificação.

Tabela 9 - TRRF (minutos) em função da finalidade e da altura total da edificação, segundo a NBR 14432:2001.

(continua)

Grupo	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação – h (m)				
		Classe S_2 $h_s > 10m$	Classe S_1 $h_s \leq 10m$	Classe P1 $h < 6$	Classe P2 $6 < h \leq 12$	Classe P3 $12 < h \leq 23$	Classe P4 $23 < h \leq 30$	Classe P5 $h > 30$
A	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	C-1 a C-3	90	60	60(30)	60 (30)	60	90	120
D	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
F	F-1, F-2, F-5,F6 e F-8	90	60	60(30)	30	60	90	120
G	G-1 e G-2 não abertos simultaneamente	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
	G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60

Fonte: ABNT NBR 14432:2001.

Tabela 9 – TRRF (minutos) em função da finalidade e da altura total da edificação, segundo a NBR 14432:2001.

(continuação)

Grupo	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação – h (m)				
		Classe S_2 $h_s > 10m$	Classe S_1 $h_s \leq 10m$	Classe P1 $h < 6$	Classe P2 $6 < h \leq 12$	Classe P3 $12 < h \leq 23$	Classe P4 $23 < h \leq 30$	Classe P5 $h > 30$
H	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
	I-2	120	90	60(30)	60 (30)	90(60)	120(90)	120
J	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	120
	J-2	120	90	60	60	90(60)	120(90)	120

Fonte: ABNT NBR 14432:2001.

Tabela 10 - Descrições e exemplos das divisões do grupo B de ocupação/uso das edificações, segundo a NBR 14432:2001.

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Descrição	Exemplos
B	Serviços de Hospedagem	B-1	Hotéis e assemelhados	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, albergues, casas cômodos.
		B-2	Hotéis residenciais	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart hotéis, hotéis residenciais)

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 14432:2001.

O TRRF é fundamental para garantir que, em caso de incêndio, as estruturas mantenham sua integridade, mas é uma estimativa para projeto, apesar de ser apresentado em tempo (Silva, 2012).

3.3.3 Método Tabular

Este método é regulamentado pela norma ABNT NBR 15200:2024, que estabelece diretrizes para o projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. O método tabular é particularmente útil pela sua praticidade e eficiência na fase de projeto, já que se baseia em tabelas que especificam as espessuras mínimas de cobrimento de concreto e as dimensões mínimas dos elementos estruturais em função do TRRF, para garantir a resistência deles ao fogo.

Os testes indicam que, em caso de incêndio, os elementos de concreto geralmente falham por flexão ou flexo-compressão, e não por cisalhamento, e por isso apenas a armadura longitudinal é considerada neste método de verificação dos cobrimentos (Silva, 2012).

As tabelas 11, 12 e 13 apresentam as dimensões mínimas de elementos estruturais visando assegurar a questão da segurança em condições de incêndio, em que " b_{min} " é dimensão mínima para vigas e pilares; " h_{min} " é a espessura mínima das lajes.

Tabela 11 - Dimensões mínimas para vigas biapoiadas^a, segundo a NBR 15200:2024.

(continua)

TRRF Min	Combinações de b_{min}/c_1 mm/mm				b_{wmin} mm
	1	2	3	4	
30	80/25	120/20	160/15	190/15	80

Tabela 11 – Dimensões mínimas para vigas biapoiadas^a, segundo a NBR 15200:2024.

(continuação)

TRRF Min	Combinações de b_{min}/c_1 mm/mm				b_{wmin} mm
	1	2	3	4	
60	120/40	160/35	190/30	300/25	100
90	140/60	190/45	300/40	400/35	100
120	190/68	240/60	300/55	500/50	120
180	240/80	300/70	400/65	600/60	140
a - Os valores Os valores de c_1 indicados nesta Tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando 10 mm para barras e 15 mm para fos e cordoalhas.					

Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

Tabela 12 - Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo^a, segundo a NBR 15200:2024.

(continua)

TRRF Min	h^b mm	c_1 mm
30	150	10

Tabela 12 - Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo^a, segundo a NBR 15200:2024.

(continuação)

TRRF Min	h^b mm	c_1 mm
60	180	15
90	200	25
120	200	35
180	200	45
a Os valores de c_1 indicados nesta Tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas. b Atendendo as dimensões mínimas indicadas, a laje esta automaticamente atendendo ao requisito de compartimentação.		

Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

Tabela 13 - Dimensões mínimas para pilares com uma face exposta ao fogo, segundo a NBR 15200:2024.

(continua)

TRRF Min	Combinações de b_{min}/c_1 mm/mm
30	155/25
60	155/25

Tabela 13 - Dimensões mínimas para pilares com uma face exposta ao fogo, segundo a NBR 15200:2024.

(continuação)

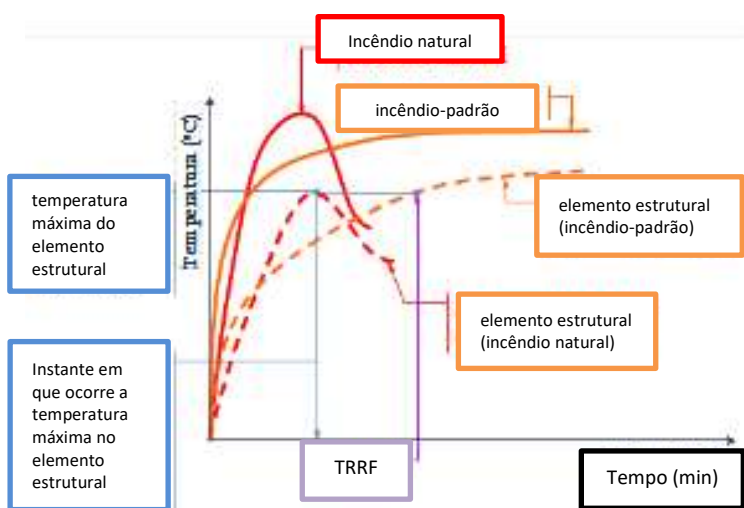
90	155/25
120	175/35
180	230/55

Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

3.3.4 Método do Tempo Equivalente (MTE)

Para Costa e Silva (2005), o método do tempo equivalente envolve determinar a temperatura de um elemento estrutural usando a curva-padrão para um período fictício, chamado de tempo equivalente, e que essa temperatura é determinada pela curva natural que corresponde à temperatura máxima do elemento. Complementando com a NBR 14432:2001, que trata o incêndio natural como a variação no incêndio real, e assim, o incêndio padrão é padronizado como uma estimativa em função do tempo, sendo descrito na figura 15.

Figura 15 – Conceito de tempo equivalente.



Fonte: Adaptada de Costa; Silva (2005).

Os valores admitidos para o TRRF podem sofrer uma redução de até 30 minutos, se a característica do empreendimento for a favor da segurança contra incêndio (Silva, 2012). A ABNT NBR 15200:2024 trata sobre o tema no Anexo A, em que disponibiliza e considera/calcula o nível de segurança contra incêndio através da equação 3:

$$T = 0,07 \cdot q_{f,k} \cdot W \cdot \gamma_n \cdot \gamma_s \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

- T – é o TRRF calculado do compartimento (min);
- $q_{f,k}$ – é o valor da carga de incêndio específica, citado pela NBR 14432:2001 (MJ/m²);
- γ_n – é um fator de redução a favor da segurança contra incêndio;
- γ_s – é um fator de ponderação que depende da altura do piso habitável mais elevado da edificação, da área do piso do compartimento, e do risco de ativação do incêndio;

- W – é um fator que considera a altura do compartimento, a influência da ventilação e a área do piso do compartimento, dado no Anexo A da NBR.

Os fatores γ_n e γ_s são determinados através das equações 4 e 5, que respectivamente, é explicitado na equação 4:

$$\gamma_n = \gamma_{n1} * \gamma_{n2} * \gamma_{n3} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde γ_{ni} é fornecido pela tabela 14, mostrada posteriormente.

Tabela 14 - Fatores de ponderação das medidas de segurança contra incêndio, segundo a NBR 15200:2024.

Valores de γ_{n1} , γ_{n2} , γ_{n3}		
Existência de chuveiros automáticos γ_{n1}	Brigada contra incêndio γ_{n2}	Existência de detecção automática γ_{n3}
0,60	0,90	0,90

Fonte: ABNT NBR 15200:2024

Na ausência de algum meio de proteção indicado na tabela 14, adotar $\gamma_n = 1,0$.

γ_s é um fator de ponderação determinado por $\gamma_s = \gamma_{s1} * \gamma_{s2}$, conforme a seguinte equação 5 e a tabela 15.

$$\gamma_{s1} = 1 + \frac{Af * (hp + 3)}{10^5}, \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

- A_f é a área do piso do compartimento analisado (m^2);

- h_p é a altura contada a partir do pavimento habitável mais baixo até o piso do último pavimento habitável (m).

Tabela 15 - Valores de γ_{s2} em função do risco de ativação do incêndio.

γ_{s2}	Risco	Exemplos de ocupação
0,85	Pequena	Escola, galeria de arte, parque aquático, igreja, museu
1,0	Normal	Biblioteca, cinema, correio, consultório médico, escritório, farmácia, frigorífico, hotel, livraria, hospital, laboratório fotográfico, indústria de papel, oficina elétrica ou mecânica, residência, restaurante, supermercado, teatro, depósitos (produtos farmacêuticos, bebidas alcoólicas, venda de acessórios de automóveis) e depósitos em geral
1,2	Média	Montagem de automóveis, hangar, indústria mecânica
1,5	Alta	Laboratório químico, oficina de pintura de automóveis

Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

Caso o cálculo do γ_s seja menor do que 1,0 deve-se adotar $\gamma_s = 1,0$ e caso $\gamma_s > 3,0$, deve-se adotar $\gamma_s = 3,0$.

Também é imprescindível informar sobre as limitações que devem ser consideradas para o emprego do MTE. São elas:

- T deve ser maior ou igual 15 minutos;
- T não pode ser inferior ao correspondente TRRF fornecido pela NBR 14432:2001 decaído de 30 minutos ($TRRF - 30 \text{ minutos} \leq T$);
- O produto entre o valor característico da carga de incêndio específica e os fatores de ponderação $q_{fi,k} \cdot \gamma_n \cdot \gamma_s$ deve ser superior ou igual a 300 MJ/m².

3.4 NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS AO PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

3.4.1 ABNT NBR 6118:2023

A norma ABNT NBR 6118, intitulada "Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento", estabelece os requisitos para o projeto e a execução de estruturas de concreto, garantindo a segurança, a durabilidade e a funcionalidade das construções. Foi lançada a sua primeira versão em 1940, “batizada” na época como NB-1, e teve a sua última revisão em 2023, assim trazendo mudanças sensíveis que serão abordadas mais a frente, em outros tópicos.

A ABNT NBR 6118:2023 aborda, entre outras coisas: especificações sobre os materiais, a durabilidade, os estados-limite e os fatores de segurança; diretrizes para o dimensionamento e detalhamento de elementos estruturais de concreto armado e protendido; procedimentos para a construção, incluindo formas, armaduras, concretagem e cura; orientações sobre a manutenção e regras sobre diferentes tipos de estruturas, como pontes e fundações.

Sendo, dessa maneira, uma referência essencial para garantir a qualidade e a confiabilidade das construções em concreto armado; trazendo segurança estrutural, durabilidade, estabilidade e funcionalidade.

3.4.2 ABNT NBR 15200:2024

A norma ABNT NBR 15200, intitulada "Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio", estabelece os requisitos para o projeto e dimensionamento de estruturas de concreto, armado ou protendido, sujeitas a condições de incêndio. Essa norma é crucial para garantir a segurança e a integridade das construções durante e após um incêndio.

A norma ABNT NBR 15200 aborda: comportamento do concreto sob altas temperaturas e incêndio, estabelecendo diretrizes para o dimensionamento das

estruturas de concreto com o foco na resistência ao fogo; especificações dos materiais em altas temperaturas, como concreto e aço para armaduras; procedimentos para a análise térmica e estrutural de elementos de concreto em situação de incêndio; orientações sobre a construção e o detalhamento de elementos estruturais para garantir sua resistência ao fogo.

Diante do exposto, essa norma visa garantir que as estruturas de concreto projetadas e construídas no Brasil ofereçam um nível adequado de segurança e desempenho em situações de incêndio, visto que tem como objetivo assegurar segurança estrutural, durabilidade, integridade e por consequente, a segurança da vida humana, em situação de incêndio.

3.4.3 ABNT NBR 14432:2001

A norma ABNT NBR 14432, intitulada "Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento", estabelece os critérios para determinar a resistência ao fogo de elementos construtivos em edificações, visando à segurança contra incêndios. Essa norma é fundamental para garantir que os materiais e componentes das construções sejam capazes de resistir ao fogo pelo tempo necessário para permitir a evacuação segura dos ocupantes e a atuação eficaz dos bombeiros. A NBR 14432 entrou em vigor em 2001 e traz os conceitos a respeito do tempo de resistência ao fogo, métodos de ensaio, requisitos de desempenho e critérios de avaliação dos materiais e estruturas. É importante destacar que essa norma não teve atualização desde 2001, por essa razão, neste trabalho, das cinco normas consideradas como relevantes, ela foi a única que não foi objeto de estudo comparativo, todavia, seu impacto é fundamental na NBR 15200. Enquanto essa última tem o foco no projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio, a norma NBR 14432:2001 tem como foco geral as exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.

3.4.4 ABNT NBR 12655:2022

A norma ABNT NBR 12655, intitulada "Concreto - Preparo, Controle e Recebimento - Procedimento", estabelece os requisitos para o preparo, controle da produção e o recebimento do concreto utilizado em obras de construção civil. Teve a sua primeira edição em 2003 e sua última edição em 2022.

A ABNT NBR 12655 aborda: Especificações sobre as responsabilidades dos envolvidos no processo, incluindo fabricantes, fornecedores e contratantes; diretrizes a respeito dos materiais do concreto; preparo e transporte do concreto; controle de qualidade do concreto e critérios de desempenho para o recebimento do concreto.

3.4.5 ABNT NBR 14931:2023

A norma ABNT NBR 14931, intitulada "Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibra – Requisitos", estabelece os requisitos para a execução adequada de estruturas de concreto, abrangendo desde o preparo até a cura do concreto. A norma teve a sua primeira edição em 2003 e a última em 2023.

Esta norma, como se percebe, é a principal para a execução em estruturas de concreto e abrange: especificações sobre os materiais e equipamentos; preparação do concreto; transporte e lançamento do concreto; fôrmas e escoramentos; especificações sobre armaduras; concretagem e cura.

É mais uma referência para a construção civil como um todo, já que o seu intuito é garantir a qualidade da execução, trazendo uma durabilidade das estruturas através da segurança estrutural e eficiência do processo construtivo, seguindo as normas técnicas que se conectam com ela.

4. METODOLOGIA

O estudo desenvolvido teve uma finalidade descritiva e, para atender aos propósitos estabelecidos no trabalho, foram escolhidos como objeto de estudo as atualizações das normas técnicas ABNT NBR 6118:2023, ABNT NBR 15200:2024, ABNT NBR 14931:2023 e ABNT NBR 12655:2022. Para constatar as mudanças entre as atualizações, no momento da investigação, e avaliar como isso pode impactar no projeto e execução de estruturas de concreto, foi aplicado o método de pesquisa básica e descritiva, o que resultou em fases descritas a seguir. Para melhor visualização, será exposto o desenvolvimento para chegar ao objetivo proposto, com o fluxograma a seguir.

Fluxograma 1: Desenvolvimento do trabalho.



Fonte: O autor (2025).

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E DOCUMENTAÇÃO

Utilizando do tema de estudo, foi realizada, a priori, uma pesquisa bibliográfica a respeito das atualizações citadas anteriormente. Foi constatado a partir dessas investigações que o tema objeto deste trabalho, que corresponde a análises de aspectos relevantes nas atualizações das normas ABNT NBR 6118:2023, ABNT NBR

15200:2024, ABNT NBR 14931:2023 e 12655:2022, não foi explanado de maneira mais ampla, e assim foi feita a aquisição das versões anteriores e recentes de tais documentos normativos, a fim de elencar as diferenças que existem entre elas.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA

4.2.1 ASPECTOS GERAIS

Com a posse das normas, iniciou-se uma análise a respeito dos aspectos gerais que foram alvos de modificações entre as versões de cada uma das normas objetos de estudo. Para isso, foram observados fatores como: ajustes no título e a abrangência dos conteúdos etc. Dessa forma, fazendo-se um levantamento mais voltado a aspectos formais sobre as mudanças sem, nesse primeiro momento, aprofundar no impacto dessas alterações nos procedimentos relativos a projeto e execução de estruturas de concreto armado.

Um exemplo das mudanças pode ser apresentado na figura 16 a seguir:

Figura 16 – Mudança no título da norma ABNT NBR 14931.



Fonte: ABNT NBR 14931:2004 e ABNT NBR 14931:2023.

4.2.2 MODIFICAÇÕES RELEVANTES

Com as diferenças documentadas, avaliou-se os principais aspectos modificados em cada uma das normas de acordo com o impacto desses ajustes nas atividades de projeto e execução de estruturas de concreto armado. Modificações relevantes entre atualizações de uma norma referem-se a alterações que impactam significativamente a aplicação ou interpretação dos requisitos técnicos. Em especial, mudanças que afetam o procedimento de cálculo são consideradas as mais importantes, pois podem influenciar diretamente os resultados obtidos, como por exemplo: alterações nos métodos de cálculo (fórmulas, fatores de segurança, revisão de coeficientes etc) e inclusão de novos casos de aplicação.

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Serão apresentadas, neste item do trabalho, as análises das normas citadas no item 4. Para isso, será dividido em tópicos, onde a primeira parte trará o apanhado geral das mudanças e, posteriormente, as modificações relevantes.

5.1 Análise da NBR 15200:2024 versus NBR 15200:2012

5.1.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 15200

a) Referências normativas

A NBR 15200:2012 tinha como referência normativa as seguintes normas:

- ABNT NBR 5628, Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo;
- ABNT NBR 6118, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 7480, Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 8681, Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 8953, Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;
- ABNT NBR 9062, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- ABNT NBR 14432, Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;
- Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design.

A atualização mais recente da NBR 15200, de 2024, retirou a ABNT NBR 9062, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado do hall das referências normativas. Além das normas citadas na sua versão anterior, e excluindo a norma citada anteriormente, adicionaram-se as seguintes normas:

- ABNT NBR 13207, Gesso para a construção civil – Requisitos;
- ABNT NBR 13281, Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
- ABNT NBR 13528-1, Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas Determinação da resistência de aderência a tração - Parte 1. Requisitos gerais;
- ABNT NBR 13528-2, Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas Determinação da resistência de aderência à tração - Parte 2: Aderência ao substrato;
- ABNT NBR 13528-3, Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas Determinação da resistência de aderência a tração - Parte 3. Aderência superficial;
- ABNT NBR 16945, Classificação da resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;
- ABNT NBR 16965, Ensaio de resistência ao fogo de elementos construtivos - Diretrizes gerais.

b) Termos, definições e objetivos da norma

No tocante a “Termos e definições” a versão de 2012 apresentava 11 significados, na qual constavam: Área do piso do compartimento; Carga de incêndio; Compartimento; Estanqueidade; Função corta-fogo; Função de suporte; Incêndio-padrão; Isolamento térmico; Situação de incêndio; Tempo de resistência ao fogo; Tempo requerido de resistência ao fogo. Já na atualização constam 16 “Termos e definições”, sendo subtraídos os seguintes tópicos: estanqueidade; função corta-fogo; função de suporte. Porém, adicionou-se os seguintes conceitos: Capacidade resistente; Compartimentação; Elemento de compartimentação; Material de revestimento contra fogo; Pavimento habitável; Redução da radiação térmica W ; resistência ao fogo e situação de incêndio.

Em “isolamento térmico”, na última versão, ele detalha o significado e troca algumas palavras, como “impedir a ocorrência na face não exposta ao incêndio” por “limitar o aumento de temperatura da face não exposta abaixo de valores especificados”; e altera os limites de temperaturas na face não exposta ao incêndio de “de incrementos de temperatura superiores a 140 °C, na média dos pontos da medida, ou superiores a 180 °C, em qualquer ponto da medida” por “não exceder 140 °C e o aumento máximo de temperatura em qualquer ponto dessa superfície não exceder 180 °C”.

Já no termo de “Tempo de Resistência ao Fogo (TRF)” foi destrinchado novos parâmetros, pois a versão de 2012 apenas reportava a sua ação com a ação de “tempo durante o qual um elemento estrutural, estando sob a ação do incêndio-padrão, definido na ABNT NBR 5628, não sofre colapso estrutural” e agora relaciona o termo ao tempo que a estrutura atinge o que preconiza a “capacidade resistente”, que é definida como “propriedade do elemento estrutural de resistir aos esforços solicitantes em situação de incêndio”, além de possibilitar a inclusão de mais requisitos como: integridade, redução da radiação térmica e isolamento térmico. Em “Tempo de Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF)” foi trocado os “regulamentos oficiais específicos” por “legislação e regulamentação vigentes e pelas Normas Técnicas aplicáveis”.

Percebeu-se que essa alteração melhorou as definições que foram suprimidas da versão de 2012, uma vez que ficaram mais pormenorizados esses aspectos na revisão de 2024.

No que concerne aos objetivos, a NBR 15200:2012 mencionava que a verificação de estruturas em situação de incêndio tem por objetivo: “Limitar o risco à vida humana; Limitar o risco da vizinhança e da própria sociedade e Limitar o risco da propriedade exposta ao fogo”. Já a última versão, além do primeiro objetivo citado na versão anterior, altera-se os dois seguintes por “limitar o risco de dano à propriedade exposta ao fogo” e “limitar o risco às edificações adjacentes e próximas”, e adiciona um último, que não existia na versão anterior, que é “limitar o risco às operações das equipes de combate, salvamento e resgate durante o incêndio”.

c) Outros aspectos gerais de destaque

No que diz respeito a definição de “Ação correspondente ao incêndio”, na versão de 2012, é citado que o intervalo de tempo de exposição pode ser definido pela ABNT NBR 14432 e ABNT NBR 5628. Já na versão de 2024 está descrito que esse intervalo pode ser definido conforme ABNT NBR 14432, de acordo com a ABNT NBR 16965.

É importante salientar que há pequenas alterações no texto neste item para aumentar a clareza, porém sem alterar significativamente a ideia principal do tema. Ademais, a tabela 16 explicita outras alterações genéricas na análise nas duas versões da NBR 15200.

Tabela 16 - Mais alterações genéricas da ABNT NBR 15200 (2012 vs 2024).

No item 8 – “Verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio” foi subdivido em: Ações e solicitações; Método tabular; Método analítico para pilares; Método simplificado de cálculo; Métodos avançados de cálculo e Método experimental.	No item 8 – “Verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio” na atualização mais recente, foi excluído o método simplificado de cálculo. Ademais, continua com a mesma subdivisão, constando a adição de um item “Geral” para introduzir o tema e facilitar o entendimento quando trata do Método Tabular e Método Analítico.
Não consta o item bibliografia.	Consta bibliografia após os anexos.
Esta edição consta 12 Figuras catalogadas.	A edição mais recente possui 13 Figuras listadas, com a diferença de que teve a adição da figura denominada “Considerações sobre a espessura do revestimento nos critérios de verificação em lajes”.

Fonte: ABNT NBR 15200:2012 e ABNT NBR 15200:2024.

5.1.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 15200

a) Sobre os “Requisitos Gerais”.

Considerando que as modificações relevantes se tratem de mudanças significativas nos textos, valores, fórmulas e conceitos, a primeira grande diferença que se pode perceber entre as duas versões da norma trata dos “Requisitos Gerais”, em

que os objetivos citados no item 5.3 da sua última atualização mostra que as estruturas podem atingir os objetivos estabelecidos pelas normas quando mantêm as funções de capacidade resistente, e nos casos aplicáveis durante o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), integridade, isolamento térmica e redução da radiação térmica. Na atualização anterior apenas reportava esta característica às funções de corta-fogo e de suporte.

Dos itens 5.5 ao 5.8 das duas versões da ABNT NBR 15200 percebe-se mais mudanças que tem sua relevância em respeito aos Requisitos Gerais. Há mudança na ordem dos textos, porém mantendo grande parte do seu significado. Os textos analisados apresentam diferenças significativas em termos de abordagem, detalhamento técnico e ênfase normativa. A versão do ano de 2024 adota uma redação mais técnica e objetiva, com forte referência a normas como a ABNT NBR 14432:2001, destacando o conceito de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) como elemento central. Por outro lado, a versão do ano de 2012 do texto apresenta uma abordagem mais genérica e fluida, com foco em princípios gerais como prevenção, proteção contra incêndio e a facilitação da fuga, e do combate ao fogo. A versão de 2024 da NBR 15200 aborda a redução do TRRF de maneira mais ampla, associando-a ao método do "tempo equivalente" descrito no Anexo A da última revisão, especialmente em projetos que diminuem o risco de incêndio. Além disso, menciona de forma explícita que edificações de grande porte estão sujeitas a requisitos mais severos, devido à altura ou maior carga de incêndio, ponto que não é detalhado no primeiro texto.

No item 5.8, há uma diferença significativa entre as versões da norma. A versão de 2012 da ABNT NBR 15200 adota uma abordagem mais flexível, permitindo, em caso de incêndio, que as estruturas sejam reutilizadas sem reparos, desde que fosse comprovada a baixa severidade do incêndio ou a presença de proteção superdimensionada. Já a versão de 2024 da ABNT NBR 15200 apresenta uma estrutura mais organizada e focada na segurança, que explicita, caso necessário, que devem ser feitos reparos e reforços para que a estrutura atenda aos critérios de projeto anteriores ao incêndio.

b) Sobre a “Verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio”.

b.1) Ações e Solicitações.

Outra diferença entre as normas se dá no item “Verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio” que trata de “Ações e solicitações”. A versão mais atualizada abrange mais casos de solicitação e deve ser comparada à resistência do elemento em situação de incêndio ($R_{d,fi}$), no TRRF pretendido, que deve ser definida considerando a redução da capacidade resistente dos materiais da estrutura no respectivo tempo, conforme apresentado na tabela 9 no capítulo 3.3.2.

A NBR 15200:2012 tratava sobre o tema em duas etapas. Na primeira etapa, era feita a análise da verificação no estado-limite último para a combinação excepcional, descrita da seguinte maneira:

$$F_{d,fi} = \gamma_g F_{gk} + F_{qexec} + \gamma_q \sum_2^n \psi_{2j} F_{qj} \quad (\text{Equação 6})$$

Sendo:

- γ_g = coeficiente de ponderação das ações permanentes;
- γ_q = o coeficiente de ponderação das ações variáveis;
- ψ_{2j} = fator de redução de combinação quase permanente para ELS;
- F_{gk} = ação permanente com seu valor característico;
- F_{qexec} = ação variável excepcional;
- F_{qjk} = ação variável com seu valor característico.

E, após isso, havia a verificação geral que comparava a solicitação e o efeito resistente, que era apresentada na equação 7.

$$S_{d,fi} = (\gamma_g F_{gk} + \gamma_q \sum_2^n \psi_{2j} F_{qjk}) \leq R_{d,fi} [f_{ck,\theta}, f_{yk,\theta}, f_{pyk,\theta}] \quad (\text{Equação 7})$$

Sendo:

- $S_{d,fi}$ = solicitação de cálculo em situação de incêndio;
- $R_{d,fi}$ = resistência de cálculo em situação de incêndio;
- γ_g = coeficiente de ponderação das ações permanentes;
- γ_q = o coeficiente de ponderação das ações variáveis;
- ψ_{2j} = fator de redução de combinação quase permanente para ELS;
- F_{gk} = ação permanente com seu valor característico;
- F_{qexec} = ação variável excepcional;
- F_{qjk} = ação variável com seu valor característico;
- $f_{ck,\theta}$ = resistência característica à compressão do concreto na temperatura θ ;
- $f_{yk,\theta}$ = resistência característica ao escoamento do aço de armadura passiva na temperatura θ ;
- $f_{pyk,\theta}$ = resistência característica ao escoamento do aço de armadura ativa na temperatura θ .

Porém, a versão de 2024 da NBR 15200 suprimiu a equação ($F_{d,fi}$), simplificando a abordagem para a da verificação da estruturas de concreto em incêndio. A norma agora se concentra na comparação entre a solicitação em situação de incêndio ($S_{d,fi}$) e a resistência do elemento estrutural ($R_{d,fi}$) e trazendo alterações na equação de solicitação em situação de incêndio como será apresentado a seguir na equação 8.

$$S_{d,fi} = (\sum_{i=1}^m \gamma_{gi} \cdot F_{Gik} + F_{Q,exec} + \gamma_q \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}) \leq R_{d,fi} [f_{ck,\theta}, f_{yk,\theta}, f_{pyk,\theta}] \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo:

- $S_{d,fi}$ = solicitação de cálculo em situação de incêndio;

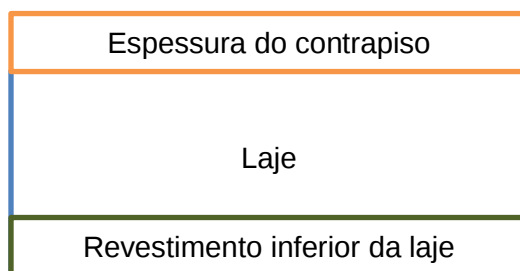
- $R_{d,fi}$ = resistência de cálculo em situação de incêndio;
- γ_g = coeficiente de ponderação das ações permanentes;
- γ_q = o coeficiente de ponderação das ações variáveis;
- ψ_{2j} = fator de redução de combinação quase-permanente para ELS;
- F_{gk} = ação permanente com seu valor característico;
- FQ_{exec} = ação variável excepcional; que vem de acordo com os efeitos da dilatação termina, podendo ser desprezada a critério do projetista.
- F_{Qjk} = ação variável com seu valor característico;
- $f_{ck,\theta}$ = resistência característica à compressão do concreto na temperatura θ ;
- $f_{yk,\theta}$ = resistência característica ao escoamento do aço de armadura passiva na temperatura θ ;
- $f_{pyk,\theta}$ = resistência característica ao escoamento do aço de armadura ativa na temperatura θ .

b.2) Método Tabular

No item 8.2, que trata sobre o “Método Tabular”, há diferença no que se refere à consideração do revestimento para determinação das dimensões mínimas da seção transversal de pilares e lajes lisa ou cogumelo. A nova versão traz um texto mais completo e exemplifica de melhor maneira, e também adiciona um novo tipo de revestimento. É citado que os revestimentos à base de gesso, com aderência à tração de acordo com a ABNT NBR 13528 (1, 2 e 3):2019 e a ABNT NBR 13207:2017 têm 250% de eficiência relativa ao concreto, devendo serem majoradas as espessuras 2,5 vezes antes de adiciona-las à dimensão do elemento estrutural que deve ser revestido. No mesmo item, há a possibilidade da utilização de revestimentos, como tintas contra fogo e mantas cerâmicas, que não foram citados na versão de 2012, e assim se junta a

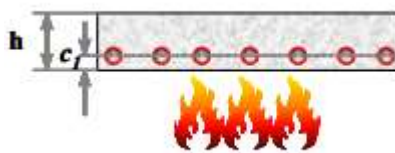
mesma recomendação de revestimentos à base de vermiculita ou fibras, mas que deve ser realizado ensaios de acordo com normas técnicas aplicáveis. Ainda no item 8.2, há também nova redação sobre os revestimentos em lajes, exceto em lajes lisas e cogumelos, em que a espessura do revestimento inferior e do contrapiso (se aderente) pode ser incluída na espessura mínima da laje, como de acordo com a figura 17, exceto para o cálculo de c_1 , que corresponde a distância da face do concreto exposta ao fogo ao eixo da armadura longitudinal, ilustrada na figura 18. No caso de contrapisos não aderentes com mantas, a espessura da manta é desconsiderada, mas a soma das outras camadas ainda pode ser usada para determinar a espessura mínima (ABNT NBR 15200:2024). Em todos os casos, a aderência é fundamental e as normas ABNT NBR 13528-1:2019, ABNT NBR 13528-2:2019 e ABNT NBR 13528-3:2019 devem ser consultadas.

Figura 17 – Determinação da espessura do revestimento em lajes maciças e nervuradas.



Fonte: ABNT NBR 15200:2024.

Figura 18 – Dimensão do “ C_1 ” para verificação do método tabular.



Fonte: Costa (2008).

b.3) Método Tabular em Pilares

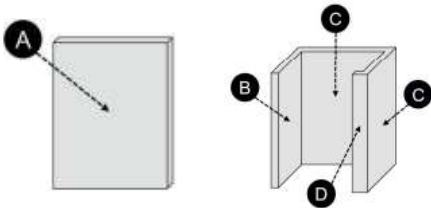
No item 8.2.4, que trata sobre o Método Tabular em Pilares, há um novo texto para facilitar a compreensão do tema. A antiga norma não descrevia de maneira clara que pilares e pilares-parede deviam ser tratados de maneira diferente. Assim, a atualização de 2024 da ABNT NBR 15200 explicita que são tabelas diferentes para os dois casos, e que no caso do pilar-parede, devem ser consideradas diversas lâminas, que devem ser avaliadas de acordo com a quantidade de faces expostas ao fogo, conforme figura 19, e dos seus vínculos, que será mostrado na figura 20. A dimensão mínima deve ser o resultado mais desfavorável dessa análise. Além disso, houve uma alteração nas dimensões mínimas para pilares parede, e será exposto na tabela 17.

Tabela 17 - Diferença nas dimensões mínimas para pilares-parede.

TRRF min	Combinações de b_{min} / c_1 mm/mm	
120	$\mu_{fi} = 0,35$	
	Uma face exposta (2024)	Uma face exposta (2012)
	150/25	140/25

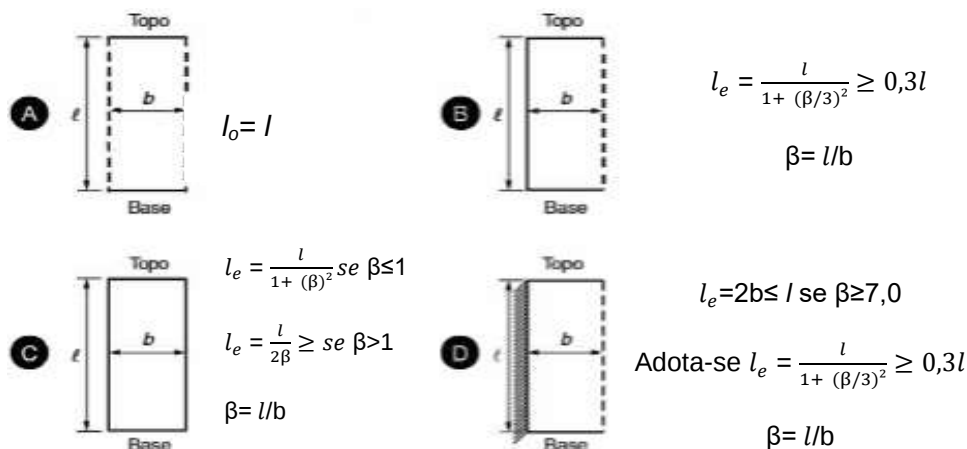
Fonte: ABNT NBR 15200:2012 e ABNT NBR 15200:2024.

Figura 19 - Lâminas a serem consideradas no estudo de pilares-parede.



Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

Figura 20 - Vinculações e comprimentos relativos das lâminas consideradas no estudo de pilares-parede.



Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

b.4) Método analítico para pilares

No que tange ao “Método analítico para pilares”, não há mudanças nas equações que lhe diz respeito, porém o “ $l_{ef,fi}$ ” que trata do comprimento equivalente do pilar em situação de incêndio, traz uma mudança em relação ao que é o parâmetro de avaliação dos esforços de segunda ordem globais, conforme a ABNT NBR 6118:2023. Essa versão diz que quando os pilares dos andares intermediários em edifícios com vários pavimentos compartimentados verticalmente, e com efeitos globais de segunda ordem superior, na temperatura ambiente, forem maiores do que 10%, quando comparado aos esforços de primeira ordem, esse parâmetro codificado como “ γ_z ”, é menor que 1,30 e maior que 1,10, podendo-se admitir que o comprimento equivalente do pilar é igual a 1,00. Essa alteração simplifica e otimiza o cálculo, já que se pode assumir o comprimento equivalente fixo para os pilares no intervalo citado, visto que os efeitos de segunda ordem podem ser elevados.

b.5) Método Avançado

O item 8.4 da atualização de 2024 é chamado de “Método Avançado”, quando o mesmo item na atualização de 2012 era chamado de “Método simplificado de cálculo”.

O Método Simplificado não foi mantido na atualização da norma, assim, de maneira geral, a nova norma prioriza cinco tipos de métodos, quando a sua antecessora citava seis métodos.

O Método avançado, na nova atualização, afirma que o elemento pode ser analisado de maneira isolada, desde que a rigidez da vinculação ou a continuidade de pavimentos seja fundamentada de maneira correta. Para ir ao encontro dos novos conceitos apresentados na norma, há a conexão da ABNT NBR 16945:2021. Além disso, a atualização de 2024 da norma vem com sete considerações a respeito da sua utilização, adicionando três novas considerações em relação a versão de 2012. Entre elas estão citadas:

- “o cálculo da capacidade resistente da seção transversal deve ser baseado na deformação mecânica, considerando as deformações térmicas atuantes” (ABNT NBR 15200:2024).
- “deve ser considerado o diagrama tensão *versus* deformação do concreto e do aço, apresentados nos Anexos B e D, respectivamente” (ABNT NBR 15200:2024).
- “devem ser consideradas as propriedades térmicas do concreto e do aço, apresentados, respectivamente, no Anexo C e na ABNT NBR 14323:2013” (ABNT NBR 15200:2024).

c) Anexos

c.1) Anexo A

Quando parte para os anexos, observa-se que no “Anexo A”, que trata do método do tempo equivalente, não houve alteração nas fórmulas e fatores de ponderação a serem adotados, porém quando se observa a fórmula que trata sobre o tema, a equação 5 (citada no item 3.3.4 do presente trabalho), apresenta uma nota que não era citada na versão anterior, afirmando que a altura da edificação não será considerada para o modelo de cálculo nos seguintes casos:

- “os subsolos destinados ao estacionamento de veículos, aos vestiários, às instalações sanitárias e às áreas técnicas sem aproveitamento para quaisquer atividades ou permanência de pessoas” (ABNT NBR 15200:2024);
- “pavimentos superiores destinados, exclusivamente, aos áticos, às casas de máquinas, aos barriletes, aos reservatórios de água e assemelhados”(ABNT NBR 15200:2024);
- “mezaninos cuja área não ultrapasse 1/3 (um terço) da área do pavimento no qual se situa” (ABNT NBR 15200:2024);
- “o pavimento superior da unidade dúplex do último piso de edificação de uso residencial multifamiliar” (ABNT NBR 15200:2024).

c.2) Anexo B

O “Anexo B” que trata do diagrama tensão-deformação do concreto permanece com a mesma equação, porém a tabela que fornece os dados da “Deformação específica do concreto em função da temperatura elevada” sofreu algumas alterações entre as atualizações da norma, como será comparada na tabela 18.

Tabela 18 - Diferenças na Deformação específica do concreto em função da temperatura elevada.

(continua)

θ °C	$\epsilon_{c1,\theta}$ % (ABNT NBR 2024)	$\epsilon_{c1,\theta}$ % (ABNT NBR 2012)
20	0,25	0,25
100	0,40	0,35

Tabela 18 - Diferenças na Deformação específica do concreto em função da temperatura elevada.

(continuação)

θ °C	$\epsilon_{c1,\theta}$ % (ABNT NBR 2024)	$\epsilon_{c1,\theta}$ % (ABNT NBR 2012)
200	0,55	0,45
300	0,70	0,60
400	1,00	0,75
500	1,50	0,95
600	2,50	1,25
700	2,50	1,40
800	2,50	1,45
900	2,50	1,50
1000	2,50	1,50
1100	2,50	1,50
1200	-----	1,50

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 15200:2012 e ABNT NBR 15200:2024

Essa mudança na deformação específica do concreto em função da temperatura elevada reflete numa deformação maior do concreto, estimando uma deformação do concreto maior que na versão anterior.

Observa-se que para a temperatura de 1200°C não há estimativa de deformação específica do concreto em função da temperatura, na nova versão da norma. Muito possivelmente dada à situação de deformação intensa e esmagamento do concreto decorrente da elevada redução de temperatura, visto o que foi apresentado no presente trabalho, na figura 14 e tabela 8 e indo ao encontro do exposto por Silva (2012), que a resistência do concreto silicoso, quando exposto a essa temperatura, tem sua resistência à compressão igual a zero.

c.3) Anexo E

O mesmo acontece com o “Anexo E” que trata do “Método tabular geral para dimensionamento de pilares retangulares ou circulares”. Embora as equações permaneçam as mesmas, há divergências em partes das tabelas, como por exemplo: no caso da “Tabela E.1 – Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 0,1$ e $e_{m\acute{a}x} = 10$ mm (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 0,025 \times b$ (para $b > 400$ mm)”. Essas alterações serão apresentadas na tabela 19.

Tabela 19 - Diferença na Tabela E.1 – Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 0,1$ e $e_{m\acute{a}x} = 10$ mm (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 0,025 \times b$ (para $b > 400$ mm)” da ABNT NBR 15200 (2024 e 2012).

(continua)

TRRF min	λ_{fi}	b_{min} / C_1			
		$v_{fi} = 0,15$ (2024)	$v_{fi} = 0,15$ (2012)	$v_{fi} = 0,3$ (2024)	$v_{fi} = 0,3$ (2012)
120	30	200/25	200/25	250/25	200/25
	40	250/25	200/25	250/25	200/25
	50	250/25	200/25	300/25	300/25

Tabela 19 - Diferença na Tabela E.1 – Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 0,1$ e $e_{m\acute{a}x} = 10$ mm (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 0,025 \times b$ (para $b > 400$ mm)” da ABNT NBR 15200 (2024 e 2012).

(continuação)

TRRF min	λ_{fi}	b_{min} / c_1			
		$v_{fi} = 0,15$ (2024)	$v_{fi} = 0,15$ (2012)	$v_{fi} = 0,3$ (2024)	$v_{fi} = 0,3$ (2012)
120	60	250/25	200/25	350/25	300/25
	70	250/50; 300/25	250/50; 300/25	400/25	400/25
	80	300/25	300/25	450/40; 500/25	450/40; 500/25
Sendo: • TRRF = tempo mínimo de resistência ao fogo; • λ_{fi} = é a esbeltez em situação de incêndio ($\ell_{ef,fi}/r$); • b_{min} = é a mínima dimensão da seção transversal do pilar, retangular ou circular, expressa em milímetro (mm); • c_1 = é a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo; • v_{fi} = é a força normal adimensional em situação de incêndio.					

Fonte: ABNT NBR 15200:2012 e ABNT NBR 15200 2024.

Essas alterações no Anexo E impõem uma nova relação entre a largura mínima do pilar e a distância à face exposta ao fogo, aumentando-a. Isso resulta em pilares com uma face maior, ocasionando uma seção transversal mais robusta para as mesmas condições de projeto em comparação com a versão anterior. Na prática, essas mudanças podem levar ao aumento na capacidade de carga dos pilares, permitindo que a estrutura tenha um incremento na segurança estrutural. Outro ponto é a possibilidade de uma melhor distribuição de calor e, conseqüentemente, uma melhor performance em casos de incêndio.

Ainda nos anexos, houve uma correção na Tabela E.9 da norma, que trata das “Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 1,0$ e $e_{m\acute{a}x} = 0,5 \times b$ (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 200$ mm (para $b > 400$ mm)”. Assim, como será exemplificado a seguir na tabela 20.

Tabela 20 - Dimensões mínimas para pilares com $\omega = 1,0$ e $e_{m\acute{a}x} = 0,5 \times b$ (para $b \leq 400$ mm) e $e_{m\acute{a}x} = 200$ mm (para $b > 400$ mm)” da ABNT NBR 15200 (2024 e 2012).

TRRF min	λ_{fi}	b_{min} / c_1	
120	30	$v_{fi}= 0,3$ (2024)	$v_{fi} = 0,3$ (2012)
		450/45; 600/25	450/450; 600/25

Sendo:

- TRRF = tempo mínimo de resistência ao fogo;
- Λ_{fi} = é a esbeltez em situação de incêndio ($\ell_{ef,fi}/r$);
- b_{min} = é a mínima dimensão da seção transversal do pilar, retangular ou circular, expressa em milímetro (mm);
- c_1 = é a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo;
- v_{fi} = é a força normal adimensional em situação de incêndio.

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 15200:2012 e ABNT NBR 15200:2024.

Aparentemente se trata de uma correção em relação à norma anterior, no entanto, corrobora com uma atualização nas diretrizes de segurança e desempenho, visto que impacta no dia a dia de projetos de estruturas.

5.2 Análise da NBR 12655:2022 *versus* NBR 12655:2015.

5.2.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 12655.

A ABNT NBR 12655 tinha as seguintes referencias normativas na sua versão de 2015.

- ABNT NBR 5732, Cimento Portland comum ABNT NBR;

- 5733, Cimento Portland de alta resistência inicial;
- ABNT NBR 5735, Cimento Portland de alto-forno A;
- ABNT NBR 5736, Cimento Portland pozolânico;
- ABNT NBR 5737, Cimentos Portland resistentes a sulfatos;
- ABNT NBR 5738, Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- ABNT NBR 5739, Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- ABNT NBR 6118, Projeto de estruturas de concreto — Procedimento ;
- ABNT NBR 7211, Agregados para concreto — Especificação;
- ABNT NBR 7212, Execução de concreto dosado em central — Procedimento;
- ABNT NBR 7680, Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto;
- ABNT NBR 8953, Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;
- ABNT NBR 9062, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado ABNT;
- NBR 9778, Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;
- ABNT NBR 9833, Concreto fresco — Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico;
- ABNT NBR 11578, Cimento Portland composto — Especificação;
- ABNT NBR 11768, Aditivos químicos para concreto de cimento Portland — Requisitos;
- ABNT NBR 12653, Materiais pozolânicos — Requisitos;
- ABNT NBR 12989, Cimento Portland branco — Especificação;
- ABNT NBR 13116, Cimento Portland de baixo calor de hidratação — Especificação;

- ABNT NBR 13956-1, Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta — Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 15577-1, Agregados — Reatividade álcali-agregado — Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto;
- ABNT NBR 15823-1, Concreto auto-adensável — Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco;
- ABNT NBR 15823-2, Concreto auto-adensável — Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento — Método do cone de Abrams;
- ABNT NBR 15823-3, Concreto auto-adensável — Parte 3: Determinação da habilidade passante — Método do anel J;
- ABNT NBR 15894-1, Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta — Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 15900-1, Água para amassamento do concreto — Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR NM 33, Concreto — Amostragem de concreto fresco;
- ABNT NBR NM 67, Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- ASTM C 1218, Test method for water-soluble chloride in mortar and concrete.

Já na última revisão, de 2022, a ABNT NBR 12655 suprimiu algumas normas em relação a versão anterior, como: a ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989, ABNT NBR 13116 (todas realocadas na ABNT NBR 16697), ABNT NBR NM 33, ABNT NBR NM 67 (realocadas na ABNT NBR 16889). Porém, adicionou-se a essa versão outras normas como o caso da:

- ABNT NBR 16697, Cimento Portland – Requisitos;
- ABNT NBR 16886, Concreto – Amostragem de concreto fresco;
- ABNT NBR 16889, Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

- ABNT NBR 16937-1, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 1: Amostragem e preservação de água destinada aos ensaios de agressividade ao concreto;
- ABNT NBR 16937-2, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 2: Determinação de amônio solúvel em água;
- ABNT NBR 16937-3, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 3: Determinação de magnésio solúvel em água;
- ABNT NBR 16937-4, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 4: Determinação do resíduo sólido;
- ABNT NBR 16937-5, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 5: Determinação de dióxido de carbono (CO₂) agressivo;
- ABNT NBR 16937-6, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 6: Determinação de sulfato solúvel em água;
- ABNT NBR 16937-7, Águas agressivas – Durabilidade do concreto – Parte 7: Determinação do pH pelo método potenciométrico.

A tabela 21 apresenta outras alterações genéricas percebidas nas duas últimas atualizações na NBR 12655.

Tabela 21 - Alterações genéricas da ABNT NBR 12655 (2015 vs 2022).

Na NBR 12655:2015	NBR 12655:2022
O item 5.2.2.5 é intitulado de “Outros agentes agressivos”.	O item 5.2.2.5 é intitulado de “Águas agressivas ao concreto”.
Contém 1 Anexo e 9 tabelas listadas.	Contém 9 tabelas listadas e nenhum anexo.

Fonte: ABNT NBR 12655:2015 e ABNT NBR 12655:2022.

5.2.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 12655.

A atualização mais recente da ABNT NBR 12655 não trouxe grandes mudanças em relação a sua versão anterior. Apenas algumas mudanças para facilitar o

entendimento a respeito dela, que são decorrentes dos ajustes nas normas ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989, ABNT NBR 13116, que foram realocados na ABNT NBR 16697:2018, inclusive havendo o cancelamento de algumas delas. Essas normas tratam sobre Cimento Portland e seus requisitos. Houve também a realocação ABNT NBR NM 33 e ABNT NBR NM 67, já que foram canceladas, passando a vigorar a ABNT NBR 16889:2020 que trata de Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Ademais, na versão mais atualizada não consta o anexo que existia na versão anterior, pois ele foi incorporado ao item 5.2.2.5 que trata a respeito de “Águas agressivas ao concreto”. Vale ressaltar que na tabela 6 da atualização de 2022 foi adicionada uma coluna que apresenta os parâmetros em relação aos Sulfatos, facilitando a compreensão.

5.3 Análise da NBR 6118:2023 *versus* NBR 6118:2014.

5.3.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 6118.

a) Referências Normativas.

A ABNT NBR 6118:2014 tinha como referências normativas as seguintes normas:

- ABNT NBR 5674, Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção;
- ABNT NBR 5732, Cimento Portland comum – Especificação;
- ABNT NBR 5733, Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação;
- ABNT NBR 5735, Cimento Portland de alto-forno – Especificação;
- ABNT NBR 5736, Cimento Portland pozolânico – Especificação;
- ABNT NBR 5737, Cimento Portland resistente a sulfatos – Especificação;
- ABNT NBR 5738, Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- ABNT NBR 5739, Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- ABNT NBR 6004, Arames de aço – Ensaio de dobramento alternado – Método de ensaio;
- ABNT NBR 6120, Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento;
- ABNT NBR 6123, Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento;

- ABNT NBR 6153, Produtos metálicos – Ensaio de dobramento semi-guiado – Método de ensaio;
- ABNT NBR 6349, Barras, cordoalhas e fios de aço para armaduras de protensão – Ensaio de tração;
- ABNT NBR 7222, Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos;
- ABNT NBR 7480, Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 7481, Tela de aço soldada – Armadura para concreto – Especificação;
- ABNT NBR 7482, Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 7483, Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 7484, Barras, cordoalhas e fios de aço destinados a armaduras de protensão – Método de ensaio de relaxação isotérmica;
- ABNT NBR 8522, Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão;
- ABNT NBR 8548, Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação da resistência à tração – Método de ensaio;
- ABNT NBR 8681, Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 8953, Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;
- ABNT NBR 8965, Barras de aço CA 42 S com características de soldabilidade destinadas a armaduras para concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 9062, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- ABNT NBR 11578, Cimento Portland composto – Especificação;
- ABNT NBR 12142, Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos;
- ABNT NBR 12654, Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 12655, Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- ABNT NBR 12989, Cimento Portland branco – Especificação;
- ABNT NBR 13116, Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação;
- ABNT NBR 14859-2, Laje pré-fabricada – Requisitos – Parte 2: Lajes bidirecionais;
- ABNT NBR 14931, Execução de estruturas de concreto – Procedimento ABNT NBR 15200, Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;
- ABNT NBR 15421, Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento;
- ABNT NBR 15577-1, Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto;
- ABNT NBR ISO 6892-1, Materiais metálicos – Ensaio de tração – Parte1: Método de ensaio à temperatura ambiente;

- ABNT NBR NM 67, Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Já na versão de 2023 da NBR 6118 foram retiradas, em relação à de 2014, as seguintes normas: NBR 15421, NBR 15577-1, NBR ISO 6892-1, ABNT NBR NM 67, Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone; ABNT NBR 12654, Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento; ABNT NBR 12989, Cimento Portland branco – Especificação; ABNT NBR 13116, Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação; ABNT NBR 14859-2, Laje pré-fabricada – Requisitos – Parte 2: Lajes bidirecionais e ABNT NBR NM 67, Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone do *hall* das referencias normativas. Além disso, nessa nova revisão, foram adicionadas as seguintes normas:

- ABNT NBR 6120, Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 16697, Cimento Portland – Requisitos;
- ABNT NBR 16889, Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- ABNT NBR 7438, Materiais metálicos — Ensaio de dobramento;
- ABNT NBR 6892-1, Materiais metálicos — Ensaio de tração - Parte 1: Método de ensaio em temperatura ambiente.

b) Outros aspectos gerais de destaque.

b.1) Classe de agressividade

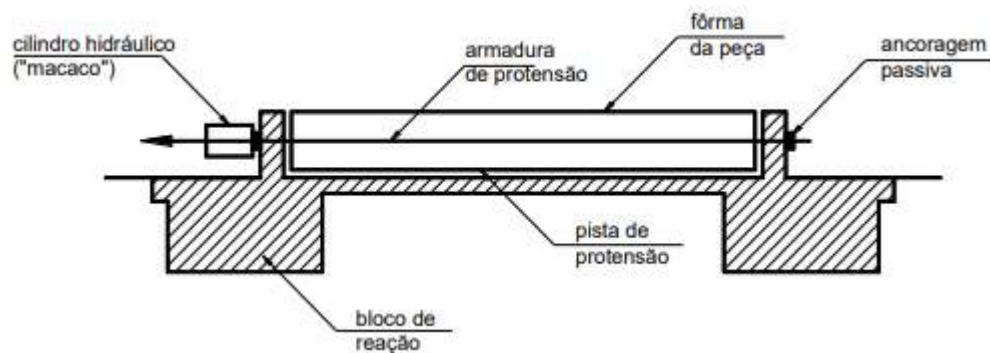
Na tabela 6.1 da norma, que trata sobre as classes de agressividade ambiental (CAA), na descrição do ambiente “c”, agora elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada também estão sendo indicados, para efeitos de projeto, como situação de classe de agressividade ambiental muito forte (classe de agressividade IV). Isso reflete o aumento da preocupação com a durabilidade das estruturas e das fundações de concreto em condições adversas. Essa inclusão implica que estruturas projetadas para esses ambientes devem considerar a

agressividade adicional que esses fatores contaminantes podem trazer, aumentando o risco de deterioração.

b.3) Ancoragem de armaduras ativas (fios e cordoalhas pré-tracionadas) por aderência

No item 9.4.5.3, que trata do comprimento de ancoragem necessário, há a adição do seguinte fragmento de texto na versão 2023 da NBR 6118 “no caso de se combinar ancoragem com a armadura passiva, pode ser considerada sua capacidade de ancoragem”. Assim, para melhor compreensão, a figura 21 trata por ilustrar a aplicação de protensão com pré-tração.

Figura 21- Aplicação de protensão com pré-tração.



Fonte: Bastos (2023).

b.4) Deslocamentos-limites

No tocante ao item 13.3, que trata dos “Limites para dimensões, deslocamentos e aberturas de fissuras”, não há alteração na tabela sobre os deslocamentos, porém há adição de uma nota na nova versão da NBR, que prevê “Para determinação da flecha de longa duração, adotar a combinação quase permanente” (ABNT NBR 6118:2023). Ou seja, o que era já efetivamente recomendado na literatura, foi agora, nessa versão da norma, registrado.

5.3.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 6118

a) Sobre cobrimentos das armaduras

No item 7.4.7.1, que preconiza sobre a qualidade do concreto de cobrimento, embora não tenha mudado o texto, há a adição da fórmula a fim de ficar explícito o tema, que é representada pela equação 9.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c. \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

- c_{nom} = Cobrimento nominal;
- c_{min} = cobrimento mínimo;
- Δc = tolerância de execução para o cobrimento.

b) Sobre a Resistência à tração do concreto

O item 8.2.5 descreve formulações distintas na nova versão para os intervalos de classes de resistência, consideradas de alta resistência. Há de salientar que a forma de abordagem desses intervalos também mudou. Consta que a resistência média do concreto à tração, " $f_{ct,m}$ ", é diferente da versão anterior para os casos de concreto acima de 50 MPa. Essas alterações são descritas a seguir.

Na versão da ABNT NBR 6118:2014, tinha-se a seguinte informação:

- "para concretos de classes C55 até C90:"

$$f_{ct,m} = 2,12 \ln (1 + 0,11f_{ck}) \quad \text{(Equação 10)}$$

Já na versão da ABNT NBR 6118:2023 tem-se a seguinte atualização:

- "para concretos com $f_{ck} > 50$ MPa:"

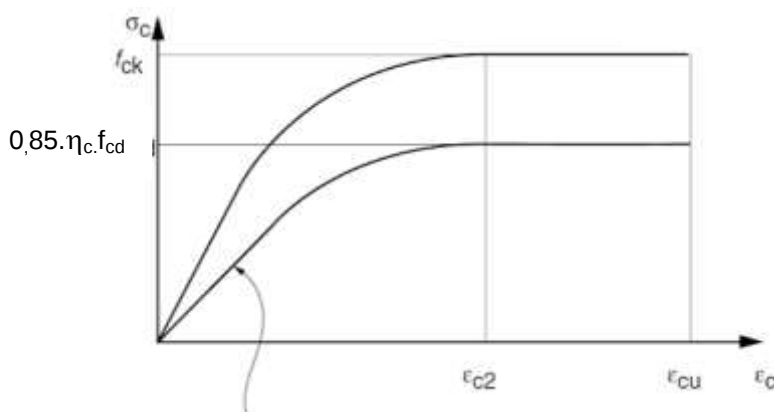
$$f_{ct,m} = 2,12 \ln [1 + 0,1 (f_{ck} + 8)] \quad (\text{Equação 11})$$

Essa alteração amplia a faixa em que se aplica a equação, já que antes se restringia a resistência característica do concreto entre 55MPa a 90MPa. Agora, ela pode ser utilizada em qualquer concreto com resistência característica acima de 50MPa, o que proporciona uma abordagem mais abrangente na avaliação da resistência à tração, especialmente em concretos de alta resistência.

c) Do diagrama tensão-deformação

No item 8.2.10 que trata sobre Diagramas tensão-deformação, no primeiro subitem que se explicita o caso de “Compressão”, a fórmula para encontrar a tensão à compressão no concreto, “ σ_c ” (ver equação 12) sofreu uma alteração, sendo introduzido o coeficiente de fragilidade do concreto (η_c), que é o fator que considera a fragilidade do concreto para resistências maiores que 40 MPa, conforme comparativo descrito a seguir. Na versão de 2014 da NBR 6118 para se encontrar a tensão à compressão do concreto era dado apenas duas condições, quando na atual versão, de 2023, tem-se quatro. A figura 22 expressa o diagrama tensão-deformação idealizado, que se utiliza a tensão de compressão no concreto.

Figura 22 - Diagrama de tensão-deformação para análise não linear.



Fonte: ABNT NBR 6118:2023

A equação 12 expressa a curva no diagrama de tensão-deformação para análise não linear.

$$\sigma_c = 0,85 \cdot \eta_c \cdot f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad (\text{Equação 12})$$

Na versão da ABNT NBR 6118:2014, tinha-se a seguinte informação, pois ainda não havia sido incorporado o coeficiente de fragilidade do concreto.

- Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n = 2$;
- E para $f_{ck} > 50$ MPa: $n = 1,4 + 23,4[(90-f_{ck})/100^4]$. (Equação 13)

Já na versão da ABNT NBR 6118:2023, tem se adição dos itens citados anteriormente, sendo apresentada a seguir:

- Para $f_{ck} \leq 40$ MPa: $\eta_c = 1,0$;
- E para $f_{ck} > 40$ MPa: $\eta_c = (40/f_{ck})^{1/3}$. (Equação 14)
- Para $f_{ck} \leq 50$ MPa: $n = 2$;
- E para $f_{ck} > 50$ MPa: $n = 1,4 + 23,4[(90-f_{ck})/100^4]$. (Equação 13)

Vale a pena frisar que:

- f_{ck} é a resistência característica à compressão do concreto;
- f_{cd} é a resistência de cálculo à compressão do concreto;
- ε_{cu} é a deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura;
- ε_{c2} é a deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico;
- ε_c é a deformação específica do concreto;
- σ_c é a tensão à compressão no concreto.

Assim a aplicação do modelo de acordo com a versão da NBR 6118:2023 ficou expressa na tabela 22, que apresenta as mudanças nos valores de tensão de compressão no concreto (σ_c). Porém para verificar-se a sua tensão, utiliza-se conceitos a respeito do valor máximo da tensão à compressão do concreto que foram difundidos

por Machado e Marino (2015), que consta que o valor máximo era dado por $0,85.f_{cd}$, por conta de três fatores que influenciavam, que são:

- Efeito Rüsç, que no tocante a resistência do concreto, sua variação ocorre de acordo com a maturidade do concreto quando as cargas de longa duração são aplicadas;
- Resistência do concreto que aumenta com o passar do tempo;
- E a influência da forma cilíndrica do corpo de prova.

Como houve a inserção do coeficiente de fragilidade do concreto, utilizar-se-á o conceito empregado por Machado e Marino (2015) e corroborado por Araújo (2023a) com o cálculo de acordo com o coeficiente de fragilidade do concreto de acordo com o seu f_{ck} .

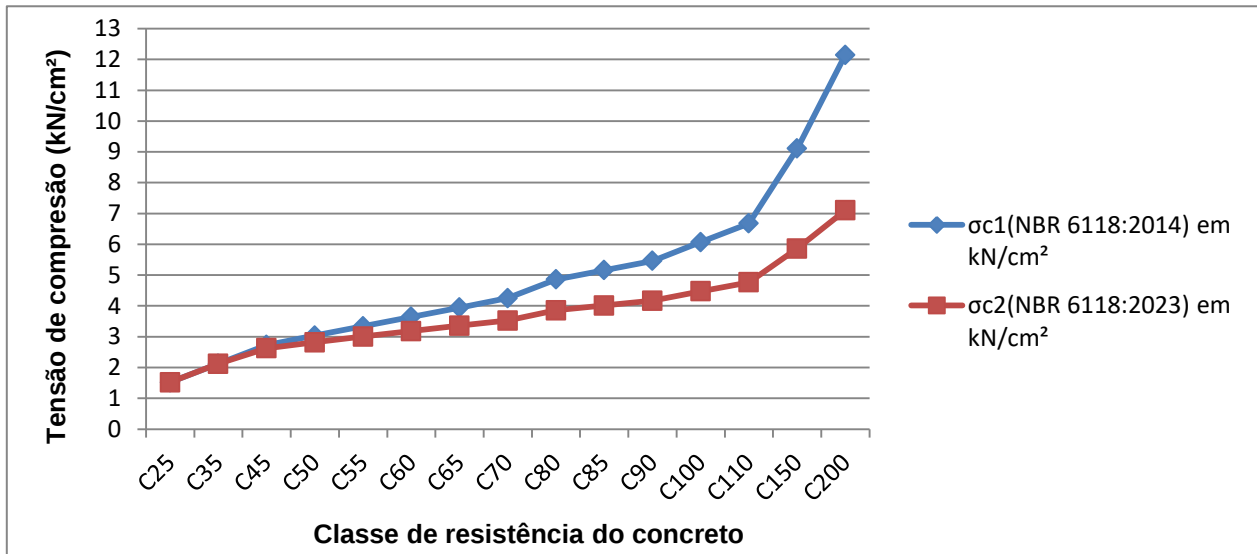
Tabela 22 - Comparativo da tensão de compressão máxima no concreto de acordo com a NBR 6118:2014 versus NBR 6118:2023.

Classe de resistência	Tensão de compressão máxima no concreto		Relação $\sigma_{c2} / \sigma_{c1}$
	σ_{c1} (NBR 6118:2014) em kN/cm ²	σ_{c2} (NBR 6118:2023) em kN/cm ²	
C25	1,518	1,518	1
C35	2,125	2,125	1
C45	2,732	2,627	0,961
C50	3,036	2,818	0,928
C55	3,339	3,003	0,899
C60	3,643	3,182	0,874
C65	3,946	3,357	0,851
C70	4,250	3,527	0,830
C80	4,857	3,855	0,794
C85	5,161	4,014	0,778
C90	5,464	4,170	0,763
C100	6,071	4,473	0,737
C110	6,679	4,767	0,714
C150	9,107	5,862	0,644
C200	12,143	7,101	0,585

Fonte: O autor (2025).

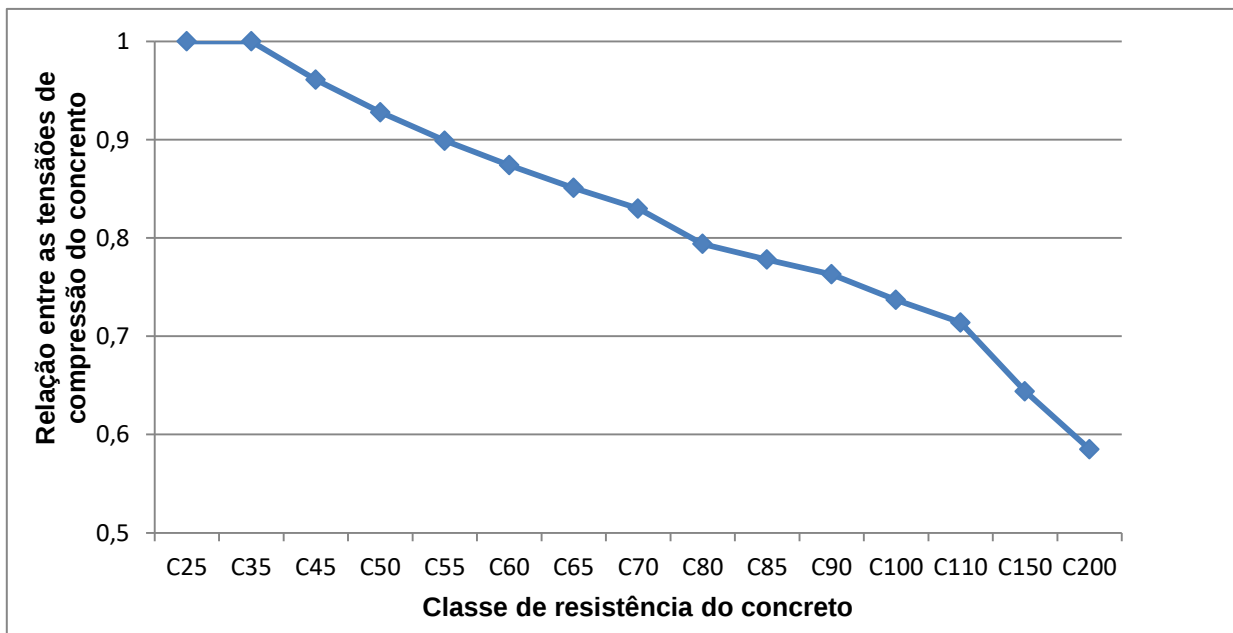
Sendo representado a seguir estes valores de maneira gráfica através dos gráficos 1 e 2 a seguir.

Gráfico 1 - Comparativo da tensão de compressão máxima no concreto de acordo com a NBR 6118:2014 versus NBR 6118:2023.



Fonte: O autor (2025).

Gráfico 2 - Relação entre a tensão de compressão do concreto da NBR 6118:2023 e da NBR 6118:2014.



Fonte: O autor (2025).

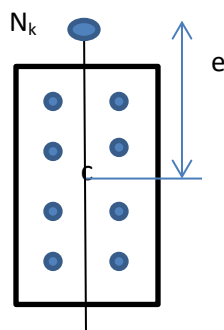
Essa atualização é importante, pois ao incluir a consideração do coeficiente de fragilidade (η_c) percebe-se que influencia bastante na tensão de compressão do

concreto (σ_c) entre as duas versões da NBR 6118, especialmente ao aumentar o f_{ck} do concreto, podendo impactar no dia a dia de análise do diagrama tensão-deformação.

Vale a pena complementar que Araújo (2023a) apresenta no capítulo 4 inconsistências a respeito da adoção desse coeficiente de fragilidade, onde ele aponta que o diagrama parábola-retângulo ou diagrama de tensão-deformação para análise não linear não serve para o cálculo das deformações da estrutura quando utilizado concreto com $f_{ck} > 50$ MPa; e complementa alertando que a introdução deste coeficiente, mas mantendo inalterada as expressões ϵ_{c2} , n e ϵ_{cu} utilizados para encontrar a parábola, ocasiona em erros para dimensionar pilares.

Araújo (2023b) exemplifica, no capítulo 2, o caso dos pilares, e é tratado que o fator redutor de tensão de cálculo em casos de $f_{ck} > 40$ MPa tem pouca influência em problemas de flexão simples e flexão composta com grandes excentricidades, porém apresenta grande diferença em casos com pequenas excentricidades. Para fins de exemplificação, fez-se o dimensionamento da seção mostrada na figura 23.

Figura 23 - Seção transversal a considerar a área da armadura.



Fonte: Araújo (2023b).

Utilizando $N_k = 2500$ kN e $e = 2,7$ cm (excentricidade mínima), obteve-se os seguintes resultados para as áreas das armaduras apresentado na tabela 23.

Tabela 23- Área da armadura para um caso de pilar com pequena excentricidade (6118:2014 vs 6118:2023).

F_{ck} (MPa)				
50	60	70	80	90
A_{s1}(cm²) conforme a NBR-6118/2014				
39,83	33,28	26,20	19,70	14,42
A_{s2}(cm²) conforme a NBR-6118/2023				
44,13	42,35	39,94	37,65	36,06
Relação A_{s2}/ A_{s1}				
1,11	1,27	1,52	1,91	2,50

Fonte: Araújo (2023b).

O resultado obtido na tabela 23 é preocupante, visto que há um crescimento elevado a respeito da área de aço, fazendo com que a utilização de concretos de alta resistência seja dificultada. Araújo (2023b) compara com o método europeu, cujos resultados são menos impactantes com o emprego dos procedimentos previstos na NBR 6118:2014, conforme tabela 24. Por isso há a recomendação de Araújo (2023b) para que enquanto não corrijam esta questão, utilize-se a NBR 6118:2014 ou a norma europeia (FprEN 1992-1-1:2022).

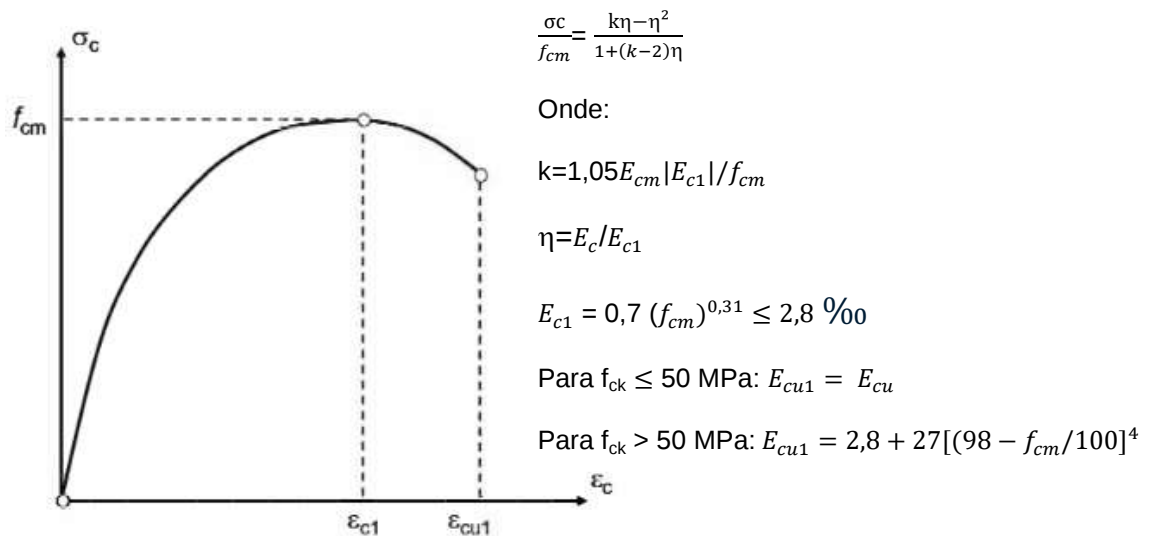
Tabela 24 - Área da armadura para um caso de pilar com pequena excentricidade (6118:2014 vs norma europeia).

F_{ck} (MPa)				
50	60	70	80	90
A_{s1}(cm²) conforme a NBR-6118/2014				
39,83	33,28	26,20	19,70	14,42
A_{s2}(cm²) conforme a FprEN 1992-1-1:2022				
44,13	36,94	30,15	23,67	17,47
Relação A_{s2}/ A_{s1}				
1,11	1,11	1,15	1,20	1,21

Fonte: Araújo (2023b).

Ainda no item 8.2.10 ainda há também a adição de uma nova figura (Figura f da NBR 6118:2023), que trata do Diagrama de tensão-deformação para análise não linear. Essa figura (ver Figura 24) trata para a análise estrutural não linear, a qual pode ser utilizada o diagrama de tensão-deformação para compressão simples de curta duração, sendo exposta adiante.

Figura 24 - Diagrama de tensão-deformação para análise não linear.



Para a utilização do gráfico na figura 24, adotar: $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)}$

Para cargas de longa duração, os efeitos da fluência devem ser convenientemente considerados.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

d) Sobre tipo de superfície aderente.

O item 8.3.2, que trata sobre “Tipo de superfície aderente”, há mudança na tabela que apresenta os valores do coeficiente de aderência (η_1), que são utilizados para calcular a tensão de aderência da armadura passiva. As tabelas 25 e 26 apresentam as diferenças entre a versão de 2014 e 2023 da norma ABNT NBR 6118.

Tabela 25 - Valor do coeficiente de aderência η_1 (NBR 6118:2014).

Condição da superfície	η_1
Lisa (CA-25 e CA-60 liso)	1,00
Entalhada (CA-60 entalhado)	1,14
Nervurada (CA-50 e CA-60 nervurado)	2,25

Fonte: ABNT NBR 6118:2014 e Araújo (2014).

Tabela 26 - Valor do coeficiente de aderência η_1 (NBR 6118:2023).

Categoria do aço	η_1
CA-25	1,00
CA-50	2,25
CA-60	1,00

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

A condições da superfície na categoria de aço CA-60 está admitindo menor aderência nessa revisão, pois o η_1 acabou sendo reduzido de 1,14 para 1; embora Macedo (2018) tenha, experimentalmente, encontrado que o aço CA-60 com nervuras possuem coeficiente de aderência maior do que um. Ao encontro do resultado do experimento, Araújo (2023a) defende que, possivelmente, tenham desconsiderado a colaboração das nervuras na nova atualização da NBR 6118:2023 por uma questão de precaução, e isso poderá resultar em dificuldades para ancorar armaduras positivas de lajes, principalmente quando houver vigas de apoio com largura menor.

e) Sobre o encurtamento imediato do concreto.

A nova fórmula para " $\Delta\sigma_p$ " no item 9.6.3.3.2.1 da norma NBR 6118, que trata do encurtamento imediato do concreto, considera a tensão no concreto adjacente ao cabo resultante, provocada pelo efeito conjunto da pretensão (compressão) e pela carga permanente mobilizada no instante t_0 .

A versão da ABNT NBR 6118:2014 tinha-se a seguinte equação:

- $$\Delta\sigma_p = \frac{\alpha_p(\sigma_{cp} + \sigma_{cg})(n-1)}{2n}$$
 (Equação 14)

A nova versão da ABNT NBR 6118:2023, tem-se a equação a seguir:

- $$\Delta\sigma_p = \alpha_p(t) \left(\frac{(n-1)}{2n} \right) \sigma_{c,p0g}^*$$
 (Equação 15)

Sendo “ $\sigma_{c,p0g}^*$ ” uma nova definição, que é a tensão do concreto adjacente ao cabo resultante, provocada pelo efeito conjunto da pretensão (compressão) e pela carga permanente mobilizada no instante t_0 .

f) Da Proporção das barras emendadas

O item 9.5.2.1, que aborda sobre a “Proporção das barras emendadas”, há uma mudança entre as duas versões, já que na versão anterior era preconizado que quando há duas barras emendadas entre si com tamanhos diferentes, o comprimento de transpasse deveria ser calculado de acordo com a barra de maior diâmetro. Na revisão de 2023 da norma diz-se que esse comprimento deve ser calculado de acordo com a de menor diâmetro. Além disso, traz que quando houver mais de duas barras de diâmetros diferentes com emendas, o cálculo do transpasse deve ser feito considerando o esforço solicitante de cálculo de cada barra.

g) Dos valores limites da força na armadura de protensão.

No item 9.6.1.2.1, que aborda os valores-limites por ocasião da operação de protensão, há mudança nos valores característicos da resistência a tração “ f_{ptk} ” e a desconsideração dos valores de escoamento convencional “ f_{pyk} ”, que existiam na versão de 2014 da norma. Agora, os valores de tensão a serem considerados são:

De acordo com a versão anterior da norma ABNT NBR 6118:2014, os valores limites eram divididos de diferente maneira, como é exposto a seguir:

- Para armadura pré-tracionada: $\sigma_{pi} = 0,77f_{ptk}$ e $0,90f_{pyk}$, para aços da classe de relaxação normal; e $\sigma_{pi} = 0,77f_{ptk}$ e $0,85f_{pyk}$, para aços da classe de relaxação baixa;
- Para armadura pós-tracionada: $\sigma_{pi} = 0,74f_{ptk}$ e $0,87f_{pyk}$, para aços da classe de relaxação normal; e $\sigma_{pi} = 0,74f_{ptk}$ e $0,82f_{pyk}$, para aços da classe de relaxação baixa;
- Para armadura pós-tracionada: para as cordoalhas engraxadas os valores-limites da armadura de protensão na saída do aparelho de tração podem ser elevados com $\sigma_{pi} = 0,8f_{ptk}$ e $0,88f_{pyk}$, para aços da classe de relaxação baixa;
- Para armadura pós-tracionada: nos aços CP-85/105, o $\sigma_{pi} = 0,72f_{ptk}$ e $0,88f_{pyk}$.

Sendo:

σ_{pi} = tensão na armadura ativa imediatamente após a aplicação da protensão;

f_{ptk} = valores característicos da resistência à tração;

f_{pyk} = valores característicos da resistência ao escoamento convencional.

Já na versão atualizada da norma ABNT NBR 6118:2024 tem-se que há supressão dos valores característicos ficando da maneira a seguir:

- Armadura pré-tracionada: $\sigma_{pi} = 0,74 f_{ptk}$;
- Armadura pós-tracionada: $\sigma_{pi} = 0,77 f_{ptk}$;
- Armadura pós-tracionada não aderente: $\sigma_{pi} = 0,80 f_{ptk}$;
- Barras de aço CP-85/105: $\sigma_{pi} = 0,72 f_{ptk}$.

Sendo:

σ_{pi} = tensão na armadura ativa imediatamente após a aplicação da protensão;

f_{ptk} = valores característicos da resistência à tração.

h) Dos limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade

No item 13.4.2, que apresenta as definições a respeito dos limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade, não foi alterada o seu contexto, porém a tabela 13.4 da ABNT NBR 6118, que apresenta as exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função das classes de agressividade ambiental, sofreu algumas alterações entre uma atualização e outra. A seguir será apresentado um recorte de cada versão a fim de elucidar essas mudanças.

Na versão ABNT NBR 6118:2014 tem se o seguinte recorte, como pode ser visto na tabela 27.

Tabela 27 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (2014).

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II Ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS- <i>D^a</i>	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS- <i>D^a</i>	Combinação frequente
a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).			
NOTAS			
1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.			
2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.			
3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente			
das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.			

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Já a versão mais recente da ABNT NBR 6118, que foi revisada em 2023, tem-se que nessa mesma tabela, especialmente o concreto protendido níveis 2 e 3, tem algumas alterações, conforme pode ser notado na tabela 28 .

Tabela 28 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (2023).

Tipo de concreto estrutural	Tipo de protensão	Classe de agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração	CAA I e CAA II	Verificar as duas condições abaixo	
	Pós-tração	CAA I e CAA IV	ELS-F ELS- <i>D</i> ^a	Combinação frequente Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração	CAA I a CAA IV	Verificar as duas condições abaixo	
	Pós-tração	CAA I a CAA IV	ELS-F ELS- <i>D</i> ^a	Combinação rara Combinação frequente
Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.				
No caso de pré-tração em estruturas de concreto pré-fabricado, devem ser atendidos os requisitos da ABNT NBR 9062.				
NOTA 1 As definições de ELS-W, ELLS-F ELS-D encontram-se em 3.2.				
NOTA 2 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental				
^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituída pelo ELS-DP com 50 mm (ver Figura 3.1).				

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

A ultima versão da norma padronizou que no caso dos concretos protendidos níveis 2 e 3, quando se é permitido a pré-tração, também será permitido a pós-tração, levando em consideração a sua classe de agressividade ambiental. Dessa maneira, ficando mais compreensível a interpretação dos projetistas. Embora não haja alterações significativas nas exigencias relativas à fissuração e nas combinações de ações a se utilizar, para as classes de agressividade mais elevadas, a norma exige que

as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial, o que possibilita mais cuidado para que se assegure maior durabilidade, mesmo em ambiente maior agressividade.

h) Da dispensa da análise dos efeitos locais de 2ª ordem de elementos isolados

No item 15.8.2, no que diz respeito a dispensa da análise dos efeitos locais de 2ª ordem em elementos isolados, o valor da variável que trata sobre pilares em balanço sofreu alteração, passando a assumir o valor de $\alpha_b = 1,0$.

Na versão ABNT NBR 6118:2014 para encontrar o valor que deveria ser usado nos pilares em balanço utilizava-se equação 16 abaixo.

$$\alpha_b = 0,80 + 0,20 \frac{M_C}{M_A} \geq 0,85; \quad (\text{Equação 16})$$

Sendo $0,85 \leq \alpha_b \leq 1,00$; " M_A " o momento de 1ª ordem no engaste e " M_C " é momento de 1ª ordem no meio do pilar em balanço.

Já na versão mais atualizada da norma, tem-se que para pilares em balanço, o valor é fixo, sendo $\alpha_b = 1,0$. Essa mudança pode ser vista como uma superestimação dos efeitos de segunda ordem, pois ao fixar α_b em 1,0, a norma assume que os efeitos de segunda ordem são mais proeminentes do que o que poderia ser, caso fosse calculado de acordo com a versão anterior, onde poderia ser menor que 1,0 e maior que 0,85. Essa abordagem deve resultar em pilares mais robustos para resistir as cargas sem flambar até o seu limite. Sabendo que o " α_b " é utilizado para encontrar o valor limite de esbeltez (λ_1), através da equação 17.

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 e_1 h / h}{\alpha_b} \quad (\text{Equação 17})$$

E vale ressaltar que o " λ_1 " é utilizado para ser comparado com o índice de esbeltez " λ " (que é a relação entre o comprimento efetivo de um pilar (l_e) por sua inércia) , e quando esse índice de esbeltez é menor que o " λ_1 " os efeitos de 2ª ordem podem ser desprezados. Com essa mudança, pode ocorrer maior necessidade de

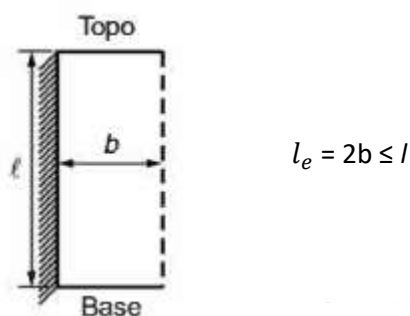
verificação dos efeitos de segunda ordem, pois o valor de α_b foi superestimado, levando em consideração o efeito de segunda ordem, dependendo do caso.

i) Da dispensa da análise dos efeitos locais de 2ª ordem de pilares parede

A mudança no item 15.9.2 da norma NBR 6118, que trata da análise de pilares-parede, introduz um novo parâmetro para a dispensa da análise dos efeitos localizados de 2ª ordem. A consideração do novo parâmetro LB pode influenciar o dimensionamento das armaduras e das seções de concreto.

A versão na norma ABNT NBR 6118:2014 tratava que os pilares-parede, com engaste em um dos lados e livre do outro, teria uma única equação para encontrar o comprimento equivalente, conforme apresenta a figura 25.

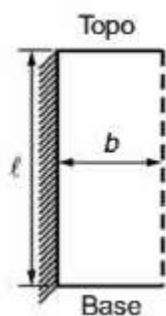
Figura 25 - Comprimento equivalente " l_e " do elemento comprimido (2014).



Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Para a nova atualização da norma ABNT NBR 6118:2023, houve uma alteração que impacta na determinação do comprimento equivalente, visto que há novos parâmetros a serem ponderados no momento da análise do cálculo, conforme exposto na figura 26.

Figura 26 - Comprimento equivalente “ l_e ” do elemento comprimido (2023).



$$l_e = 2b \leq l \text{ se } \beta \geq 7,0$$

$$\text{Adota-se } l_e = \frac{l}{1 + (\beta/3)^2} \geq 0,3l$$

$$\beta = l/b$$

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

j) Estado-limite último de elementos lineares sujeitos a solicitações normais

O item 17.2, que trata de “Elementos lineares sujeitos a solicitações normais – Estado-limite último”, tem-se uma nova subdivisão que apresenta conceitos a respeito de “Estado-limite de serviço”, nos subitens que tratam de concreto protendido, e que estão contidos no item 17.2.4.4, trazendo limites de tensões de compressão e de tração. Assim, o subitem 17.2.4.4.1 “limites de tensão de compressão”, alerta que tensões excessivas de compressão no concreto sob cargas em serviço podem resultar em fissuras longitudinais e grandes perdas de protensão devido à fluência. Para evitar esses efeitos, é necessário limitar as tensões de compressão a níveis adequados. Para protensão completa (Nível 3) e protensão limitada (Nível 2), as tensões no concreto em serviço (considerando a seção não fissurada e após todas as perdas de protensão) devem respeitar os limites apresentados em norma (ABNT NBR 6118:2023), que são:

- combinação quase permanente = $0,45f_{ck}$;
- combinação frequente = $0,6 f_{ck}$;
- combinação rara = $0,6 f_{ck}$ (somente para protensão completa, nível 3).

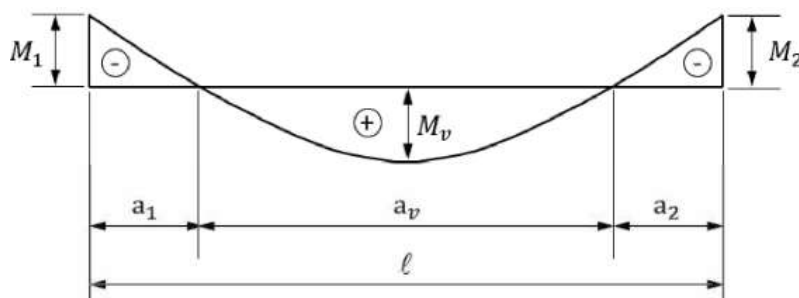
Já no caso 17.2.4.4.2, que trata de limites de tensão de tração, há adição de texto que não fazia parte da edição anterior, assim dizendo que dependendo do estado-limite

considerado, ELS-F (Estado limite de formação de fissuras) e ELS-D (Estado limite de descompressão), diferentes limites de tensão podem ser utilizados. No ELS-D, considera-se a tensão-limite de tração igual a zero e no caso do ELS-F, caso se exceda $0,7\alpha f_{ctm}$, a seção trabalhará na seção fissurada (Estádio II) (ABNT NBR 6118:2023).

k) Estado-limite de serviço de elementos lineares sujeitos a solicitações normais

A fórmula do módulo de rigidez equivalente $[(EI)_{eq}]$, no item 17.3.2.1.1 da norma NBR 6118:2023 sofreu alteração para melhorar a precisão na avaliação da flecha imediata em vigas de concreto armado, especialmente em vãos contínuos. A nova fórmula foi introduzida para considerar de forma mais precisa a rigidez das vigas em diferentes condições de carregamento e geometria. Isso é especialmente relevante para vigas contínuas, onde a interação entre os vãos pode afetar significativamente o comportamento estrutural (ABNT NBR 6118:2023). Serão apresentadas a seguir a nova figura e a equação da versão da NBR 6118:2023, que foram anexadas para auxiliar a encontrar as flechas em vigas contínuas de concreto armado.

Figura 27 - Rigidez equivalente para vãos de vigas contínuas de concreto armado (2023).



Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

$$(EI)_{eq} = \frac{1}{l} \left[((EI)_{eq,1} \cdot a_1) \right] + \frac{1}{l} \left[((EI)_{eq,v} \cdot a_v) \right] + \frac{1}{l} \left[((EI)_{eq,2} \cdot a_2) \right] \quad (\text{Equação 18})$$

Onde:

- $(EI)_{eq,1}$ é a rigidez equivalente no trecho 1;
- $(EI)_{eq,v}$ é a rigidez equivalente no trecho de momento positivo;
- $(EI)_{eq,2}$ é a rigidez equivalente no trecho 2.
- Em cada trecho, a rigidez equivalente deve ser calculada com ELii considerando as armaduras existentes no trecho e com M_a igual a M_1 , M_v e M_2 , respectivamente. Pode-se adotar a_1/l e a_2/l aproximadamente iguais a 0,15.

A adição desta figura e equação sobre rigidez equivalente para vãos de vigas contínuas fornece uma abordagem mais precisa a respeito do seu dimensionamento.

l) Estado-limite de serviço de elementos lineares sujeitos a força cortante

No item 17.4.2.2, Modelo de cálculo I, da Verificação do estado-limite último em elemento lineares sujeitos à força cortante, não houve mudança na fórmula central, porém há um esclarecimento a respeito da definição de M_0 , que “é o valor do momento fletor que anula a tensão normal de compressão na borda da seção tracionada por $M_{Sd,máx}$ ”, que por sua vez, o $M_{Sd,máx}$ é apresentado como “o momento fletor de cálculo máximo na seção em análise” (NBR 6118:2023). Assim, a atualização da norma apresenta a seguinte equação para o termo “ M_0 ”:

$$M_0 = P_d \left(\frac{w_1}{A_c} + e_p \right) + N_{sd} \left(\frac{w_1}{A_c} \right) \quad (\text{Equação 19})$$

Sendo que o “ w_1 ” é o módulo de resistência na fibra mais tracionada.

Com a definição mais clara de “ M_0 ”, os engenheiros podem entender melhor como esse momento fletor interage com as tensões normais na seção. Isso é crucial para garantir que as seções de concreto sejam projetadas adequadamente para resistir a essas tensões, evitando falhas estruturais.

m) No modelo de cálculo II – Verificação do estado-limite último em elementos lineares sujeitos à força cortante

No Modelo de cálculo II, do Modelo de cálculo, da Verificação do estado-limite último em elemento lineares sujeitos à força cortante, presente no item 17.4.2.3, há uma nova equação para o deslocamento do diagrama de momentos fletores, em comparação com a versão anterior. Na versão ABNT NBR 6118:2014 era dada a seguinte equação e as seguintes considerações

- $a_l = 0,5d (\cot\theta + \cot\alpha);$ (Equação 20)

Onde:

$a_l \geq 0,5 d$, no caso geral;

$a_l \geq 0,2$ para estribos inclinados a 45° .

Na versão atualizada, ABNT NBR 6118:2023, a nova equação é apresentada da seguinte maneira.

- $a_l = 0,5d \left[\frac{V_{Sd,max}}{V_{Sd,max} - V_c} (\cot\theta + \cot\alpha) - \cot\alpha \right] \leq d$ Equação 21.

Onde:

$a_l \geq 0,5 d$, no caso geral;

$a_l \geq 0,2$ para estribos inclinados a 45° .

A equação mais atualizada incorpora a relação entre as forças cortantes máximas e a resistência do concreto, além de incluir a soma dos cotangentes.

n) Na Armadura de suspensão da armadura transversal para força cortante

No item 18.3.6, que trata da armadura de suspensão, há o detalhamento da definição, que acompanha a norma desde a versão anterior, e evoluiu para refletir

diferentes situações estruturais e critérios de dimensionamento mais detalhados. Introduz-se aqui a ideia de somar a armadura de suspensão à armadura de cisalhamento devido a forças cortantes e momentos de torção, além de distinguir entre vigas penduradas e não penduradas. De acordo com Araújo (2023a), a armadura de suspensão é formada por estribos, que devem ser colocados o mais perto possível do local de ligação entre as vigas. Quando resulta num espaçamento pequeno dos estribos, que dificulte a execução da concretagem, podem ser distribuídos um pouco fora do local de cruzamento.

Para vigas não penduradas, a NBR 6118 de 2023 especifica como distribuir a armadura entre a viga de apoio e a viga apoiada, utilizando percentuais fixos (75% e 25%, respectivamente) e delimitações de extensão máxima baseadas na altura das vigas. Além disso, o novo texto introduz um fator de redução de carga de suspensão em situações específicas, como quando as faces superiores de vigas não penduradas são coincidentes. Esse fator é calculado com base na diferença de nível entre as faces inferiores das vigas e a altura da viga de apoio. Por fim, há uma definição clara de "viga pendurada", baseada na posição relativa das faces inferiores das vigas.

o) Em lajes sem armadura para força cortante

No item 19.4.1, que trata de lajes sem armadura para força cortante, sendo subitem do tema que apresenta termos sobre a força cortante em lajes e elementos lineares com $b_w \geq 5d$ da norma NBR 6118:2023, a definição de " τ_{Rd} ", que é a tensão de cisalhamento resistente de cálculo, como igual a 60 MPa, para essas lajes sem armadura para força cortante, representa uma atualização que pode ser vista como um adendo à versão anterior, pois estabelece um limite claro para a resistência ao cisalhamento do concreto em lajes que não possuem armadura transversal.

p) Do detalhamento das lajes

No item 20.1, que trata sobre o detalhamento das lajes, houve o acréscimo no texto das prescrições gerais. Agora, a ABNT NBR 6118:2023 trata que em “barras com diâmetro maior ou igual a 20 mm, o espaçamento máximo pode ser igual a 15 vezes o diâmetro das barras”. A definição de um espaçamento máximo mais rigoroso para as armaduras principais de flexão ajuda a garantir que a armadura esteja adequadamente distribuída, o que é crucial para a resistência e a durabilidade das lajes. Isso pode reduzir o risco de falhas estruturais devido a tensões excessivas ou à formação de fissuras.

q) Dos parâmetros para as curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto

Houve alteração na Tabela 23.2 da norma NBR 6118, que trata dos parâmetros das curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto, especificamente em relação às barras retas ou dobradas com diâmetro menor que 25 mm, que são utilizadas para a verificação da fadiga na armadura. A tabela agora especifica valores de resistência à fadiga para barras retas ou dobradas, o que pode incluir diferentes condições de carregamento e tipos de aço. A norma agora distingue entre barras retas e dobradas, o que pode afetar a resistência à fadiga e a durabilidade das armaduras em diferentes aplicações. Adiante será exposta a comparação entre os itens nas versões da ABNT NBR 6118.

Na ABNT NBR 6118:2014 o tema era apresentado da seguinte maneira, sendo exposta na tabela 29.

Tabela 29 - Parâmetros para as curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto (2014).

Armadura passiva, aço CA-50									
Valores de $\Delta f_{sd,fad,mín}$, para 2×10^6 ciclo ^a MPa									
Caso	Φ mm								Tipo ^b
	10	12,5	16	20	22	25	32	40	
Barras retas ou dobradas com D≥25φ	190	190	190	185	180	175	165	150	T ₁
Barras retas ou dobradas com: D < 25 φ D = 5 φ < 20 mm D = 8 φ ≥ 20 mm	105	105	105	105	100	95	90	85	T ₁
Estribos D = 3 φ ≤ 10 mm	85	85	85	-	-	-	-	-	T ₁
Ambiente marinho Classe IV	65	65	65	65	65	65	65	65	T ₄
Barras soldadas (incluindo solda por ponto ou das extremidades) e conectores mecânicos	85	85	85	85	85	85	85	85	T ₄
Armadura ativa									
Caso	Valores de $\Delta f_{sd,fad,mín}$, para 2×10^6 ciclo ^a MPa								
Pré-tração, fio ou cordoalha reto	150					T ₁			
Pós-tração, cabos curvos	110					T ₂			
Cabos retos	150					T ₁			
Conectores mecânicos e ancoragens (caso de cordoalha engraxada)	70					T ₃			
Onde:									
a Admite-se, para certificação de processos produtivos, justificar os valores desta Tabela em ensaios de barras ao ar. A flutuação de tensões deve ser medida a partir da tensão máxima de 80 % da tensão nominal de escoamento e frequente de 5 Hz a 10 Hz.									
b ver tabela 23.3 da NBR 6118:2014.									

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Já a versão da ABNT NBR 6118, do ano de 2023, tem-se que a tabela apresenta algumas diferenças. A tabela 30 exporá, na íntegra, a nova tabela.

Tabela 30 - Parâmetros para as curvas S-N (Woeller) para os aços dentro do concreto (2023).

Armadura passiva, aço CA-50									
Valores de $\Delta f_{sd,fad,mín}$, para 2×10^6 ciclo ^a MPa									
Caso	Φ mm								Tipo ^b
	10	12,5	16	20	22	25	32	40	
Barras retas ou dobradas com $D \geq 25\phi$	190	190	190	185	180	175	165	150	T_1
Barras dobradas ou estribos ^{d,e} com $D < 25 \phi$									T_1
$D_{mín} = 8 \phi \geq 20$ mm	105	105	105	105	100	95	90	85	
$D_{mín} = 5 \phi < 20$ mm	90	90	90	-	-	-	-	-	
$D_{mín} = 3 \phi \leq 10$ mm	85	-	-	-	-	-	-	-	
Ambiente marinho Classe IV	110	110	110	110	110	110	110	110	T_4
Barras soldadas (incluindo solda por ponto ou das extremidades) e conectores mecânicos	85	85	85	85	85	85	85	85	T_4
Armadura ativa									
Caso	Valores de $\Delta f_{sd,fad,mín}$, para 2×10^6 ciclo ^a MPa								
Pré-tração, fio ou cordoalha reto	150					T_1			
Pós-tração aderente:									
• Cabos retos ou cabos curvos com bainhas plásticas	140					T_7			
• Cabos curvos em bainhas metálicas	110					T_6			
• Dispositivos de emenda	70					T_5			
a Admite-se, para certificação de processos produtivos, justificar os valores desta Tabela em ensaios de barras ao ar. Esses valores devem ser calculados de acordo com a ABNT NBR 7478,									
b ver tabela 23.3 da NBR 6118:2023.									
c D é o diâmetro do pino de dobramento.									
d valores obtidos pela multiplicação do fator redutor ξ em função do diâmetro do pino de dobramento D e do diâmetro da barra Φ sendo $\xi = 0,35 + 0,026D/\Phi$									
e A maioria das curvas S-N intercepta a curva da barra reta correspondente. Nesses casos, a resistência à fadiga da barra reta é válida para número de ciclos menor do que ponto de intersecção.									

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

E dentro deste mesmo item da norma tem-se alteração também na tabela 23.3, que apresenta os tipos de curvas S-N. A versão mais atualizada normatizou novos tipos de curvas. Esses parâmetros são fundamentais para a caracterização da resistência à fadiga dos aços utilizados em estruturas de concreto. A introdução de múltiplos tipos de curvas permite uma melhor adaptação às diferentes condições de carregamento e tipos de aço, refletindo a variabilidade nas propriedades dos materiais. A seguir haverá a conferência entre a versão de 2014 e 2023 da norma ABNT NBR 6118 no que diz respeito ao assunto.

Na versão anterior, a ABNT NBR 6118:2014 tinha os seguintes dados para os tipos de curva S-N.

Tabela 31 - Tipos de curva S-N (2014).

Tipo	N*	k_1	k_2
T_1	10^6	5	9
T_2	10^6	3	7
T_3	10^6	3	5
T_4	10^6	3	5

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Já a versão mais atual, de 2023 da ABNT NBR 6118, apresenta os dados como representado na tabela 32.

Tabela 32 - Tipos de curva S-N (2023).

Tipo	N*	k_1	k_2
T_1	10^6	5	9
T_2	10^6	3	7
T_3	10^6	3	5
T_4	10^7	3	5
T_5	10^6	5	5
T_6	10^6	5	7
T_7	10^6	5	10

Fonte: ABNT NBR 6118:2023.

r) Da verificação simplificada do estado-limite último no ato da protensão

No item 17.2.4.3.2, que trata da verificação simplificada do estado-limite último no ato da protensão, há a introdução de uma ponderação, que é utilizado na verificação da protensão entre concretos com resistência acima de 50 MPa e menores iguais que 90. É apresentado da seguinte maneira na NBR 6118:2023.

$$0,7 [1,0 - (f_{ckj} - 50) / 200] f_{ckj} \text{ para } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa} \quad (\text{Equação 22}).$$

Sendo o “ f_{ckj} ” a resistencia caracteristica à compressão do concreto aos J dias.

Essa mudança contempla a necessidade de considerar as características específicas do concreto de alta resistencia, que pode apresentar comportamentos diferentes em relação a sua durabilidade e sua fissuração.

5.4 Análise da NBR 14931:2023 versus NBR 14931:2004.

5.4.1 ANÁLISE COMPARATIVA – ASPECTOS GERAIS DA NBR 14931.

a) Referências Normativas.

A ABNT NBR 14931:2004 tinha como referências normativas as seguintes normas:

- ABNT NBR 5426:1985 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento;
- ABNT NBR 5629:1996 – Execução de tirantes ancorados no terreno – Procedimento;
- ABNT NBR 6118:2003 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6122:1996 – Projeto e execução de fundações – Procedimento;
- ABNT NBR 6123:1987 – Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento;
- ABNT NBR 7187:2003 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento;
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira;
- ABNT NBR 7212:1984 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento;

- ABNT NBR 7480:1996 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 7481:1990 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto – Especificação;
- ABNT NBR 7482:1991 – Fios de aço para concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 7483:1991 – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 7681:1983 – Calda de cimento para injeção – Especificação;
- ABNT NBR 7682:1983 – Calda de cimento para injeção – Determinação do índice de fluidez – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7683:1983 – Calda de cimento para injeção – Determinação dos índices de exsudação e expansão – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7684:1983 – Calda de cimento para injeção – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7685:1983 – Calda de cimento para injeção – Determinação da vida útil – Método de ensaio;
- ABNT NBR 8548:1984 – Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação da resistência à tração – Método de ensaio;
- ABNT NBR 8800:1986 – Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (métodos dos estados limites)– Procedimento;
- ABNT NBR 8965:1985 – Barras de aço CA42 S com características de soldabilidade destinadas a armaduras para concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 9062: 2001 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento
- ABNT NBR 10839:1989 – Execução de obras de arte especiais em concreto armado e concreto protendido – Procedimento;
- ABNT NBR 11919:1978 – Verificação de emendas metálicas de barras de concreto armado – Método de ensaio;
- ABNT NBR 12190:2001 – Seleção da impermeabilização;
- ABNT NBR 12284:1991 – Áreas de vivência em canteiros de obras – Procedimento;
- ABNT NBR 12654:1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 12655:1996 – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- ABNT NBR NM-ISO 3310-1:1997 – Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico;
- NR 18:1998 – Condições e ambiente de trabalho na indústria da construção.

Já na versão de 2023 da NBR 14931, foram retiradas do *hall* das referências normativas, em relação a de 2004, as seguintes normas: NBR 5629, NBR 6123, NBR 7684, ABNT NBR 7685, NBR 8965, NBR 10839, NBR 11919, NBR 12190, NBR 12284, NBR 12654, NBR NM-ISO 3310 e NR 18. Além disso, nessa nova revisão, foram adicionadas as seguintes normas:

- ABNT NBR 5738, Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- ABNT NBR 7681-1, Calda de cimento para injeção – Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 7681-2, Calda de cimento para injeção – Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-3, Calda de cimento para injeção – Parte 3: Determinação dos índices de exsudação e expansão – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-4, Calda de cimento para injeção – Parte 4: Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio;
- ABNT NBR 8522-1, Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação – Parte 1: Módulos estáticos à compressão;
- ABNT NBR 8953, Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;
- ABNT NBR 11768-1, Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 12653, Materiais pozolânicos – Requisitos;
- ABNT NBR 15530, Fibras de aço para concreto – Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15575-2, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ABNT NBR 15696, Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos;
- ABNT NBR 15823-1, Concreto autoadensável – Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco;
- ABNT NBR 16300, Galvanização por imersão a quente de barras de aço para armadura de concreto armado – Requisitos e métodos de ensaio;

- ABNT NBR 16935, Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras – Procedimento;
- ABNT NBR 16938, Concreto reforçado com fibras – Controle da qualidade;
- ABNT NBR 16941, Fibras de vidro álcali-resistentes (AR) para concreto e argamassa – Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 16942, Fibras poliméricas para concreto – Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR NM ISO 3310-1, Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT);
- ABNT NBR ISO 6892-1, Materiais metálicos – Ensaio de Tração – Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente;
- EN 934-4, Admixtures for concrete, mortar and grout – Part 4: Admixtures for grout for prestressing. tendons – Definitions, requirements, conformity, marking and labelling.

b) Outros aspectos gerais de destaque

Como já apresentado no trabalho, a primeira grande modificação na NBR 14931 foi apresentado na figura 16 (no item 4.2.1), já que seu título anteriormente era “Execução de estruturas de concreto – Procedimento”, e na nova versão, de 2023, passou a ser “Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos”, atestando que haverá uma maior abrangência no seu escopo em relação a versão anterior.

Essa mudança também é percebida quando se observa a sua extensão, já que a versão de 2004 da NBR 14931 tinha 60 páginas. A nova versão, de 2023, apresenta um total de 97 páginas, por se reportar a mais conteúdos. Isso também é corroborado quando se observa os termos e definições que essa última versão aplica, pois nela além dos termos e definições da NBR 6118 e NBR 6122, que já faziam parte da versão anterior, NBR 14931:2004, acrescentou também os da NBR 16935, para abordar também o tema de estruturas de concreto reforçado com fibras.

5.4.2 ANÁLISE COMPARATIVA – MODIFICAÇÕES RELEVANTES DA NBR 14931

Com o objetivo ser mais sucinto na abordagem da análise da norma NBR 14931, serão apresentados a seguir novos assuntos que foram abordados na atualização de 2023, assim escolhidos por terem relevância no dia a dia de obras envolvendo concreto.

a) Da inclusão das estruturas de concreto reforçado com fibras (CRF) no escopo da norma.

A primeira alteração que já dá o “tom” da mudança na atualização da norma está na inclusão de “concreto reforçado com fibras”, já no seu no título, como citado anteriormente. Porém, para, além disso, há uma série de itens e subitens que tratam sobre essa questão ao longo da NBR 14931:2023. Ela traz o texto sobre fibras para reforço de concreto e destaca que não deve ser utilizado nas estruturas de concreto, reforços com fibras de aço que não seja o que prescrito pelo projetista estrutural. Vale a pena ressaltar que essa norma sempre se reporta a NBR 16938, que é a responsável pelas diretrizes de concreto reforçado com fibras.

O item 6.2.5 que trata sobre fibras para reforço do concreto apresenta que o armazenamento destas fibras deve ser em ambiente coberto de maneira que impeça o contato com qualquer material contaminante. Nos itens 10.5.1 e 10.5.2, que tratam sobre adensamento de concreto com essas fibras, diferentemente do que se é usual, quando há concreto reforçado com fibras não devem ser usados vibradores de imersão para adensamento, devendo o concreto ser adensado fora do elemento estrutural concretado, e pode-se utilizar para este fim réguas vibratórias e vibradores paredes de forma (ABNT NBR 14931:2023).

No item. 10.6, que apresenta termos sobre acabamento, o que há de novo sobre o tema é que para peças de superfícies horizontais (como lajes e pisos), é necessário ter cuidado para evitar o afloramento de fibras, dependendo do tipo de acabamento desejado (polido, desempenado ou rugoso). Isso implica em assegurar um adequado argamassamento na superfície e o uso de equipamentos apropriados para o

acabamento superficial, como réguas de corte e desempenadeiras mecânicas. Para peças lineares (como vigas e pilares), peças de volume (como blocos e sapatas) e superfícies verticais (como painéis e paredes), a norma recomenda o uso de traços de concretos previamente estudados, com teores de argamassa, consistência e adensamento adequados, para minimizar o efeito de afloramento de fibras. Caso ocorra o afloramento, sugere-se que o remova de acordo com a técnica correspondente a cada fibra (ABNT NBR 14931:2023).

b) Dos três níveis diferenciados de inspeção da execução das estruturas de concreto

No anexo F da NBR 14931:2023 é estabelecido que o controle exercido durante a execução das estruturas de concreto pode variar de acordo com o nível de inspeção especificado, sendo exposto na tabela adiante.

Tabela 33 - Níveis de inspeção.

(continua)

	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Tipo de Inspeção	• Autoinspeção; • Inspeção visual; • Inspeção não sistemática e por amostragem parcial.	• Autoinspeção. • Inspeção visual; • Inspeção sistemática e por amostragem parcial.	• Autoinspeção; • Inspeção visual; • Inspeção sistemática, detalhada e por amostragem total.
Escopo	• Verificação da conformidade com os requisitos da ABNT NBR 14931; • Verificação da conformidade com os requisitos adicionais especificados em projeto.	• Verificação da conformidade com os requisitos da ABNT NBR 14931; • Verificação da conformidade com os requisitos adicionais especificados em projeto; • Verificação da conformidade com os procedimentos do construtor.	• Verificação da conformidade com os requisitos da ABNT NBR 14931; • Verificação da conformidade com os requisitos adicionais especificados em projeto; • Verificação da conformidade com os procedimentos do construtor.
Extensão	• Principais elementos estruturais.	• Principais elementos estruturais.	• Todos os elementos estruturais.
Registro da inspeção	• Requerido.	• Requerido.	• Requerido.

Tabela 33 - Níveis de inspeção.

(continuação)

	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Relatório de inspeção	• Não requerido.	• Não requerido.	• Requerido.
Projeto “como construído” – Geometria dos elementos estruturais	• Não requerido.	• No caso de alterações relevantes promovidas durante a execução.	• No caso de quaisquer alterações promovidas durante a execução.

Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

É de fundamental importância a escolha do determinado nível de inspeção a ser requerido, pois estabelece critérios diferenciados para o controle da execução de estruturas de concreto, levando em consideração o impacto de possíveis falhas. Essa definição deve ser feita pelo projetista estrutural, em conjunto com o responsável pela execução, antes do início da obra. E vale ressaltar que a definição do nível de inspeção poderá fazer parte da Análise Preliminar de Risco (APR) (ABNT NBR 14931:2023), tratada no item c, logo a seguir.

c) Da Análise Preliminar de Riscos (APR) associada à execução das estruturas de concreto

O item 5.9, que trata sobre a análise preliminar de riscos (APR), preconiza a recomendação de uma APR para que se identifiquem riscos e assim avaliar a necessidade de tomada de decisão, eliminando potenciais problemas (preventivamente) ou evitando a recorrência de problemas ocorridos em outras obras. Os riscos a serem analisados são tanto internos (como, por exemplo, não atender aos requisitos das normas) quanto externos à obra (como impactos na vizinhança ou impactos ambientais). Vale a pena ressaltar que esta análise, e suas medidas, devem ser documentadas, a fim do coletivo ter conhecimento e possibilitar o monitoramento do que já foi executado, e não ocorrer sua repetição (ABNT NBR 14931:2023).

d) Da importância de ser elaborado um projeto de canteiro

A nota do item 6.1, que trata sobre generalidades do canteiro de obra, alerta sobre a necessidade de elaborar o projeto de canteiro visto a sua importância para que a obra se desenvolva, pois perpassam por ele questões de logística e produção, como equipamentos, pessoas, centrais de armação e forma, armazenamento de materiais etc (ABNT NBR 14931:2023). Isso irá garantir que a sua atividade seja mais eficiente, com melhor gestão de recursos e, conseqüentemente, redução de custos operacionais.

e) Do armazenamento dos materiais

À priori, o item 6.1, que aborda sobre o armazenamento em estruturas já executadas, aponta que deve ocorrer de maneira que não se ultrapasse com esse armazenamento o carregamento projetado para o local em questão. Caso ultrapasse, só será permitido após o projetista autorizar e, quando for o caso, após o reforço estrutural, através de escoramentos.

No item 6.2.1 que apresenta a questão a respeito do armazenamento de materiais componentes do concreto, traz que os materiais que são usados no concreto devem ser armazenados o mais próximo do local do seu preparo e separados fisicamente desde o momento que se recebe até a sua utilização. Os materiais devem estar identificados durante o armazenamento, no que diz respeito a seu tipo e classe.

Já no item 6.2.4, no tocante a bainhas e calda de cimento para injeção, a norma aponta que o armazenamento das bainhas deve estar sobre superfície plana, sem contato com o solo, sendo adicionada uma cobertura de uma lona plástica, evitando que ela entre em contato diretamente com o aço armazenado. A calda deve ter recipiente com capacidade para armazenar um volume de calda que possibilite a injeção total do cabo, ou da família de cabos, sem interrupções e respeitando a velocidade de injeção entre 6m/min e 12m/min. A figura 28 apresenta o “purgador”, que é onde se deposita a calda de cimento para preencher as bainhas.

Figura 28 - Ancoragem passiva Rudloff tipo “U”.



Fonte: Rudloff (2015).

f) Da movimentação de carga no canteiro

O item 6.3 da norma, que trata da movimentação de carga no canteiro, apresenta que no caso de se ter cargas pesadas como as de caminhões, guindastes e bombas para concretagem estacionados ou em movimento, em qualquer estrutura já executada, deve ser consultado formalmente o projetista estrutural para avaliar a possibilidade dessa movimentação.

g) Das instalações provisórias

O item 6.4, que apresenta as condições das instalações provisórias, afirma que as centrais, como as de armação, de forma, de preparo de concreto e outras instalações de apoio à execução das estruturas, devem atender os seguintes requisitos:

- Localização que possibilite o acesso dos equipamentos de transporte;
- Dimensões adequadas;
- Proteção contra intempéries;

- E a possibilidade de adequação da sua configuração de acordo com a necessidade da execução.

h) Do armazenamento do aço em ambientes de agressividade da classe ambiental IV

O item 8.2.4, que aborda o tema de transporte e armazenamento de armaduras, salienta que em obras situadas em região de classe ambiental IV (admitida a mais agressiva), quando o aço for armazenado por mais de 30 dias, deverão ser tomadas medidas para que sejam preservados, como, por exemplo, cobri-los com materiais impermeáveis. Assim, vale a pena apresentar a tabela 34 que contempla o período máximo de exposição do aço sem proteção, de acordo com a classe de agressividade ambiental do local.

Tabela 34 - Tempo máximo de exposição das barras de espera sem a necessidade de proteção contra corrosão em função da classe de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental (CAA) de acordo com a ABNT NBR 6118	Tempo máximo de exposição das barras de espera sem proteção contra corrosão^{a, b} meses
I	24
II	12
III	8
IV	1
^a Valores de referência obtidos para uma perda de seção de 0,5 % de uma barra de 10 mm de diâmetro. ^b No caso das classes de agressividade ambiental CAA-I, CAA-II e CAA-III, recomenda-se a realização de inspeções visuais periódicas das barras durante o período de interrupção de concretagem. A continuidade da concretagem deve ser antecedida por uma inspeção visual das barras de espera.	

Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

i) Do fornecimento do concreto

A atualização de 2023 da NBR 14931 expressa, no item 10.1.3, sobre o fornecimento do concreto, e de maneira geral, ela se reporta a NBR 7212:2024 quando o concreto for fornecido por empresas de serviços de concretagem. Porém, é recomendado que o executor da obra e o fornecedor do concreto devem definir antes alguns pontos, seguindo algumas prescrições, como:

- Verificar o volume do concreto, caso se escolha algum método que não esteja preconizado na NBR 7212:2024;

- Metodologia para obtenção da massa total de concreto e da sua massa aparente no estado fresco, adotando o caso da NBR 7212:2024 para verificar o volume;
- Período para eventuais questionamentos sobre a quantidade de concreto fornecida na obra, que não inviabilize a inspeção visual da estrutura concretada;
- Questionar os volumes máximos e mínimos de entrega por viagem;
- A obrigatoriedade ou não da entrega da carta de traço e da notificação ao contratante, sobre as mudanças nos materiais constituintes durante o fornecimento.

j) Das tolerâncias de posicionamento das armaduras passivas de estruturas de concreto armado e protendido

O item 10.2.4, que declara as tolerâncias de armadura na concretagem, manteve parte do seu conteúdo em relação a NBR 14931:2004. Porém há a adição de tabelas e figuras a fim de explicitar ainda mais o tema. A tabela 35 apresenta uma novidade da NBR 14931:2023, nesse quesito de posicionamento das armaduras passivas de estruturas de concreto armado e protendido.

Tabela 35 - Tolerâncias para o posicionamento da armadura em elementos estruturais em concreto armado lineares e de superfície.

(continua)

Locação horizontal e vertical das barras em lajes, vigas, paredes e pilares ^a		Espaçamento entre barras ^{b,c,d}	Tolerância total de espaçamento ao longo de um elemento ^{e,f,g,h} mm
Altura (ou espessura) d do elemento mm	Tolerância ^h mm	Tolerância ^h mm	
d ≤ 100	± 6	± 25	± 25

Tabela 35 - Tolerâncias para o posicionamento da armadura em elementos estruturais em concreto armado lineares e de superfície.

(continuação)

Locação horizontal e vertical das barras em lajes, vigas, paredes e pilares ^a		Espaçamento entre barras ^{b,c,d}	Tolerância total de espaçamento ao longo de um elemento ^{e, f, g, h} mm
Altura (ou espessura) d do elemento mm	Tolerância ^h mm	Tolerância ^h mm	
100 < d ≤ 300	± 10	± 25	± 25
d > 300	± 13		

a - A tolerância para o posicionamento vertical de barras em lajes sobre solo é de ± 20 mm e deve estar de acordo com o cobrimento especificado em projeto.

b - A tolerância não pode ser maior que ¼ do espaçamento designado. O espaçamento livre deve ser de no mínimo 20 mm ou o diâmetro das barras analisadas, o maior dos dois valores.

d - O espaçamento entre associações de barras não pode ser menor que 25 mm ou menor que o diâmetro equivalente da soma das áreas de todas as barras de uma associação, o maior dos dois valores.

e - Tolerância medida ao longo de uma linha paralela ao espaçamento do elemento estrutural.

f - Esta tolerância, para estribos de vigas, deve ser considerada como o menor valor entre ± 75 mm e ± 25 mm a cada 300 mm de altura de viga.

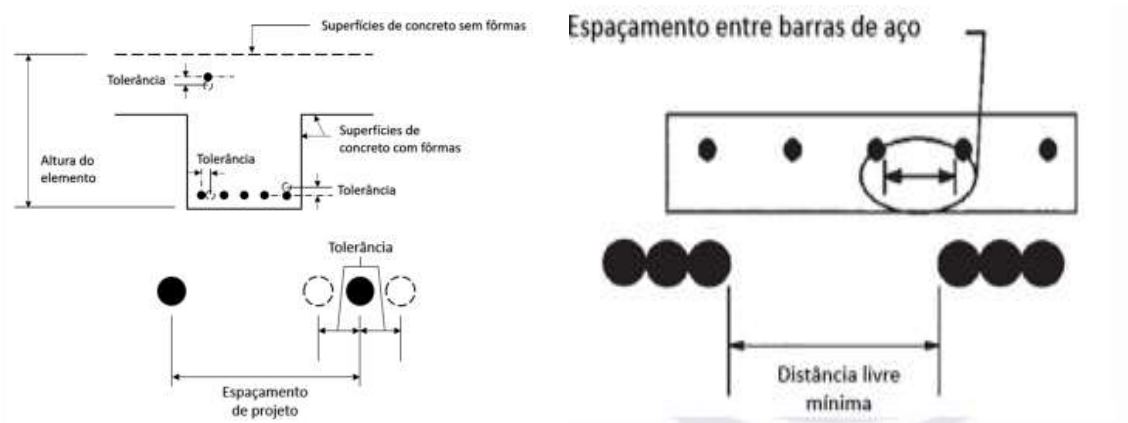
g - Esta tolerância, para estribos de pilares, deve ser considerada como o menor valor entre ± 75 mm e ± 25 mm a cada 300 mm de largura, onde esta largura pertence ao trecho do pilar com a menor largura.

h - Os detalhes das tolerâncias especificadas nesta Tabela são apresentados na Figura 3.

Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

Para explicitar a tabela 35, essa última atualização da norma em questão apresenta uma nova figura, que também não existia na sua versão anterior. Sendo ela expressa adiante na figura 29.

Figura 29 - Detalhe das tolerâncias especificadas na Tabela 35.



Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

Houve também a adição dos dados apresentados na tabela 36 e na figura 30, só que agora tratando sobre tolerâncias para o posicionamento das armaduras ativas (bainhas ou cordoalhas) de elementos estruturais, lineares e de superfície, em concreto protendido, que serão expostos abaixo, a fim de elucidar o tema.

Tabela 36 - Tolerâncias para o posicionamento da armadura em elementos estruturais em concreto protendido lineares e de superfície.

Locação horizontal das bainhas ou cabos em lajes e vigas ^a		Locação vertical das bainhas ou cabos em lajes e vigas ^a		Tolerância da locação das placas de apoio dos cabos protendidos ^{b, c} mm
Altura (ou espessura) d do elemento	Tolerância mm	Altura (ou espessura) d do elemento	Tolerância mm	
d ≤ 60	± 13	d ≤ 20	± 6	
d > 60	± 24	20 < d ≤ 60	± 10	
		d > 60	± 13	± 6 a cada 30 cm

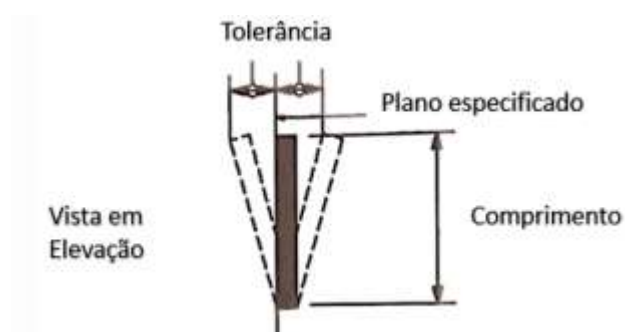
^a Em todos os casos, deve-se atender ao cobrimento especificado em projeto.

^b A tolerância não pode ser inferior a ± 3 mm;

^c Os detalhes das tolerâncias especificadas nesta Tabela para a locação das placas de apoio são apresentados na Figura 30.

Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

Figura 30 - Detalhe da tolerância de placas de apoio.



Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

l) Da concretagem em períodos chuvosos

Na versão da NBR 14931:2023 foram adicionadas algumas diretrizes para a concretagem em períodos chuvosos, que estão descritas no item 10.2.6.4. À priori, deve se reconhecer que a água da chuva, dependendo da intensidade e quantidade, pode ser fator que atue na aparição de patologias e não conformidades no estado endurecido do concreto (ABNT NBR 14931:2023). Assim, é recomendado que se tenha um planejamento para ocorrer a concretagem levando em consideração a questão climática, como apresenta a tabela 37.

Tabela 37 - Recomendações para concretagens em períodos chuvosos.

Classificação da chuva	Intensidade da chuva	Recomendações
Fraca	< 2,5 mm/h	Não são necessárias medidas adicionais de proteção (exceto em concretagens de pisos especiais em locais descobertos)
Moderada	entre 2,5 mm/h e 10 mm/h	Concretar as estruturas localizadas em áreas cobertas e, no caso de concretagens em locais descobertos, prever cuidados adicionais de proteção, como instalações provisórias para cobertura da área a ser concretada
Forte	entre 10 mm/h e 50 mm/h	Suspender a concretagem
Muito forte (torrencial)	a partir de 50 mm/h	
NOTA A intensidade das chuvas pode ser aferida por meio da relação entre o volume e seu tempo de duração, expressa em milímetros por hora. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece os intervalos expressos na Tabela 7, onde se adaptou as recomendações pertinentes para os eventos de concretagem.		

Fonte: ABNT NBR 14931:2023.

I) Dos procedimentos no uso do concreto bombeado

Embora se mantenha na nova atualização o pequeno fragmento a respeito do concreto bombeado, da versão de 2004, descrevendo que “no caso de concreto bombeado, o diâmetro interno do tubo de bombeamento deve ser no mínimo quatro vezes o diâmetro máximo do agregado”, a nova atualização de 2023 da NBR 14931 adiciona um item específico para abordar o tema do concreto bombeado.

As recomendações apontam o cuidado desde antes da concretagem em si, com a preparação para delimitar o local em que a bomba deverá ficar na obra, que deverá ser próximo de onde ocorrerá o lançamento do concreto, a fim de minimizar problemas, como o excesso de tubulação. Ademais, sugere algumas questões a serem observadas no bombeamento do concreto como (ABNT 14931:2023):

- Verificar se a bomba que foi à obra está em perfeito estado, funcionando corretamente. Devendo ser limpa para o melhor funcionamento;
- Preparar um saco com 50kg de cimento e água para a lubrificação da tubulação com uma calda de cimento. A calda bombeada deve ser retirada ao chegar ao local do lançamento de concreto e coletadas em tambores, sendo descartada de maneira ambientalmente sugerida;
- Recomenda que o lançamento seja feito de uma só vez, a fim de evitar problemas de trabalhabilidade, decorrentes do endurecimento do concreto;
- Priorizar a comunicação entre os participantes da equipe responsável por bombear e lançar o concreto, para que todos os envolvidos no processo de concretagem saibam a fluidez do concreto, o momento a se interromper o bombeamento etc.
- Ao finalizar a concretagem, deve-se limpar todo o sistema de bombeamento antes que o concreto endureça. Os resíduos deste processo devem ser acomodados temporariamente na obra até ser feito o seu descarte correto.

l) Do lançamento do concreto

Embora houvesse o item a respeito do lançamento na versão anterior da ABNT NBR:14931, ele foi complementado com alguns aspectos a respeito de concreto autoadensável e as condições do seu emprego; e com os cuidados em relação aos sistemas de fôrmas e escoramentos.

A nova versão da NBR 14931 apresenta um lembrete que quando o concreto for lançado sobre a fôrma de uma laje com altura maior que 20 cm do nível da estrutura, poderá haver a necessidade de reforça-los por conta do impacto provocado pelo lançamento, assim ficando a cargo do projetista de formas e escoramentos decidir se será necessário ou não. Abaixo da altura de 20 cm, a NBR 15696:2009 já considera nos projetos de sistemas de escoramento que não é necessário reforço (ABNT NBR 14931:2023).

Apesar de ser algo que é de conhecimento geral, o texto da NBR 14931:2023 destaca que o concreto autoadensável possui facilidade para preencher pequenos espaços e por isso possibilita bons resultados na concretagem, facilitando o processo construtivo e a favor da durabilidade. Por essas características citadas, é bastante utilizado em elementos com elevada densidade de armaduras em elementos esbeltos, em elementos com grandes áreas horizontais e ainda em elementos de concreto aparente.

m) Da protensão

A versão ABNT NBR 14931:2023 trata de conceitos básicos a respeito de protensão, já existentes na versão de 2004. Destacadamente, houve alteração nos conteúdos dos anexos em relação ao tema de protensão, que são tratados da seguinte maneira:

- “Na execução da protensão em estruturas de concreto protendido com aderência posterior (pós-tensionado aderente) deve-se atender ao Anexo A” (ABNT NBR 14931:2023).

- “No Anexo B, são especificados os requisitos para injeção da calda de cimento em concreto protendido com aderência posterior” (ABNT NBR 14931:2023).
- “No caso da utilização do sistema de protensão sem aderência (pós-tensionado não aderente), deve-se atender ao Anexo C” (ABNT NBR 14931:2023).

6. CONCLUSÕES

A partir da elaboração do presente trabalho foi possível a ampliação do conhecimento técnico do autor sobre as normas discutidas, desencadeando a evolução profissional e acadêmica, sendo de grande valia para o seguimento da profissão como bacharel em engenharia civil.

Partindo do pressuposto apresentado no item 4, visando alcançar os objetivos, geral e específicos, foram realizadas análises a respeito das alterações de algumas normas técnicas da ABNT referentes a projeto e execução de estruturas de concreto armado (ABNT NBR 6118:2023, ABNT NBR 15200:2024, ABNT NBR 12655:2022 e ABNT NBR 14931:2023). A partir delas foi possível catalogar e caracterizar as suas alterações desde aspectos gerais, assim classificados os que não viriam a supostamente interferir em cálculos ou procedimentos executivos, e os fatores relevantes, que são os que podem efetivamente interferir nos cálculos envolvendo dimensionamento ou em etapas do processo executivo.

No que concerne às alterações da NBR 15200:2024, tem-se alterações em anexos e definições que podem resultar em novas análises para projetos de estruturas em situação de incêndio, sendo que se destacam: as mudanças nos requisitos gerais a respeito do tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) e a nova equação para a verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio. Quanto às alterações a respeito dos métodos de cálculo citados e anexos, houve um maior aprofundamento a do emprego de parâmetros a favor da segurança nos procedimentos de cálculo, como: o caso da adição dos textos a respeito dos revestimentos à base de gesso, vermiculita ou fibras; o novo texto sobre a espessura do revestimento em lajes; a nova consideração das alturas da edificação; a atualização das dimensões mínimas dos elementos estruturais, além de ajustes nas estimativas de deformações do concreto em função da temperatura elevada.

Acerca das alterações na NBR 6118:2023, tem-se nela a maior quantidade de alterações consideradas relevantes. No *hall* de modificações abordadas, apresentam-se tabelas com novos valores, como o caso das armaduras passivas nos parâmetros

para as curvas S-N (Woeller) dos aços no interior do concreto e a alteração em equações relevantes, tais como a de resistência média do concreto à tração ($f_{ct,m}$). Além disso, diante de tantas mudanças, em relação ao tratado nos procedimentos de dimensionamento de estruturas de concreto armado, tem-se: a introdução de um coeficiente de fragilidade aplicado em concretos acima de 40 MPa, que interfere na resistência do concreto e apresenta inconsistências em alguns casos, como tratado por Araújo (2023b), em relação aos pilares com pequena excentricidade; a nova interpretação do coeficiente de aderência, que agora é baseado na categoria do aço e não mais de acordo com a característica da sua superfície e o coeficiente majorado nos efeitos locais de 2ª ordem em pilares muito esbeltos.

Quando se analisa as normas que tratam de execução, a NBR 12655:2022 não apresenta grandes modificações em relação a sua versão anterior. Constando apenas uma atualização das normas que fazem parte das referências bibliográficas

No que se refere à NBR 14931:2023, percebe-se também uma quantidade relevante de modificações, com o acréscimo de mais conteúdos na versão de 2023, em relação a de 2004. Grande parte dessas adições de conteúdo se dá por conta da adição no seu escopo da parte de concreto com fibras. Ademais, os conceitos preconizados na versão 2023 da NBR 14931, visam auxiliar o dia-a-dia de obra, trazendo mais segurança, como o caso dos níveis de inspeção e da análise preliminar de riscos (APR); além de diretrizes a respeito do que deve ser feito em situações que podem prejudicar o conjunto da obra, como o tempo máximo definido para a exposição de barras sem necessidade de proteção contra a corrosão, em função da classe de agressividade ambiental, e a recomendação para concretagens em períodos chuvosos. Destaca-se também a adição da tabela que apresenta as tolerâncias de espaçamento entre barras para o posicionamento da armadura em elementos estruturais de concreto protendido lineares e de superfície, tanto nas armaduras passivas quanto nas ativas.

Assim, com o que foi evidenciado no presente trabalho, pode-se inferir que a constante atualização das normas de projeto e execução deve ocorrer para preencher lacunas que surgem com o avanço de estudos a respeito dos temas, inclusive, com o

avanço do conhecimento a respeito dos materiais empregados nos processos de projeto e execução de estruturas de concreto armado.

Por fim, como sugestão de novos estudos, tem-se:

- Realizar um estudo comparativo de pavimentos com mezaninos, que sofreu alteração na consideração da sua altura para o método do tempo equivalente da NBR 15200:2024; utilizando, ou não, ferramentas computacionais para apresentar o que mudou de maneira prática em relação às alterações citadas da NBR 15200:2024;
- Desenvolver um estudo comparativo envolvendo projetos de elementos em concreto armado de acordo com a NBR 6118:2023, principalmente no que se refere à interferência no dimensionamento por conta do surgimento do coeficiente de fragilidade do concreto;
- Realizar uma pesquisa de campo quantitativa com empresas da construção civil que atuem também com execução de obras, levando em consideração os novos preceitos preconizados na NBR 14931:2023, para dar conhecimento e coletar informações quanto ao seguimento dos preceitos normativos;
- Realizar estudos envolvendo outras normas que foram atualizadas e suas interferências para projetos e execução de estruturas de concreto armado, como a NBR 7212:2024 (Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle) e as NBR que tratam sobre estruturas pré-fabricas de concreto, como a ABNT NBR 14859-3:2024 (Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas — Requisitos) e a ABNT NBR 14859-5:2022 (Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 5: Método de ensaio e requisitos de aceitação dos elementos pré-fabricados de concreto).

REFERÊNCIAS.

- AITCIN, Pierre-Claude. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: Pini, 2000. p.667.
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Volume 1. 4.ed. Rio Grande: Dunas, 2014.
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Volume 1. 5.ed. Rio Grande: Dunas, 2023(a).
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Volume 3. 5.ed. Rio Grande: Dunas, 2023(b).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de Execução de Estrutura de Concreto Armado**. Comunidade da Construção, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Elaborar Normas: saiba como contribuir para o desenvolvimento de novas normas**. Disponível em: <https://abnt.org.br/normalizacao/elaborar-normas/>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC). **Manual de Controle de Qualidade do Concreto**. Disponível em: <https://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 7480: **Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 16868-1: **Alvenaria estrutural-Blocos de concreto Parte 1:Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto autoadensável – Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco**. ABNT NBR 15823-1:2017. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 8953: **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 14432: **Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 15200: **Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 15200: **Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio**. Rio de Janeiro, 2024.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto: procedimento**. ABNT NBR 6118, Rio de Janeiro, 2023.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2023. 2117 - Estruturas de Concreto I. Material didático.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014** – 4ª edição. São Carlos: EDUFSCAR, 2017. 415 p.

COSTA, Carla Neves. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/T.3.2008.tde-04092008-155911. Acesso em: 07 ago. 2024.

COSTA, Carla Neves; SILVA, Valdir Pignatta e. **O método do tempo equivalente para o projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio**. Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2005. IBRACON, 2005. p. III.154.

CUSTODIO, Kátia Regina. **Estruturas de concreto armado I**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). **Especificação Técnica: Concreto Estrutural**. ET-DE-H00/005 A. São Paulo, fev. 2007. Disponível em: https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/ET-DE-H00-005_A.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.

GERSCOVICH, D. M. S. Notas de Aula: **Muros de Arrimo**. Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia e Fundações da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

GOMES, Paulo César Correia; BARROS, Alexandre Rodrigues de. **Métodos de Dosagem de Concreto Auto Adensável**. 1ª. ed. São Paulo: Pini, 2009. 165 p.

IZQUIERDO, Orieta Soto. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural**. São Carlos, 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2015.

LEONHARDT, Fritz; MONNIG, Eduard. **Construções de concreto: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1977. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 07 ago. 2024.

LETURIONDO, Gustavo Gaynett. **Relatório Técnico: Análise Comparativa entre Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

LOGULLO, Bárbara Gonçalves. **Influência do graute e da taxa de armadura no comportamento da alvenaria de blocos de concreto**. Ilha Solteira, 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2006.

MACEDO, Beatriz Nogueira Tavares de. **Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras de aço para uso em concreto armado**. Dissertação de mestrado, UERJ, Faculdade de Engenharia, Rio de Janeiro, 2018.

MACEDO, Gabriel Cintra. **Comparação de estruturas de contenção com variação de altura em obras de infraestrutura**. São Carlos, 2020. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2020.

MACHADO, Roberto Dalledone; MARINO, Marcos Antonio. **Concreto Armado da UFPR**. Curitiba: UFPR, 2016. Cap. 1.

MEHTA, P. KUMAR.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3a ed., São Paulo, IBRACON, 2008.

MOURA, Erick Prata de. **Avaliação da estrutura de concreto armado após incêndio ocorrido em estabelecimento comercial de autopeças na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACIG, Manhuaçu, 2020.

NEVILLE, A M. **Propriedades do concreto**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. E-book. ISBN 9788582603666. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603666/>. Acesso em: 24 jul. 2024.

NEVILLE, A M; BROOKS, J J. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. E-book. ISBN 9788582600726. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600726/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

NUNES, S.; FIGUEIRAS, H.; SOUSA COUTINHO, J.; FIGUEIRAS, J; *et al.* **Caracterização das propriedades do betão em elementos produzidos com BAC e betão convencional**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 2, n. 1, p. 25-36, mar. 2009. ISSN 1983-4195.

PARIZOTTO, Liana. **Concreto armado**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. E-book. ISBN 9788595020917. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020917/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso básico de concreto armado**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 07 ago. 2024.

RIEDI, João Marcelo. **Análise dos níveis de ruído durante o processo de concretagem com conjunto caminhão betoneira-autobomba**. Toledo, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

ROBERT, G.; COLINA, H.; DEBICKI, G. **A durabilidade do concreto mediante ao fogo**. In: OLIVIER, J.-P. et al. (Eds.). *Durabilidade do Concreto-Bases científicas para formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente*. 1a ed., capítulo 12, São Paulo, 2014.

RUDLOFF, Industrial Ltda. **Catálogo de concreto protendido**. Revisão 06. 11/2015: Rudloff, 2015. Disponível em: https://rudloff.com.br/downloads/catalogo_concreto_protendido_rev-06.pdf. Acesso em 25 fev. 2025.

OPPIDO, Gal. **e-Tower. Fotografia**. Disponível em: <https://acervoaflogasperini.arq.br/e-tower/>. Acesso em: 14 dez. 2024.

SILVA, Carla Neves. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio**. 2. ed. revisada. São Paulo, 2008. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, Celiane Mendes da; SANTOS JUNIOR, Gedson Lima dos; SILVA, Iara Kelly da; et al. **Concreto de alto desempenho: composição, produção e propriedades**. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2022.

SILVA, Valdir Pignatta. **Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

SANTOS, Priscila Salvador. **Estudo do controle tecnológico dos componentes da alvenaria estrutural em uma obra de Betim/MG**. 2015. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, Euler Wagner Freitas. **Caracterização Microestrutural e Análise de Integridade Estrutural de Concretos Pós-Fogo em Diferentes Idades e Temperaturas**. 2023. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023.

SANTIAGO, Danilo Rodrigues; SANTANA, Joab Matias Rocha; SILVA, Wellington Cesar Teles da. **Utilização do concreto de alto desempenho na construção civil: uma revisão sobre o tema**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 5, n. 11, p. 85-95, nov. 2020. ISSN 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/desempenho-na-construcao>. Acesso em: 9 dez. 2024.

SOUZA, Eduardo. **Construindo paredes com restos de demolição: a poesia do concreto ciclópico**. ArchDaily Brasil, 07 set. 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/987172/construindo-paredes-com-restos-de-demolicao-a-poesia-do-concreto-ciclopico>. Acesso em: 03 dez. 2024.

TUTIKIAN, Bernardo; DAL MOLIN, Denise. **Concreto auto-adensável**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.