

REVISÃO DE LITERATURA IDENTIFICADA

**ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL EM
CONCRETO PROTENDIDO DE UMA ACADEMIA DE ALTO PADRÃO
COM PAVIMENTO DE GARAGEM**

**ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE PRESTRESSED CONCRETE
STRUCTURAL DESIGN OF A HIGH-STANDARD GYM WITH A GARAGE FLOOR**

Aldo Ferreira da Costa Pereira¹, Arthur Almeida Tavares²

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Afya Centro Universitário de Itaperuna; ² Professor e orientador do curso de Engenharia Civil do Afya Centro Universitário de Itaperuna.

Eixo Temático: Engenharia, Tecnologia e Inovação.

RESUMO

A revisão de literatura apresentada no capítulo 2 do Trabalho de Conclusão de Curso aborda o desenvolvimento de edificações destinadas a academias, com ênfase nas características funcionais de academias de alto padrão, acessibilidade e segurança aos usuários, pavimento de garagem, desenvolvimento e concepção dos projetos, concreto armado e concreto protendido. Também são discutidos os elementos estruturais da edificação, incluindo lajes lisas protendidas, vigas protendidas e pilares em concreto armado, além das ações permanentes e variáveis, dos Estados Limites Último e de Serviço e das principais etapas de dimensionamento e verificação do concreto protendido. A literatura aborda ainda força e armaduras ativas, perdas de protensão, verificações das tensões no concreto, flexão, cisalhamento, punção, fissuração e deformações. Por fim, são apresentados os fundamentos das instalações hidrossanitárias em edificações comerciais, contemplando abastecimento de água, estimativa de consumo e reservatórios, distribuição de água fria e quente, sistemas de esgoto, ventilação e destinação dos efluentes. O conjunto das referências utilizadas relaciona esses temas às normas técnicas brasileiras e às obras bibliográficas citadas no próprio capítulo de revisão.

Palavras-chave: Concreto Protendido. Projeto Estrutural. Lajes Protendidas. Instalações Hidrossanitárias. Academia.

ABSTRACT

The literature review presented in Chapter 2 of the Undergraduate Thesis addresses the development of buildings intended for gyms, focusing on the functional characteristics of high-standard gyms, accessibility and user safety, garage floors, project development and structural conception, reinforced concrete and prestressed concrete. It also discusses the structural elements of the building, including flat prestressed slabs, prestressed beams and reinforced concrete columns, as well as permanent and variable actions, Ultimate and Serviceability Limit States, and the main stages of prestressed concrete design and verification. The literature also addresses prestressing force and active reinforcement, prestressing losses, concrete stress checks, flexure, shear, punching, cracking and deformations. Finally, the fundamentals of building plumbing and sanitary systems in commercial buildings are presented, covering water supply, consumption estimation and reservoirs, cold and hot water distribution, sewage systems, ventilation and effluent disposal. The set of references used relates these topics to the Brazilian technical standards and bibliographic works cited in the review chapter itself.

Keywords: Prestressed Concrete. Structural Design. Prestressed Slabs. Building Services. Gym.

INTRODUÇÃO

O capítulo de revisão de literatura do TCC aborda inicialmente o projeto de edificações destinadas a academias, destacando a necessidade de espaços amplos e boa circulação de pessoas. Segundo a ABNR NBR 16636 (2017), o desenvolvimento do projeto deve ocorrer de forma conjunta aos demais projetos da edificação, de modo a atender aos requisitos de uso e desempenho. Em academias de alto padrão, a revisão destaca a necessidade de ambientes amplos, diversidade de espaços e maior conforto aos usuários, além de soluções estruturais capazes de vencer grandes vãos, suportar sobrecargas de equipamentos e usuários e reduzir a quantidade de pilares internos.²

A revisão também contempla acessibilidade e segurança, com referência à ABNT NBR 9050 (2020), e aborda as exigências específicas de pavimentos de

garagem, principalmente quanto à circulação de veículos, definição dos vãos, posicionamento dos pilares e compatibilização entre vagas, acessos e elementos estruturais. Em seguida, são apresentados os fundamentos da concepção estrutural, do concreto armado e do concreto protendido, além dos elementos estruturais e das verificações necessárias ao desempenho da estrutura.^{1,3,4,5}

O capítulo inclui, ainda, a abordagem das instalações hidrossanitárias em edificações comerciais, tratando dos sistemas de abastecimento de água, distribuição de água fria e quente, esgoto, ventilação e águas pluviais.⁹⁻¹²

MÉTODO

O capítulo 2 do TCC apresenta uma revisão de literatura organizada por temas, utilizando normas técnicas brasileiras e referências bibliográficas citadas ao longo do próprio texto. O capítulo consultado não informa bases de dados pesquisadas, período de busca, descritores, operadores booleanos, critérios de inclusão e exclusão ou protocolo específico de revisão. Dessa forma, essas informações não são acrescentadas neste documento.

Foram considerados exclusivamente os conteúdos presentes na seção de revisão de literatura do TCC, compreendendo projeto de edificações destinadas a academias, desenvolvimento dos projetos, concreto armado e protendido, elementos estruturais, ações, estados limites, dimensionamento e verificações do concreto protendido e instalações hidrossanitárias. As referências foram numeradas conforme a ordem em que aparecem nesta versão, seguindo a lógica de citação Vancouver solicitada no modelo.

RESULTADOS

Projeto de edificações destinadas a academias

A revisão estabelece que o projeto arquitetônico de uma academia deve visar espaços amplos e boa circulação de pessoas. Nas academias de alto padrão, são ressaltadas a necessidade de ambientes amplos, a diversidade de espaços e o maior conforto aos usuários. Segundo Bonilha e Cholfe, essas edificações podem exigir soluções estruturais capazes de vencer grandes vãos, suportar elevadas sobrecargas

provenientes de equipamentos e usuários e reduzir a quantidade de pilares internos, permitindo maior flexibilidade na organização dos ambientes.²

Quanto à acessibilidade, a ABNT NBR 9050 estabelece critérios e parâmetros técnicos para o projeto, incluindo distâncias mínimas para corredores e locais destinados a manobras em cadeira de rodas. No pavimento de garagem, a revisão destaca a necessidade de atenção à circulação de veículos, definição dos vãos e posicionamento dos pilares. A compatibilização entre vagas, acessos e elementos estruturais é apresentada como fundamental para o funcionamento da edificação.³

Desenvolvimento dos projetos e concepção estrutural

Conforme a ABNT NBR 16636-2 (2017), o desenvolvimento do projeto arquitetônico envolve levantamento de dados, viabilidade arquitetônica, anteprojeto e projeto final, sendo necessário desenvolver cada etapa de forma a evitar conflitos durante a execução.⁴ A concepção estrutural, por sua vez, corresponde à definição das principais características da estrutura, incluindo o sistema adotado e o posicionamento dos elementos resistentes, tendo como base o projeto arquitetônico e influenciando a distribuição de pilares, vigas e lajes e os vãos necessários para atender às condições de uso.

Concreto armado e concreto protendido

Conforme a NBR 6118 (2023), o concreto armado combina a resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço. A revisão destaca sua ampla utilização em razão da facilidade de execução e aquisição dos materiais, mas aponta limitações quando são necessários grandes vãos, situação em que o concreto protendido é apresentado como alternativa mais eficiente.⁵

O concreto protendido caracteriza-se pela introdução de um estado prévio de tensões nos elementos estruturais por meio do alongamento controlado de armaduras ativas. A ABNT NBR 6118 define essa solução como aquela em que parte da armadura é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão, com a finalidade de impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos em serviço e propiciar melhor aproveitamento de aços de alta resistência.⁵

A força de protensão introduz um estado de compressão que se opõe, ao menos parcialmente, às tensões de tração geradas pelos carregamentos externos, retardando ou eliminando a fissuração e reduzindo as deformações. Bastos classifica a protensão, quanto à aderência entre armadura ativa e concreto, em protensão com aderência inicial, protensão com aderência posterior e protensão sem aderência.⁶

Entre as vantagens apresentadas estão a redução de deformações e flechas, a possibilidade de vencer grandes vãos com alturas de seção reduzidas e o controle mais eficiente da fissuração. Como desvantagens, a revisão aponta a necessidade de mão de obra especializada e custos adicionais relacionados a cordoalhas, bainhas e ancoragens.⁶

Elementos estruturais

Segundo a revisão, os elementos estruturais são responsáveis por receber e transmitir as cargas atuantes, garantindo segurança e estabilidade. O sistema considerado é composto por lajes lisas protendidas, vigas protendidas e pilares. As lajes lisas protendidas apoiam-se diretamente sobre os pilares, geralmente sem vigas, e apresentam vantagens executivas relacionadas à simplificação das formas e à redução do tempo de execução.⁵

Na ligação entre laje e pilar, a verificação à punção é necessária. A ABNT NBR 6118 estabelece a análise por meio de tensões de cisalhamento em superfícies críticas ao redor dos pilares, podendo ser necessária armadura de punção quando a tensão solicitante superar a tensão resistente. Para lajes protendidas, a força de protensão contribui para a redução das tensões solicitantes na região da ligação, embora a verificação normativa permaneça obrigatória.^{5, 6}

As vigas protendidas são elementos lineares submetidos predominantemente à flexão. A força de protensão busca equilibrar parte do momento fletor solicitante, reduzindo tensões de tração e controlando fissuração e deformações. A excentricidade do cabo em relação ao centro de gravidade da seção é apontada como parâmetro determinante.⁶ O dimensionamento envolve verificações das tensões no concreto no ato da protensão, nas fases construtivas e na situação final em serviço, além de flexão e cisalhamento.⁵

Os pilares são elementos lineares responsáveis por transmitir os esforços das lajes e vigas às fundações. A ABNT NBR 6118 estabelece critérios de classificação quanto à esbeltez e à consideração dos efeitos de segunda ordem. Para pilares medianamente esbeltos, são apresentados métodos aproximados, entre eles o método do pilar-padrão com rigidez κ aproximada, conforme a referência de Carvalho e Figueiredo Filho.^{5,7}

Ações e estados limites

De acordo com a NBR 6120 (2019), as ações permanentes correspondem aos carregamentos que atuam de forma constante durante a vida útil da estrutura, enquanto as ações variáveis apresentam variação significativa de intensidade ao longo da vida útil. No caso de pavimentos de garagem, as ações variáveis estão associadas ao peso dos veículos e à sua movimentação.⁸

O dimensionamento das estruturas de concreto é fundamentado na verificação dos Estados Limites Últimos e dos Estados Limites de Serviço, conforme a NBR 6118 (2023). Os ELU estão relacionados ao colapso ou a outras formas de ruína, enquanto os ELS relacionam-se às condições de conforto, durabilidade e desempenho funcional, incluindo formação e abertura de fissuras e deformações excessivas.⁵

Dimensionamento e verificações do concreto protendido

O dimensionamento e as verificações do concreto protendido envolvem a análise dos esforços atuantes, definição da força de protensão, avaliação das perdas e verificação do comportamento dos elementos nos ELU e ELS.⁵ A força de protensão é introduzida pelo tensionamento das armaduras ativas e gera o estado prévio de compressão característico do concreto protendido. A operação pode ocorrer antes da concretagem, na pré-tração, ou após o endurecimento do concreto, na pós-tração.⁵

A determinação da força de protensão inicial deve considerar os momentos fletores solicitantes e a excentricidade do cabo em relação ao centro de gravidade da seção. Bastos destaca que a definição da força de protensão e do traçado dos cabos é determinante para o desempenho nos Estados Limites de Serviço, especialmente no controle de fissuração e deformações.⁶

As perdas de protensão podem ser imediatas e progressivas. As imediatas ocorrem durante ou logo após o ato da protensão, incluindo atrito entre cabo e bainha, acomodação da ancoragem e encurtamento do concreto. As progressivas ocorrem ao longo do tempo e decorrem da fluência e retração do concreto.⁶ A estimativa das perdas é necessária para determinar a força de protensão efetiva nas diferentes fases da vida útil da estrutura.⁵

As tensões no concreto devem ser verificadas no ato da protensão, nas fases construtivas intermediárias e na situação final em serviço. A NBR 6118 estabelece limites para tensões de compressão e tração em função da classe de agressividade ambiental e do nível de protensão adotado.⁵

Na flexão, deve ser considerada a contribuição conjunta da armadura ativa e, quando necessária, da armadura passiva complementar. Na verificação ao cisalhamento, considera-se a contribuição da força de protensão na redução das tensões de cisalhamento. Nas lajes lisas protendidas, a punção assume papel determinante devido à concentração dos esforços na ligação entre laje e pilar.⁵

O controle de fissuração está relacionado ao nível de protensão e à classe de agressividade ambiental. A revisão também destaca o Estado Limite de Deformações Excessivas e a influência da força de protensão na redução da curvatura e das flechas. Para lajes e vigas protendidas, a flecha total deve ser verificada considerando os efeitos de fluência do concreto ao longo do tempo.^{5, 6}

Instalações hidrossanitárias

As instalações hidrossanitárias compreendem sistemas destinados ao manejo de águas e efluentes e são apresentadas na revisão como fundamentais para higiene, segurança e conforto dos usuários. O capítulo relaciona seu dimensionamento às ABNT NBR 5626 (2020), NBR 8160 (1999), NBR 10844 (1989) e NBR 12218 (2017).⁹⁻¹²

Os sistemas de abastecimento de água conduzem a água dos reservatórios aos pontos de utilização. A ABNT NBR 5626 estabelece requisitos para projeto, execução e manutenção dos sistemas prediais de água fria e quente. Em edificações comerciais de maior porte, a revisão aponta o abastecimento indireto como predominante, com necessidade de dimensionamento adequado dos reservatórios.⁹

A estimativa de consumo considera a quantidade de pessoas que frequentarão a edificação e o consumo de água previsto para o tipo de ocupação, servindo de base ao dimensionamento dos reservatórios e tubulações. O reservatório também deve considerar uma reserva de incêndio conforme as normas aplicáveis.⁹

O dimensionamento da distribuição de água fria considera as vazões necessárias em cada trecho, os pesos relativos dos aparelhos sanitários, o comprimento das tubulações e os desníveis. A NBR 5626 estabelece procedimentos para definição dos diâmetros de sub-ramais, ramais, colunas e barriletes. Para água quente, o procedimento é semelhante, observando-se a necessidade de materiais com maior resistência térmica, como CPVC, em substituição ao PVC convencional das redes de água fria.⁹

Os sistemas prediais de esgoto sanitário coletam e conduzem os efluentes dos aparelhos sanitários até a rede pública ou sistema de tratamento individual. O dimensionamento dos ramais de descarga e ramais de esgoto é realizado pelo método das Unidades Hunter de Contribuição, no qual cada aparelho possui um valor correspondente à sua contribuição relativa.¹⁰

A NBR 8160 estabelece parâmetros de declividade mínima das tubulações para garantir o escoamento por gravidade, sendo indicada na revisão a declividade de 2% para tubulações com diâmetro nominal inferior a 75 mm e de 1% para diâmetros iguais ou superiores a 100 mm. Em edificações comerciais de múltiplos pavimentos, o correto dimensionamento de tubos de queda, subcoletores e coletores prediais é apresentado como determinante para o funcionamento do sistema.¹⁰

A ventilação sanitária permite a entrada de ar no sistema de esgoto, equilibrando a pressão interna das tubulações e evitando a sifonagem nos desconectores. A NBR 8160 estabelece critérios para o dimensionamento das colunas e ramais de ventilação, considerando o somatório das Unidades Hunter de Contribuição.¹⁰ As águas pluviais devem ser tratadas de forma independente do sistema de esgoto sanitário, com dimensionamento conforme a NBR 10844, incluindo vazão de projeto, calhas e condutores, a partir da intensidade pluviométrica da região.¹¹

CONCLUSÃO

Com base exclusivamente no capítulo de revisão de literatura do TCC, verifica-se que os conteúdos abordados abrangem desde a concepção de academias e a organização dos projetos até os fundamentos do concreto protendido, seus elementos estruturais, ações, estados limites, perdas e verificações. A revisão também reúne fundamentos para o desenvolvimento das instalações hidrossanitárias, contemplando abastecimento de água, distribuição de água fria e quente, esgoto, ventilação e águas pluviais.

A revisão evidencia, dentro do conteúdo apresentado no TCC, a relação entre as necessidades funcionais de edificações destinadas a academias e a escolha e verificação dos sistemas estruturais e hidrossanitários. Não foram acrescentadas informações externas ao capítulo 2 para complementar lacunas do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
2. Bonilha L, Cholfe L. Concreto protendido: teoria e prática. São Paulo: Pini; 2014.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7483: Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16636-1: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
11. BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do concreto protendido. Bauru: Universidade Estadual Paulista – UNESP, Departamento de Engenharia Civil, 2021. Notas de aula.
12. BONILHA, Luciana; CHOLFE, Luiz. Concreto protendido: teoria e prática. São Paulo: Pini, 2014.
13. CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: 2014.
14. CARVALHO JÚNIOR, Roberto. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura. 5. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2013.
15. CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.