

Assessment of the need for recovery of reinforced concrete beams

Sousa, G.T.¹; Vitória, P.H.B.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Soares, M.M.P.³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ gtsengenharia31@gmail.com; ² phberaldo@hotmail.com; ³ murilomeiron@gmail.com

RESUMO: Este trabalho consiste em um estudo de caso, baseado na análise de um projeto estrutural onde foram encontrados erros de dimensionamento em duas vigas o que gerou uma manifestação patológica (trincas) nesses elementos e que se não houvesse uma intervenção rápida poderia causar o desabamento de parte da estrutura da garagem. Após a análise e redimensionamento dos elementos é proposto o reforço que poderia ser utilizado para corrigir tal erro, sendo ele reforçado com concreto armado, por se tratar de um sistema convencional bem aceito pela comunidade técnica e que também resultaria em menor intervenção na estrutura, conseqüentemente menor custo para sua realização.

Palavras-chaves: Projeto Estrutural, concreto armado, chapa metálica, encamisamento, trincas, manifestação patológica.

ABSTRACT: This work consists of a case study, based on the analysis of a structural design where design errors were found in two beams which generated a pathological manifestation (crack) in these elements and that if there was not a quick intervention could cause the collapse in part of the garage structure. After the analysis and resizing of the elements, the reinforcement that could be used to correct such error is proposed, and it is reinforced with reinforced concrete, as it is a conventional system well accepted by the technical community and that would also result in less intervention in the structure, consequently lower cost for its realization.

Keywords: structural design.

Área de Concentração: Estruturas

1. INTRODUÇÃO

As manifestações patológicas na construção civil podem ser entendidas, analogamente às ciências médicas, como um campo da engenharia que trata do estudo dos sintomas, formas, origem e causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações (CARMO, 2000).

Na maioria das construções há manifestações patológicas, sendo elas de menor ou maior intensidade, as encontradas com mais frequência são as infiltrações, trincas, corrosão da armadura, movimentações térmicas, deslocamentos etc.,

mostrados nas figuras 1, 2 e 3. Toda edificação possui um período de vida útil que necessita de manutenções periódicas preventivas e corretivas.

Figura 1: Infiltração



Fonte: [5691-Texto do artigo-19737-1-10-20161226.pdf](#)

Figura 2: Trinca



Fonte: *Trincas de flexão em vigas de concreto armado | Guide Engenharia*

Figura 3: Corrosão



Fonte: *Como Fortalecer Estruturas de Concreto (fazfacil.com.br)*

Tendo em vista o surgimento de muitas manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, aliadas ao recente controle de qualidade estrutural e atenção geral à manutenção estrutural, a tecnologia de avaliação de estruturas concluídas desenvolveu-se bastante ao longo desses dois últimos séculos com o objetivo de prevenir e corrigir tais vícios de engenharia (EISINGER e LIMA, 2000).

Entretanto o objetivo deste trabalho é apresentar a necessidade da validação dos projetos estruturais por profissionais independentes, e apresentar as principais técnicas de restauração e ou fortalecimento das estruturas de concreto armado de acordo com alguns modelos de cálculos para dimensionamento e reforço estrutural à compressão, flexão e cisalhamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica é abordado apenas os dois métodos mais utilizados no Brasil, sendo: reforço e recuperação com concreto armado convencional e o reforço com chapas metálicas.

Os primeiros passos para se iniciar o reforço de ambos são iguais, sendo necessário que os elementos que sofrem as manifestações patológicas devem ser reescoradas (dependendo da deformação) para que as cargas sejam suavizadas das forças as quais são submetidas, após tal reforço ocorre a escarificação (onde também é recuperado a corrosão), removendo do concreto existente a camada danificada, aumentando também a rugosidade da superfície, mas atenção para não ocorrer um excesso para não resultar em desperdício do adesivo colante no caso do reforço com perfil metálico.

Após a realização das etapas preliminares comuns em ambos os métodos, como pode ser visto nas figuras 4 e 5, as tarefas seguintes são específicas de acordo com cada reforço escolhido: Reforço com concreto armado ou Reforço com chapas metálicas.

Figura 4: Alívio da tensão – Reescoramento



Fonte: <https://www.facebook.com/engracon/photos/pcb.1119517278151024/1119515811484504/?type=3&theater>

Figura 5 - Desgaste da estrutura – apicoamento



Fonte: <https://www.facebook.com/engracon/photos/pcb.1119517278151024/1119515811484504/?type=3&theater>

1.1 Reforço com concreto armado

De acordo com Piancastelli (2005), o processo de encamisamento ocorre devido a aderência entre o concreto velho e o novo, que é favorecida pela compressão produzida devido à retração transversal do reforço do novo concreto, ou seja, consiste no aumento da seção, envolvendo a seção que já existe com um novo concreto e armadura necessária para restauração.

Após o processo inicial, que é o escoramento dos elementos para não ter um excesso de carregamento, então é feita a escarificação do elemento danificado, e assim adicionando uma nova armadura, em seguida colocando as formas envolta do elemento a ser recuperado, conforme a figura 6, para que ocorra a injeção do concreto para a formação de nova seção, mostrado na figura 7.

Figura 6: Adição de armadura e formas



Fonte: <https://www.facebook.com/engracon/photos/pcb.1119517278151024/1119515811484504/?type=3&theater>

Figura 7: Estrutura já reforçada



Fonte: <https://www.facebook.com/engracon/photos/pcb.1119517278151024/1119515811484504/?type=3&theater>

Para finalizar, procede-se a retirada das formas e os elementos estruturais que antes possuíam manifestações patológicas agora estarão recuperados ou reforçados.

1.2 Reforços com chapas metálicas

Este tipo de reforço é bem rápido e eficaz, onde as chapas metálicas são coladas com adesivo epóxi, permitindo a união entre o aço e o concreto, ou com à ajuda de chumbadores parabolt. Eles podem ser usados em qualquer elemento estrutural que atue na

compressão, flexão e cisalhamento, exceto para aumentar a rigidez do elemento de recuperação. Possuem características de leveza, baixo peso e reduzido acréscimo de seções transversais.

Após feito o reescoramento e a escarificação já estiver executada, deve-se deixar o elemento úmido para facilitar a colagem. Primeiro coloca-se as placas sobre parábolas de alta resistência, colocadas em orifícios pré-perfurados na superfície já pronta, de acordo com a figura 8.

Figura 8: Adição de chapa metálica



Fonte: <https://docplayer.com.br/69076734-Reforco-estrutural-adicao-de-chapas-e-chapas-metalicos.html>

O adesivo é então selado em torno da placa epóxi, deixando um tubo de pequeno diâmetro para injeção de cola e saída de ar e, em seguida, injeção de cola no espaço entre o concreto e a placa de aço, com cola de baixa viscosidade, ver figura 9.

Figura 9: Cola de baixa viscosidade



Fonte: <https://www.tudoemconstrucao.com/tintas-e-acessorios/adesivos-e-colas/cola-adesiva-estrutural-sikadur-32-1kg>

De acordo com Souza e Ripper (1998 apud. SILVA, 2006) para o reforço com chapas coladas tem que se considerar alguns procedimentos como por exemplo as espessuras máximas da camada de cola de 1,5 mm, a espessura máxima das chapas de 3 mm, salvo quando utilizados dispositivos especiais de ancoragem, como parafusos parabolt, mas não superar em 50% o incremento nos reforços resistentes, comparada à situação anterior ao reforço.

3. METODOLOGIA

Após a manifestação das patologias, evidenciadas pelo surgimento de trincas profundas nas vigas V1 e V3 conforme observado na figura 10, iniciou-se o processo de análise para identificar as possíveis causas. Após descartar erro de execução o próximo passo seria analisar a conformidade dos projetos estruturais.

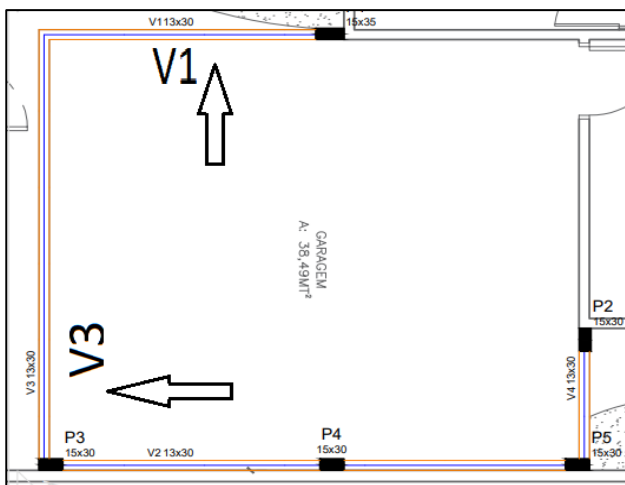
Figura 10: Trincas externas e internas na viga V1



Fonte: Autor

Para essa etapa, buscou-se os projetos estruturais presentes na obra e de posse do proprietário. Um recorte da planta de forma, identificando as vigas a serem analisadas, ver figura 11, já é possível ver as vigas V1 e V3 com seções transversais possivelmente insuficientes para elementos em balanço. Com base na análise em programas de cálculos gratuitos, tais como RLF engenharia de estrutura e TQS.UniPro versão educacional fornecido pela PUC Goiás, considerando apenas carregamento existente e as seções já estabelecidas no projeto, constata-se divergência nas armaduras tanto positivas quanto negativas o que pode ser gravíssimo em se tratando de estruturas em balanço.

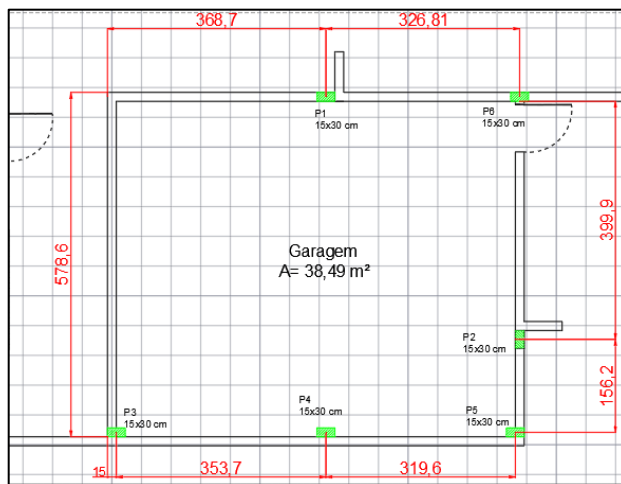
Figura 11: Planta com V1 e V3



Fonte: Projeto

Analisando os demais elementos do projeto estrutural ora apresentado, estendeu-se as análises aos pilares P1, P2 e P3 que estão interligados às vigas V1 e V3, conforme mostrado na figura 12. Entretanto este trabalho baseia-se na análise das vigas, mas ressalta a importância da análise global do projeto para uma validação mais eficiente e assim antecipar possíveis erros que ainda não se tornaram evidentes, resguardando o patrimônio material e sobretudo vidas humanas.

Figura 12: Planta estudo de caso

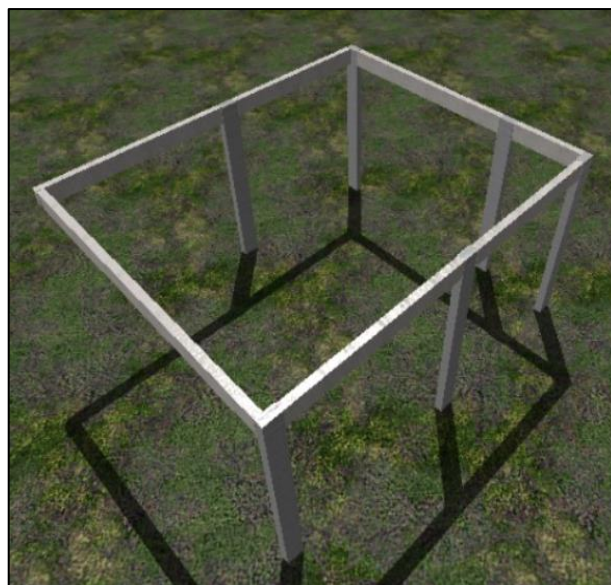


Fonte: Projeto AutoCad

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise da estrutura de concreto armado com uma viga em balanço, como mostrado na figura 13 o pórtico 3D permite uma melhor visualização.

Figura 13: Estrutura em balanço com V1 e V3

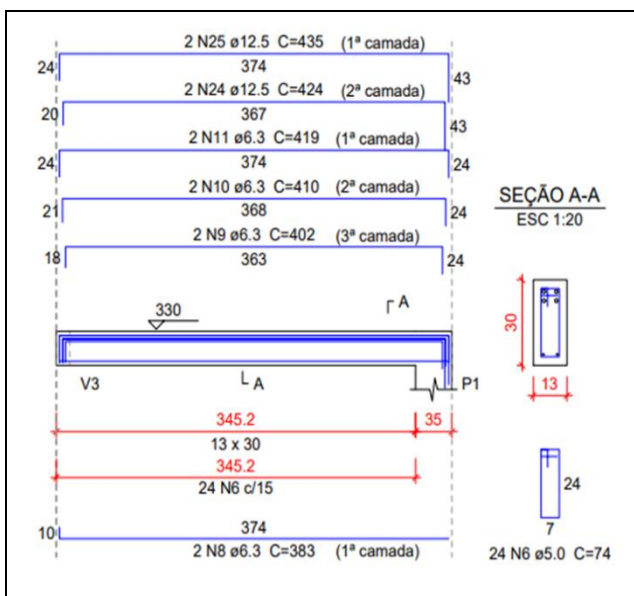


Fonte: Projeto TQS

Ao verificar o projeto executado, foi encontrado inicialmente um percentual de armadura nas vigas V1 e V3 inferior ao esperado para a seção calculada de 13x30 conforme tabela 1. Os respectivos detalhamentos das armaduras existentes das vigas são mostrados nas figuras 14 e 15.

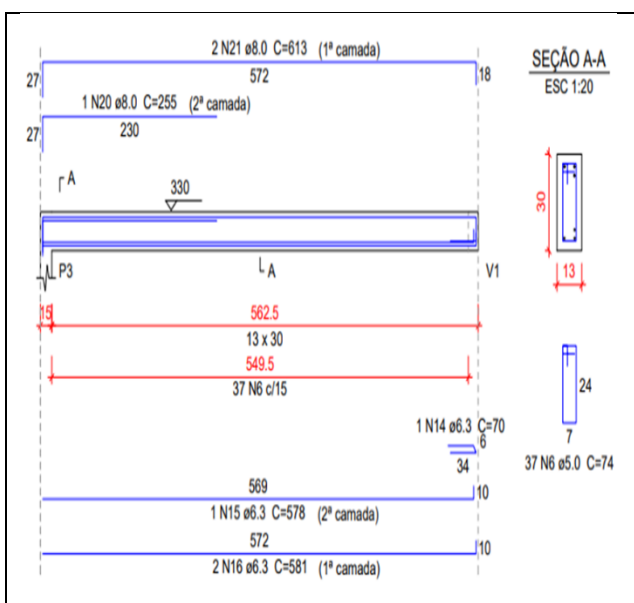
Com a determinação da taxa de armadura inferior ficou evidente que a principal causa da manifestação patológica ocorrida na viga foi provocada por erro de projeto.

Figura 14: armadura V1



Fonte: Projeto

Figura 15: armadura V3

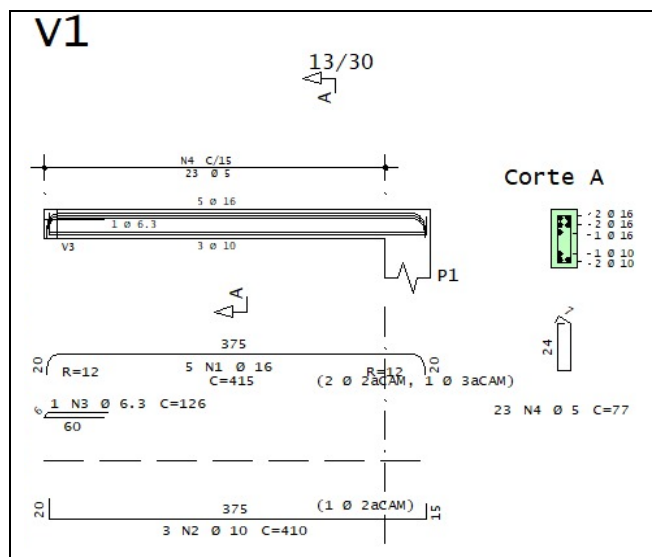


Fonte: Projeto

Após a constatação da causa da manifestação patológica, a estrutura foi redimensionada, levando em consideração nova seção transversal, pois ficou evidenciado nos relatórios do processamento que a seção 13x30 também se tornou equivocada apresentando muitos erros e avisos, tais qual podemos citar espaço insuficiente para alojamento de armaduras dimensionadas.

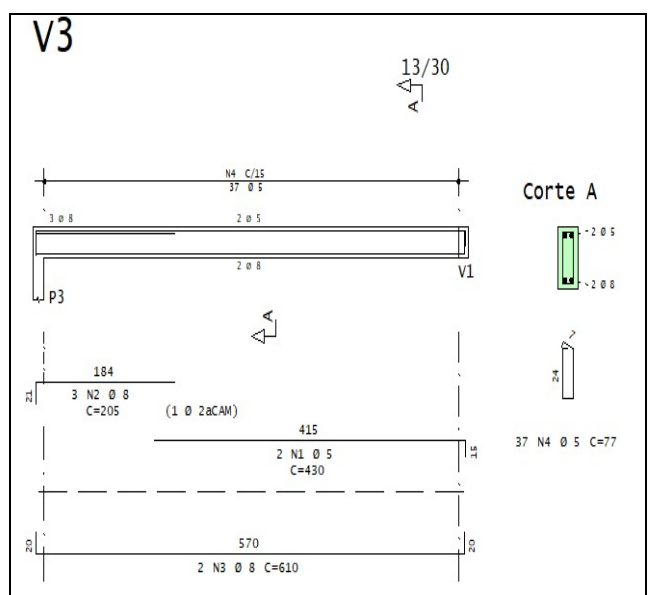
Nas figuras 16 e 17 observa-se a nova distribuição de armadura considerando a seção transversal inicial 13x30.

Figura 16: armadura V1 verificada



Fonte: Projeto TQS

Figura 17: armadura V3 verificada



Fonte: Projeto TQS

Na tabela 1, é mostrado uma comparação entre as vigas de mesma seção 13x30, porém com as quantidades de armaduras existente e necessária.

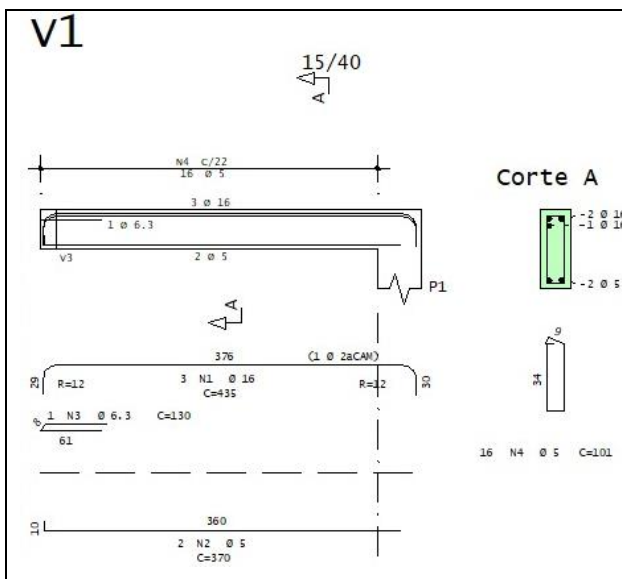
Tabela 1: Quantitativo de aço 13/30cm

Vigas	Projeto (kg)	Verificação (kg)	%
V1	27,91	42,19	34%
V3	14,23	12,72	(12%)
VTotal	42,14	54,91	23%

Fonte: Autor Excel

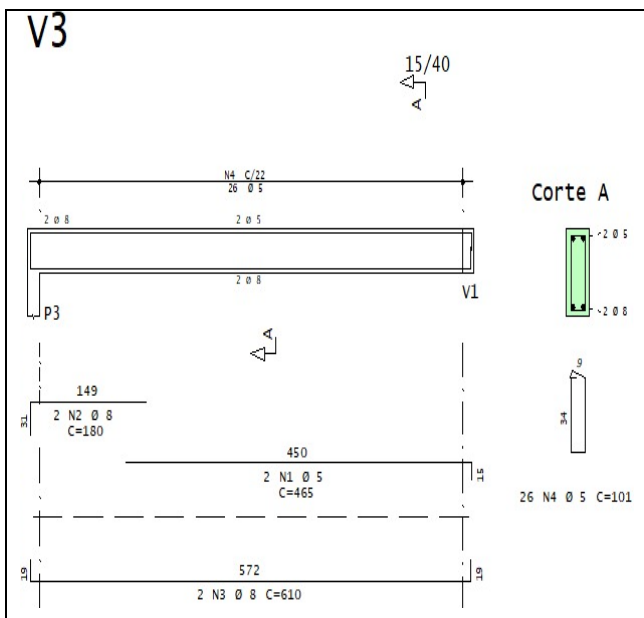
Assim optou-se em aumentar a nova seção para 15x40, com o $F_{ck} = 25\text{Mpa}$ buscando atender todos os aspectos do dimensionamento seguro de acordo com a norma **NBR 6118:2014** - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, ver figuras 18 e 19.

Figura 18: armadura V1 redimensionada



Fonte: Projeto TQS

Figura 19: armadura V3 redimensionada



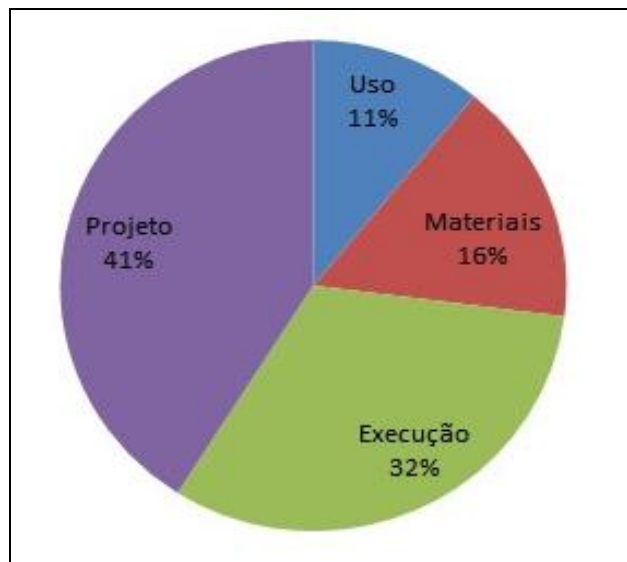
Fonte: Projeto TQS

5. CONCLUSÕES

A maioria das manifestações patológicas em construções são causadas basicamente por falhas de projetos e falha de execução, como mostra no gráfico 01. Dentre esses equívocos, o descuido técnico e o desconhecimento dos profissionais relacionados acabam por aumentar o custo desse trabalho, na hora

de fazer algum reforço/recuperação ou até mesmo uma nova estrutura.

Gráfico 01: Medidas gerais de falhas em edificações



Fonte: MESSEGUER-1991

Atualmente, a norma de desempenho de edificações **NBR15575:2013** - Edificações habitacionais - Desempenho, que está em vigor desde julho de 2013 apresenta diversos indicadores e diretrizes de extrema importância para alcançar a qualidade e durabilidade das nossas edificações, proporcionando conforto aos usuários nos dias de hoje.

Na tabela 2 pode ser visto a quantidade de aço que será estabelecido para a nova seção 15x40.

Tabela 2: Quantitativo de aço seção 15x40cm

Vigas	Projeto (kg)	Redimensionamento (kg)	%
V1	27,91	24,08	(16%)
V3	14,23	11,49	(24%)
VTotal	42,14	35,58	(18%)

Fonte: Autor Excel

Após todas a análise conclui-se que é preciso realizar uma intervenção estrutural em ambas as vigas, aumentando a seção transversal e readequando o quantitativo de aço para melhorar a segurança e desempenho estrutural das vigas analisadas. Ressalta-se que diante da constatação da falha grave de erro de projeto é necessário realizar uma análise mais detalhada de todo o projeto principalmente no que diz respeito a verificação da estabilidade global da estrutura.

6. AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos os anos de estudos, por ter permitido que tivéssemos saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Ao professor Murilo Meiron de P. Soares, por ter sido nosso orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que nos permitiram apresentar um melhor desempenho no nosso processo de formação profissional ao longo do curso, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o nosso aprendizado.

Aos nossos colegas de curso, com quem convivemos intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que nos permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formandos, por compartilharem conosco tantos momentos de descobertas e aprendizado e por todo o companheirismo ao longo deste percurso.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMO, P. I. O. Gerenciamento de edificações: proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado. 2000. Dissertação (Mestrado em Patologia das Construções).

EISINGER, M. B., LIMA, M.G. Metodologias para Inspeção de Estruturas de Concreto Armado - Um estado da Arte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE O COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS DANIFICADAS - DAMSTRUC, 2, 2000, Rio de Janeiro. CD-ROM. Niterói: [S.d], 2000.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações: São Paulo: Escola Politécnica da USP. Tese de M. Sc., Universidade de São Paulo, 1985.

NBR 15575/2013, Edificações habitacionais - Desempenho

NBR 6118/2014, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço.