



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 - Vila Real - Botucatu/ SP

Telefone: (14) 3354-1315 - www.faculdadegalileu.com.br

PATOLOGIAS DO CONCRETO: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE QUALIDADE

Tiago Henrique Lucas

Botucatu

2020



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 - Vila Real - Botucatu/ SP

Telefone: (14) 3354-1315 - www.faculdadegalileu.com.br

TIAGO HENRIQUE LUCAS

Patologias do concreto: a importância do controle de qualidade

Artigo apresentado como trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade Galileu.

Botucatu

2020

Resumo

A patologia das construções é um ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas, origem e as conseqüências das deficiências nas edificações – tudo aquilo que constitui o diagnóstico. Este artigo foi feito focando na Patologia de Concreto, buscando analisar a importância do controle de qualidade para evitar as manifestações patológicas. Realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, e observação em campo. O objetivo geral do artigo é demonstrar a importância do controle de qualidade para evitar manifestações patológicas no concreto, apontando especificamente a ação dos ensaios. Esse trabalho: elenca as patologias do concreto; analisa as principais NBRs sobre concreto, e; lista os ensaios que podem evitar patologias no concreto. Foi possível perceber que o controle de qualidade é crucial para o bom desempenho do concreto, o que gera menos gastos com manutenção.

1. INTRODUÇÃO

O tema patologias das construções é recente, datando dos anos 1960/1970. A palavra patologia, na construção civil, teve inspiração no campo da medicina. Assim como a medicina trata doenças do corpo humano, fazendo diagnósticos, buscando as causas e mecanismos das doenças, propôs-se fazer na engenharia. Desse modo, a patologia é “uma ciência formada por um conjunto de teorias que serve para explicar o mecanismo e a causa da ocorrência de determinada manifestação patológica” (FRANÇA et al, 2011, p.22).

Desde muito tempo, quando a humanidade passou a se assentar e constituir comunidades fixas, as construções foram importantes. Com o passar do tempo, os materiais foram se refinando, do barro, pedras e folhas, para o cimento, cal e concreto. Na história da humanidade, os primeiros registros de uso de uma espécie de concreto foram do período do Império Romano, quando utilizavam pozalana natural misturada com cal para assentar os tijolos. Apesar do uso ser antigo, ficou por muito tempo esquecido; só no século XIX o concreto voltou a ser pesquisado.¹

Percebe-se é que as edificações sempre foram importantes na história da humanidade, seja para moradia ou para fins comerciais, públicos ou industriais. Por motivos econômicos ou sociais, as obras passaram a ser feitas com maior velocidade e pouco controle dos materiais. Esse fato provoca a queda da qualidade das construções, fazendo com que algumas edificações já estejam condenadas antes mesmo de serem ocupadas. Com isso, não atendem às demandas do comprador do imóvel, principalmente no que diz respeito à durabilidade. Com o tempo, o mercado consumidor foi se tornando mais exigente, assim foi necessário que houvesse maior atenção à qualidade final do produto, isto é, foi preciso ter atenção aos problemas pós-obra, que ocorrem com a utilização da estrutura (SILVA e SOBRINHO, 2016).

Em 1990, o Código de Defesa do Consumidor ofereceu ao cliente “artifícios para fazer valer seus direitos, fazendo com que surgisse os conceitos de “qualidade”, “desempenho” e “certificações de conformidades”, exigindo melhorias em todo o processo construtivo, como material e também mão-de-obra” (GONÇALVES, 2015, p. 02). Essa foi uma medida importante para a melhoria no

¹¹ Disponível em: <https://cimento.org/concreto/>

controle da qualidade das obras, desde os materiais utilizados até o modo de utilização desses materiais.

O concreto tem sido amplamente usado nas construções brasileiras desde o começo do século XX, sendo uma mistura de cimento, água, areia (agregado miúdo), e pedra ou brita (agregado graúdo). Brandão e Pinheiro (1999) afirmam que, por muito tempo, considerava-se o concreto um material bastante durável, dispensando manutenções. Mas, a deterioração de algumas estruturas trouxe a relevância dos estudos sobre a patologia do concreto. Era preciso entender as causas e origens das manifestações patológicas.

Conforme observado por Arivabene (2015), a prevenção e a manutenção são os melhores meios para evitar a ocorrência de patologias. Saber a causa das patologias é um modo eficiente e econômico de evitá-las em futuras edificações. As patologias podem resultar em muitos problemas na estrutura da edificação, o que compromete seu desempenho.

As principais manifestações patológicas estão ligadas a projetos deficientes de detalhamento e incompatibilidade entre os mesmos; falhas durante a execução, utilização incorreta de materiais e falta de vistoria por parte dos profissionais responsáveis envolvidos, resultando em vários problemas na estrutura, comprometendo o desempenho da mesma. (ARIVABENE, 2014, p. 01).

Figueiredo e O'Reilly (2003), afirmam que em décadas passadas o ambiente era menos agressivo, e o aperfeiçoamento de técnicas mais econômicas representaram uma interferência negativa nas edificações, especificamente no que diz respeito à durabilidade. Conforme os autores, as estruturas de concreto armado estão, atualmente, mais vulneráveis ao surgimento precoce de manifestações patológicas.

Alguns avanços nesse sentido foram dados pela ABNT, com o estabelecimento de normas para a construção, tanto em relação aos materiais, às técnicas, quanto ao desempenho. Com essa normalização, garantia-se a melhoria na qualidade final do produto. A adequação aos critérios das normas valoriza a empresa do setor de construção civil. Há, ainda, a facilidade de importação e exportação de produtos regulamentados pelas NBRs. O não cumprimento dessas normas pode produzir manifestações patológicas no material, no caso deste trabalho, no concreto. Então, patologias que podem levar à insegurança dos usuários das edificações podem ser

geradas também pelo desconhecimento às normas por parte dos profissionais que produzem ou manuseiam o concreto.

Este artigo pretende focar no tema Patologia de Concreto, demonstrando a importância do controle de qualidade, especificamente por meio da ação dos ensaios. Desse modo, o desenvolvimento do artigo será três subtópicos, nos quais se vai elencar as principais patologias do concreto, contando com a revisão bibliográfica sobre o tema; analisar as principais NBRs sobre concreto, e; listar os ensaios que podem evitar patologias no concreto.

2. DESENVOLVIMENTO

A partir das referências indicadas no pré-projeto, foi possível listar as principais patologias do concreto. Além disso, foi realizada observação em campo da realização de diversos ensaios para controle de qualidade². Por meio da reflexão teórica e prática, foi possível tanto entender o processo de patologia do concreto até os métodos e técnicas para o controle de sua qualidade. É relevante também destacar o papel das NBRs para garantir a qualidade desse material.

2.1 PATOLOGIAS DO CONCRETO

O crescimento do mercado imobiliário fez com que as edificações tivessem que ter um tempo cada vez menor de execução. O rápido período das obras ocorre muitas vezes sem o respeito às normas referentes ao tempo mínimo de aplicação de determinados elementos. Sabbatini (1998) mostrou que as fissuras e trincas eram as patologias mais comuns nas edificações de concreto armado. As construtoras têm altos custos para realizar a correção de problemas ocorridos após a entrega da obra, o que representa em alguns casos um estouro no orçamento. A melhor forma de prevenção de patologias é a execução adequada de todas as etapas da obra (desde a fundação até o acabamento), de acordo com as normas técnicas de cada etapa e material.

A manifestação patológica é resultado de algum mecanismo de degradação da edificação, fazendo com que o material não apresente o desempenho esperado. Os motivos para manifestações patológicas são diversos, podendo ser falha na

² A observação foi possível devido ao desenvolvimento do estágio na empresa Red Forte Assessoria Técnica em Construção LTDA ME, com o nome fantasia de Red Forte Tecnologia de Materiais, especializada na realização de ensaios de materiais.

concepção do projeto ou na execução, falta de manutenção ou má qualidade dos materiais. No caso do concreto, por exemplo, é muito comum que ocorram fissuras ou trincas. O uso de materiais de qualidade pode evitar gastos futuros com tratamentos para as patologias.

As causas das patologias podem ser intrínsecas ou extrínsecas. As patologias de causas intrínsecas têm a ver com deteriorações inerentes às próprias estruturas de concreto. Isto é, são relacionadas com tudo aquilo que tem a ver com o material em si, e com suas peças estruturais nas fases de uso nas obras. Também são causas intrínsecas as falhas humanas e até mesmo acidentes. Pelo contrário, as causas extrínsecas não dependem do corpo estrutural em si, são oriundas de fatores que atacam a estrutura “de fora pra dentro” (GOMES e SANTOS, 2016).

As patologias podem ser resultado de falhas em várias etapas do projeto - qualidade do material, execução da construção, por exemplo -, podendo ocorrer também por ações biológicas, mecânicas, químicas e físicas. As ações biológicas que podem produzir patologias são o crescimento e desenvolvimento de microrganismos na estrutura, assim como o crescimento de vegetação na mesma. Uma ação mecânica pode ser o excesso de carga na estrutura (mais do que foi previsto no projeto), outra ação mecânica que pode produzir uma patologia é a erosão. Em relação às ações físicas, destaca-se a variação de temperatura como uma responsável por algumas patologias, já que os materiais têm coeficientes de dilatação diferentes. Por último, devemos ressaltar a importância das ações químicas como principais agentes que causam patologias no concreto. “As substâncias encontradas nomeio ambiente penetram no material e, sob determinadas condições de temperatura e umidade, provocam reações nocivas ao concreto.” (MARTINS, PESSOA e NASCIMENTO, 2017, p. 141).

No estudo de caso realizado por Gomes e Santos (2016), sobre os problemas estruturais em reservatórios de água no município de Viçosa, detectaram as seguintes patologias: fissuras, bolor, vazamento, trincas e falta de cobertura da ferragem. Esses problemas podem ter sido causados tantos por causas extrínsecas como intrínsecas, na fase de projeto, ou de execução. Mas o que foi notado é que tais patologias ocasionam grandes vazamentos - o cálculo realizado pelos autores detectou que em um dia vazam cerca de 10.000 litros de água. Ocorre, também, a exposição à umidade hidroscópica, o que pode contaminar a água;

conseqüentemente a população abastecida por aquele reservatório consumirá água contaminada.

Outro estudo de caso referência para este artigo é o de Silva e Sobrinho (2016), que trabalharam especificamente no caso das fissuras nas ligações entre alvenaria e a estrutura de concreto armado. Partem do fato de que a “alvenaria cerâmica utilizada nos dias de hoje como vedação de edifícios tem menor resistência à compressão e é mais rígida, ou seja, tem menor deformabilidade” (p. 98), em acordo com Sabbatini (1998). Assim, a alvenaria interage com a estrutura mesmo antes da fixação superior (devido ao peso da própria estrutura). A estrutura tem sua deformação inibida pela alvenaria, já que o endurecimento da argamassa a tornou um corpo rígido. Essa relação entre a necessidade de deformação da estrutura e a inibição da deformação pela alvenaria pode ocasionar patologias, sendo a mais comum nesses casos, a fissura.

As fissuras causadas por essa interação entre alvenaria e concreto armado podem ser evitadas com o uso de “elementos que distribuam melhor os esforços entre o concreto e a alvenaria, dissipando os esforços sem que haja comprometimento do ponto de vista estético” (SILVA e SOBRINHO, 2016, p. 98). Na fase de construção já é possível aplicar elementos que recebem e absorvem as deformações. Essas medidas tomadas na fase de projeto e execução são menos onerosas do que aquelas que são efetuadas depois que a edificação já está pronta. Essa pesquisa demonstrou mais uma vez como a prevenção é a melhor opção na execução de uma obra, já que pode garantir um melhor desempenho da edificação.

Toda edificação necessita de controle de qualidade dos processos, para que tenha um correto desempenho. Tanto os materiais utilizados, quanto os equipamentos e o processo de fabricação devem passar por uma inspeção. Uma maneira de padronizar o controle de qualidade e segurança na construção civil é por meio das Normas Técnicas Brasileiras. Essas normas, conhecidas como NBRs, são desenvolvidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Assim, tem-se a compreensão de que o controle de qualidade – garantido pela NBRs – pode evitar a ocorrência de manifestações patológicas. Trataremos no TCC especificamente sobre o caso do concreto.

2.2 Normas Técnicas - NBR's

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) surgiu no Brasil em 1940, fundada como Foro Nacional de Normalização. Até então, cada grupo ou agente usava normas diferentes (inglesas, francesas ou alemãs) para cada situação. No campo da engenharia, era freqüente o uso das normas inglesas, em decorrência da importante expressão da Inglaterra na parte da expansão ferroviária e mineração nacional. Em 1962, a Lei Federal 4150 estabeleceu a ABNT como “órgão de utilidade pública”. A partir daí, o órgão passa a organizar as normas para diversas atividades no país, inclusive, a construção civil.³

Dentro da ABNT, com o intuito da necessidade de regulamentação de materiais da construção civil, foi criado o CB-002, um comitê especializado que age no desenvolvimento das normas para a construção civil. São essas normas que vão garantir a qualidade e eficiência do material utilizado, além do respeito ambiental. As NBRs são utilizadas pelo mercado para regulamentar os materiais de construção, de forma a assegurar sua qualidade. Além disso, por serem referência para o setor, as NBRs são usadas também em processos de certificação, regulamentação e de acreditação. Dentre as normas da construção civil, destacamos as mais relevantes para o caso do concreto, que são a NBR 6122/1996, NBR 67/1998, a NBR 12655/2006, e a NBR 5738/2015. Será apresentado um breve resumo sobre essas normas abaixo:

- NBR 6122/1996: a norma estabelece as condições básicas que devem ser seguidas nos projetos e na execução de fundações em diversos tipos de edificações (edifícios, pontes, etc.). Destaca-se que essa norma se apoia em outras que também estabelecem normas relacionadas ao concreto, como a NBR 6118, que trata sobre os projetos de concreto simples, armado e protendido e a NBR 9062, que trata sobre estruturas de concreto pré-moldado⁴.

- NBR 67/1998: essa se trata de uma norma MERCOSUL (NM), ou seja, faz parte do esforço de normatização comum dos países membros do

³ Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/images/pdf/historia-abnt.pdf>>

⁴ Para a aplicação da NBR 6122 ainda há outras normas complementares além das citadas no texto. São: NBR 6484, NBR 9820, NBR 9604, NBR 9603, NBR 9061, NBR 7190, NBR 8800, NBR 6502, NBR 6489. E, sobre os métodos de ensaio, devem ser consultadas as NBRs 10905, 12069, 12131 e 13208.

MERCOSUL⁵. Essa norma determina a consistência do concreto fresco, apontando um método específico (por meio da medição de seu assentamento, tanto na obra quanto em laboratório).

- NBR 12655/2006: essa norma se aplica especificamente ao concreto de cimento Portland “para estruturas moldadas na obra, estruturas pré-moldadas e componentes estruturais pré-fabricados para edificações e estruturas de engenharia” (ABNT, 2006).

Para que as edificações sejam seguras e duráveis é preciso, dentre outras coisas, assegurar o uso de materiais adequados. Para que os materiais tenham o correto desempenho, devem cumprir requisitos mínimos no controle de qualidade. Para isso servem as NBRs, que, no caso do concreto, estabelecem condições básicas para que o material possa ser aplicado na construção civil. Por meio das NBRs também são determinados ensaios de controle e aceitação.

Sabendo que nem sempre as NBRs são cumpridas, e a partir do caso de patologias de concreto, questiona-se: qual a importância do controle de qualidade (ensaios) para a construção civil? Especificamente, destacamos como os ensaios podem atuar como medida de prevenção às patologias do concreto. Lembrando que para a realização dos ensaios também existem normas estabelecidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

2.3 ENSAIOS PARA CONTROLE DAS PATOLOGIAS DO CONCRETO

Os ensaios para o concreto previstos nas NBRs servem, também, para testar e prevenir manifestações patológicas.

Na maioria dos casos, o cumprimento às normas poderia evitar ou desacelerar consideravelmente os mecanismos de degradação de estruturas (doenças). O cumprimento às normas é obrigatório, não só para atender o Código de Defesa do Consumidor (vide artigo nº 39 do Código de Defesa do Consumidor), mas também com a finalidade de orientar os profissionais para as melhores práticas, evitando assim, a ocorrência desses problemas. (FRANÇA et al, 2011, p.06).

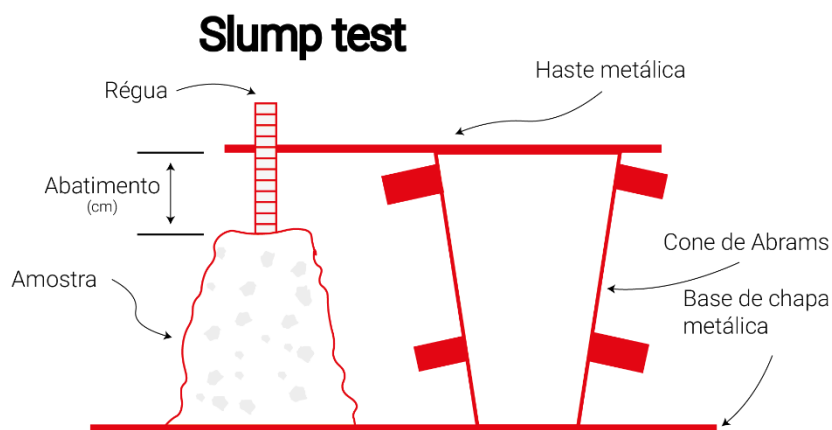
É acordo na literatura utilizada para realizar esse artigo que, como diria o ditado, “é melhor prevenir do que remediar”, ou seja, o controle de qualidade do

⁵ O Comitê MERCOSUL de Normalização (CMN) é responsável por elaborar normas em comum, esse comitê é formado pelos Organismos Nacionais de Normalização de cada país membro do acordo, como, no caso do Brasil, a ABNT.

concreto – realizado por meio de ensaios – é a melhor maneira de garantir seu melhor desempenho. O bom desempenho do concreto evita que hajam patologias, pelo menos às relacionadas especificamente ao material. Desse modo, economiza-se com futuros custos de manutenção. Listaremos abaixo os principais ensaios realizados para controle de qualidade do concreto.

Os ensaios podem ser realizados tanto no local da obra quanto em laboratórios. O slump test, ou teste de abatimento do concreto é realizado na própria obra. O caminhão betoneira descarrega aproximadamente de 0,5m³ à 1,0m³ do concreto, em seguida, o moldador transporta o concreto do carrinho de mão para dentro do cone. O cone é preenchido em três camadas, em cada camada é dada uma série de 25 golpes uniformemente com a haste metálica sem atingir a camada de baixo. Em seguida, retira-se o excesso de concreto da superfície e em 12 segundos o cone é retirado, sobrando apenas o concreto sobre a prancha. O cone é colocado invertido sobre a prancha ao lado do concreto. Com a haste metálica e uma régua ou trena é feita a medição do slump.

Figura 1- Slump test

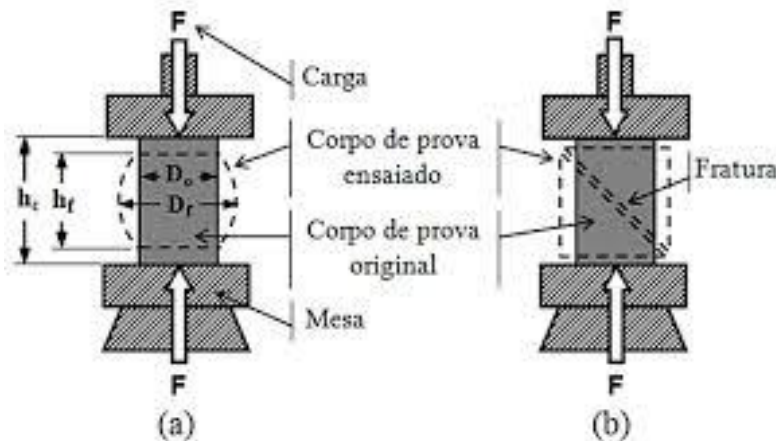


Fonte: <https://prefabricar.com.br/concreto-na-construcao-civil-controle-de-qualidade/>. 2020.

Outro ensaio de bastante relevância de ser realizado é o ensaio de ruptura ou ensaio de compressão. Esse ocorre no laboratório, utilizando os corpos de prova, os quais são moldados de acordo com a NBR 537/2015. Os corpos de prova, já endurecidos, são levados à uma câmara úmida com temperatura de 23+/-2-°C para que sejam curados até a data de ruptura. Antes da ruptura, os corpos de prova

passam por uma retificação, para que as cargas aplicadas sejam recebidas uniformemente. São aplicadas cargas em Kn (kilonewton). Por meio de cálculos de $F/\text{área}$, chega-se aos resultados com a unidade Mpa (Mega Pascal). Os resultados são apresentados num certificado assinado pelo engenheiro responsável e entregue ao cliente

Figura 2 Ensaio de ruptura



Fonte: <https://biopdi.com.br/artigos/ensaio-de-compressao>. 2020.

Quando o resultado do ensaio de ruptura não atinge a resistência requerida no projeto, pode-se optar pela realização de outro tipo de ensaio, como a extração de testemunhos cilíndricos. Nesse ensaio, o objetivo é retirar uma amostra diretamente do local de aplicação do concreto com uma perfuratriz extratora e realizar um novo rompimento dessa amostra.

Há, ainda, o ensaio de absorção, que serve para medir o quanto o bloco de concreto absorve de água. Esse ensaio ocorre de acordo com a NBR 9778. Os corpos de provas moldados – são necessárias três amostras para a realização do ensaio. Após período na estufa, as amostras são submersas em água a temperatura ambiente por 72 horas. Após esse período, é realizada a pesagem na balança hidrostática e realizado o cálculo da absorção do concreto. Esse ensaio é realizado como meio de evitar infiltrações na obra, evitando, por consequência, prejuízos na resistência final.

Foram citados alguns ensaios do concreto, mas existem muitos outros. A existência dos ensaios é crucial, pois podem garantir que a vida útil de uma construção seja maior de acordo com, dentre outras coisas, a qualidade do material

utilizado. Sabendo que as obras de reforço ou restauração são, em muitos casos, bastante dispendiosas, e que nem sempre resolvem de forma definitiva a manifestação patológica, é relevante que se façam estudos sobre a importância do controle de qualidade para evitar tais problemas.

3. CONCLUSÃO

A execução de ensaios para o controle de qualidade dos materiais, especificamente do concreto, nem sempre é levada em consideração em muitas obras, tanto pelo custo quanto pela falta de compreensão. Mas, a partir do demonstrado, percebe-se que os ensaios (principalmente os citados neste artigo, como os ensaios de ruptura, absorção e slump test) permitem compreender o funcionamento do material (concreto) em diversas situações (com determinada compressão ou submersão). A compreensão do funcionamento do material faz com que seja possível prever possíveis patologias que ele pode apresentar, antecipando, então, qualquer necessidade de manutenção.

Sabe-se que o custo para a realização de um controle rígido de edificação não passa de 2% do valor total da obra. Esse controle permite que haja conhecimento sobre determinado material, conhecimento que é importante para controle do desempenho do mesmo. O investimento feito para o controle de qualidade do concreto – realizado por meio de ensaios - pode evitar uma série de problemas futuros que podem ocorrer quando os materiais não têm um desempenho adequado. Os ensaios citados mostraram que o controle de qualidade pode detectar problemas no concreto e corrigi-los.

1) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ARIVABENE, A. C. Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso.

Revista on-line IPOG Especialize. Dez/2015.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

FRANÇA, A. A. V.; MARCONDES, C. G. N.; ROCHA, F. C.; MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. R. L. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

GOMES, R. A, SANTOS, F. F. S. Estudo de patologias em reservatório de concreto armado. **Anais VIII SIMPAC** - Volume 8 - n. 1 - Viçosa-MG - jan. - dez. 2016.

GONÇALVES, E. A. B. Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. **Monografia** (Engenharia Civil). Rio de Janeiro. UFRJ. Escola Politécnica. 2015.

MARTINS, N., PESSOA, R., NASCIMENTO, R. Priorização na resolução de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: método GUT. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicadas**. V. 2, n. 3, 2017.

SABBATINI, F.H. et al. Vedações Verticais. **Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

SILVA, D. V. S. R., SOBRINHO, C. W. P. Procedimento e tratamento para evitar fissuras nas ligações entre alvenaria e estrutura de concreto armado - Um estudo de caso. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicadas**. V. 3, n. 1, 2016.