

Reforço de paredes estruturais pré-existentes empregando grauteamento: Estudo de caso

Érica Thaís da Silva Militão Muniz; Larissa Rodrigues de Farias; Letícia Godoy Alfredo; Henrique Arcenio Abrantes.

Orientador: Dr. Dimas Alan Strauss Rambo

Resumo:

Sendo um dos métodos de construção mais antigos aplicados na sociedade, a alvenaria estrutural segue presente nos diferentes tipos de obras, localidades e padrões. Dentre suas características, a principal trata-se em resistir aos esforços estruturais solicitados da edificação, pelo conjunto de blocos, argamassa, graute e armadura, substituindo os pilares e vigas utilizados na alvenaria convencional. Apesar de uma série de cuidados necessários regulamentados por norma (ABNT NBR 16868:2020) para que sua execução e finalização sejam de qualidade, a alvenaria estrutural caminha paralelamente ao custo-benefício estudado e otimizado no decorrer de sua utilização pelo nicho da construção civil. O não cumprimento das orientações estabelecidas levam ao deterioramento da estrutura da edificação, fazendo-se indispensável soluções que atendam por completo à necessidade posta. Diante disto, apresenta-se neste trabalho o acompanhamento do processo de grauteamento utilizado como reforço de paredes estruturais pré-existentes de um edifício, solução empregada devido à solicitação tardia do controle tecnológico em obra. A identificação dos pontos críticos, preparação das paredes e do graute, o processo de aplicação do mesmo e sua análise termográfica, a reexecução e reparo dos serviços danificados, foram pontos abordados a fim de exemplificar os principais desafios encontrados para a recuperação estrutural deste edifício e mostram que o método de grauteamento, como reforço, demonstra eficiência, apesar de exigir abordagens flexíveis e soluções criativas afim de solucionar possíveis imprevistos, além de evidenciar a relevância do acompanhamento e controle tecnológico durante todo o processo executivo da alvenaria estrutural de uma obra.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural, controle tecnológico, reforço, grauteamento, análise termográfica.

Case study on strengthening pre-existing structural walls using grouting.

Abstract:

As one of the oldest construction methods applied in society, structural masonry continues to be present in different types of works, locations and standards. Among its characteristics, the main one is to resist the structural efforts required of the building, by the set of blocks, mortar, grout and reinforcement, replacing the pillars and beams used in conventional masonry. Despite a series of necessary precautions regulated by standard (ABNT NBR 16868:2020) so that its execution and completion are of quality, structural masonry goes hand in hand with the cost-benefit studied and optimized during its use in the civil construction niche. Failure to comply with the established guidelines leads to the deterioration of the building's structure, making solutions that completely meet the posed need essential. In view of this, this work presents the monitoring of the grouting process used to reinforce pre-existing structural walls of a building, a solution used due to the late request for technological control on site. The identification of critical points, preparation of the walls and grout, the application process and its thermographic analysis, the re-execution and repair of damaged services, were points addressed in order to exemplify the main challenges encountered for the structural recovery of this building and show that the grouting method, as reinforcement, demonstrates efficiency, despite requiring flexible approaches and creative solutions in order to resolve possible unforeseen events, in addition to highlighting the relevance of monitoring and technological control throughout the executive process of the structural masonry of a project.

Keywords: Structural masonry, technological control, reinforcement, grouting, thermographic analysis.

1. Introdução

Sendo um pó aglomerante de cor cinza, composto de cimento, agregados minerais, aditivos químicos não tóxicos e fluido, o graute desempenha diversas funções, como o grauteamento de blocos em alvenaria estrutural, preenchimento de pilaretes, canaletas, cintas de amarração, vergas, contra vergas, fixação de placas e portões, além de pequenos reparos em pisos de concreto. Recomenda-se também para corrigir defeitos em estruturas de concreto. (YAZIGI, 2021)

Ao escolher o graute adequado, é fundamental considerar resistências inicial e final, a carga prevista, a quantidade de água na mistura, a temperatura da superfície a ser grauteada e o tempo decorrido após a mistura com água. Ainda segundo Yazigi (2021), as propriedades do graute viabilizam o preenchimento eficiente de espaços restritos devido à sua alta fluidez, dispensando o uso de vibradores para compactação, alcançando a distribuição uniforme das cargas.

Apesar de relativamente simples, este processo demanda um projeto elaborado de maneira minuciosa, incluindo os locais de reforço estrutural, a capacitação da equipe, qualidade dos materiais, fiscalização adequada do serviço, bem como, uma série de cuidados durante a execução a fim de garantir a qualidade e a resistência objetivada. De acordo com Silva (2020), falhas no processo de execução do grauteamento podem acarretar o surgimento de patologias, como a segregação do material, gerando prejuízos econômicos e à segurança da estrutura.

Neste contexto, no empreendimento usado como estudo, não foi realizada a execução e o acompanhamento correto referente ao controle tecnológico, em função disto, este estudo tem por objetivo mapear o processo de grauteamento de paredes estruturais pré-existentes no mesmo, a fim de identificar os principais desafios envolvidos.

1.1 Justificativa

Sabendo-se que é de extrema importância o seguimento das Normas Regulamentadoras aplicadas no país a fim de que as edificações entregues à sociedade sejam de qualidade e atinjam o grau de segurança esperado, é incabível que ocorram deslizos no sistema construtivo de alvenaria estrutural.

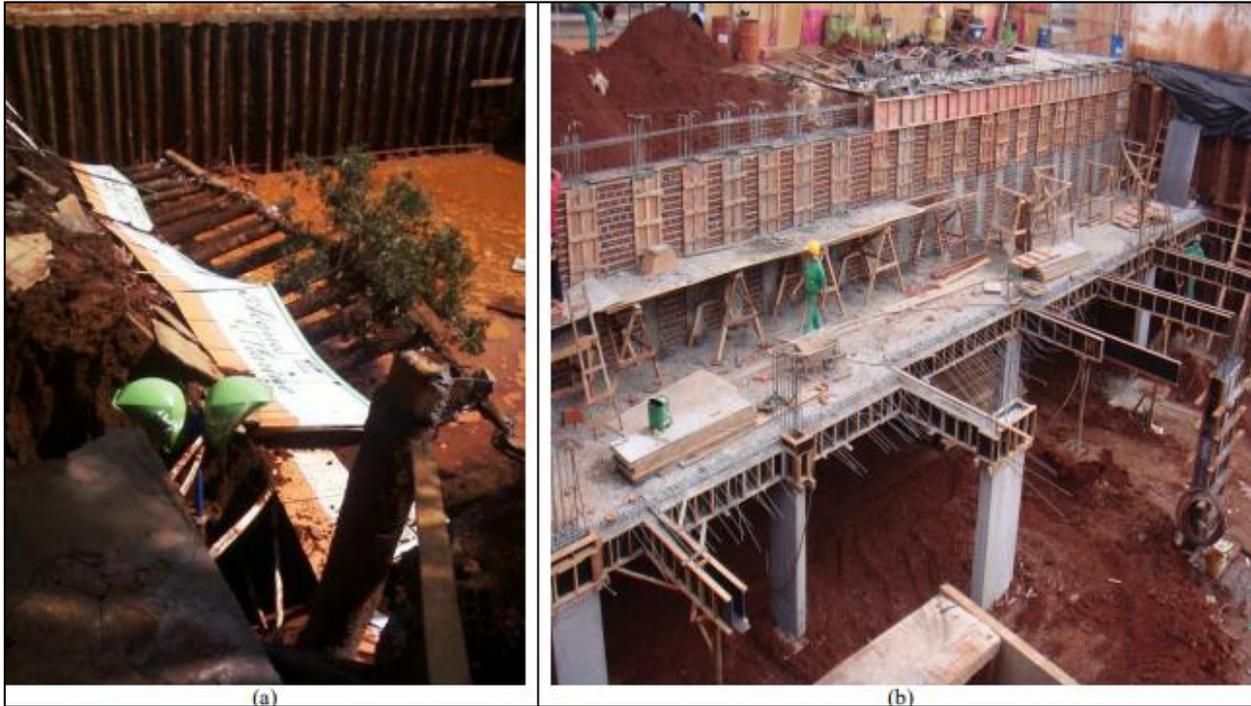
Como exemplo, é possível citar o incidente relatado pela Revista Tecnológica (2009, p. 91-101), quando uma cortina de estacas em concreto armado desabou após chuvas intensas, derrubando uma faixa de calçamento de uma avenida comercial, em abril de 2009, na cidade de Maringá - PR.

A estrutura colapsou devido à escavação excessiva, atingindo uma altura de 6,25 m em vez dos 2,80 m recomendados pelo engenheiro (ver Figura 1). Fatores como segregação do concreto, falta de aderência na armadura, espaçamento irregular das estacas e acúmulo de água de chuva agravaram o problema.

As consequências incluíram desvalorização imobiliária, queda nas vendas, mudanças no transporte público e tráfego urbano, aumento da insegurança na comunidade e questionamentos sobre a eficiência do sistema de drenagem urbana.

Mediante ao exposto, este estudo é válido uma vez que lança luz sobre o processo de grauteamento de paredes estruturais e suas complexidades práticas.

Figura 1 – (a) Ruína de cortina de estacas no subsolo de edifício em construção e (b) Cortina reconstruída para liberação de tráfego em rua adjacente.



Fonte: Revista Tecnológica (2009)

1.2 Objetivos (geral e específicos)

1.2.1 Objetivo geral

Mapear o processo de grauteamento de paredes estruturais pré-existentes de um edifício a fim de identificar os principais desafios envolvidos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as regiões a serem grauteadas;
- Mapear o processo do grauteamento;
- Acompanhar e descrever a análise termográfica das paredes grauteadas;
- Identificar os principais desafios relacionados ao processo de grauteamento para reforço de paredes pré-existentes e suas respectivas soluções.

2. Revisão Bibliográfica

No Brasil, por volta do final da década de 1960, a alvenaria estrutural, que até então era denominada como “resistente”, surgiu como uma técnica de construção baseada apenas no conhecimento empírico, trazida das experiências populares. A observação do comportamento global das antigas construções proporcionou uma evolução técnico-científica para este método, tornando possível seu progresso até os dias atuais. (MOHAMAD, 2020).

O sistema construtivo em questão possui inúmeras vantagens por conta da simplificação das técnicas executivas e racionalização dos materiais, tornando-se mais econômico. Além disso, tem-se consagrado no país como solução para construção de habitações de interesse popular, da classe média e de construtoras, permitindo um menor tempo de construção, comparada à alvenaria convencional, apesar de exigir uma mão-de-obra mais atenciosa (MIRANDA, 2012).

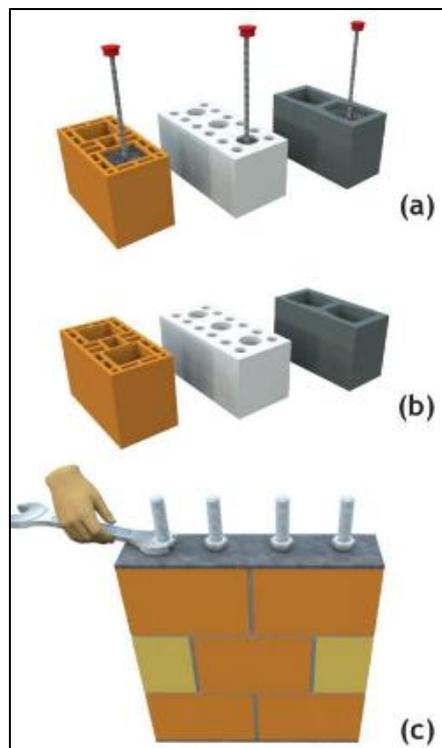
2.1 Alvenaria estrutural

2.1.1 Definições

Para Mohamad (2020), a alvenaria estrutural trata-se de um sistema construtivo feito basicamente de bloco e argamassa tendo garantia assegurada devido à rigidez da edificação por conta das técnicas de amarrações entre paredes onde a ação do vento é predominante. Sendo assim, a resistência das paredes torna-se superior às tensões das ações aplicadas, tanto vertical, quanto horizontalmente.

Em suma, existem três definições para a alvenaria estrutural (ver Figura 2). Na alvenaria armada faz-se o uso de armaduras passivas com a finalidade de resistir aos esforços, já na alvenaria não armada não existe essa opção pela falta das mesmas. Há também a alvenaria protendida, onde são utilizadas armaduras ativas (MOHAMAD, 2018).

Figura 2 – Exemplos de alvenaria armada (a), alvenaria não armada (b) e alvenaria protendida (c).



Fonte: MOHAMAD (2018)

De acordo com Roman et al. (1999 apud BLIND, 2018), a alvenaria estrutural refere-se a um processo construtivo cujas paredes resistem às cargas, substituindo pilares e vigas

usados no sistema convencional (concreto armado, aço ou madeira). Blind acrescenta que os autores acentuam a exigência do projetista em diferenciar o sistema construtivo da alvenaria estrutural da alvenaria convencional.

Para Salgado (2014), a alvenaria estrutural consiste em um sistema construtivo da qual a alvenaria tem como finalidade suportar os esforços estruturais da edificação e, a principal condição para este, compete aos blocos ou unidades padronizadas (modulados na vertical e na horizontal) de modo que seja eficaz e seguro.

Para Mazer (2007 apud BLIND, 2018), entende-se que a alvenaria estrutural é classificada nas seguintes formas:

- Alvenaria estrutural armada: onde os elementos resistentes são o conjunto de armaduras passivas de aço postas nos vazios dos blocos com graute;
- Alvenaria estrutural não armada: onde o elemento resistente é somente o bloco;
- Alvenaria estrutural protendida: onde há a presença de armaduras ativas (protendidas);
- Alvenaria estrutural parcialmente armada: onde partes do elemento estrutural possuem armaduras passivas e outras não.

Além disso, é destacado que em todas as formas existe vergalhões de aço nas amarrações entre paredes para evitar patologias.

Para Sipp (2019), a alvenaria armada, onde barras de aço são colocadas no interior dos blocos e unidos por meio do graute, foi um avanço fundamental para que os elementos da alvenaria resistissem aos esforços à tração. O mesmo ressalta que o desempenho desse conjunto deve ser dimensionado de maneira adequada.

2.1.2 Critérios básicos para a concepção do projeto

O projeto e a produção de uma edificação em alvenaria estrutural devem passar por etapas que vão desde um estudo preliminar até aspectos como a adaptação da concepção ao limite de modulação, escolha do tipo de unidade, tipo de laje, posicionamento das instalações, detalhamentos das paredes, especificação dos acabamentos, esquadrias, controle de materiais, componentes e elementos estruturais e definição do projeto executivo compatibilizado (MOHAMAD, 2020, p. 111).

Para que um projeto obtenha racionalidade na fase de execução da obra e tenha maior produtividade é necessário detalhamento, o que é pouco aplicado, segundo Salgado (2014). O mesmo indica a previsão de itens importantes no detalhamento de projeto, como: o tipo de sistema construtivo e o elemento para a concepção; projeto de modulação; dimensão de vãos; locação das instalações elétricas e hidráulicas; detalhamentos construtivos gerais e detalhes específicos dos materiais usados; instrução do processo de execução para o erguimento das paredes.

“Assim, as decisões de projetos devem ser coerentes com os níveis de qualidade previstos, fato este que provocará resultados compatíveis com a expectativa. Caso contrário, obter-se-á um produto deficiente ou antieconômico para à classe qual se destina.” (MOHAMAD, 2020, p. 112).

2.1.3 Bloco de concreto

Para o levantamento de uma alvenaria no sistema construtivo estrutural, são utilizados blocos estruturais como o principal elemento e são responsáveis pela resistência à compressão, segundo Camacho (2006 apud BLIND, 2018).

Tijolos de barro ou sílico-calcários, blocos cerâmicos, bloco de concreto ou concreto celular, são, segundo Salgado (2014), elementos com características específicas e de diferentes aplicações utilizados para a execução de uma alvenaria. De modo geral, é desafiador aos projetistas especificar e potencializar a combinação de diferentes materiais que tornam a alvenaria de função estrutural, como blocos, argamassas, grautes e armaduras, opina Mohamad (2020).

Os blocos representam de 80 % a 95 % do volume da alvenaria, assumindo um papel fundamental em muitas das características da parede como precisão dimensional, estética, resistência à compressão, estabilidade, resistência ao fogo e penetração de chuvas, isolamento térmico e acústico. Junto com a argamassa, os blocos são fundamentais para a resistência à tração, cisalhamento e durabilidade da construção sendo, dessa forma, componentes essenciais da alvenaria (PARSEKIAN, 2012). (BLIND, 2018, p. 20).

“Os blocos de concreto começaram a entrar no mercado brasileiro no início da década de 1970. Seus materiais constituintes são: areia, pedra, cimento, água e aditivos para aumentar a coesão da mistura ainda fresca” (MOHAMAD, 2020, p. 119).

Segundo a ABNT NBR 6136 (2016), os blocos de concreto simples devem ser classificados, em “classe A” quando usado com função estrutural, acima ou abaixo do nível do solo, “classe B” quando usado com função estrutural, acima do nível do solo e, “classe C” quando usado com ou sem função estrutural, acima do nível do solo. Esse elemento possui uma gama de resistência à compressão variável de 3 MPa a 20 MPa, podendo ainda ter valor superior. Em relação às classes A e B, a resistência característica mínima é de 4,0 MPa.

Mohamad (2016) destaca que a inspeção dos lotes fornecidos deve conferir se os blocos são de mesmas características, fabricante, condições e materiais, cabendo ao fabricante documentar todas as informações pertinentes, como data de fabricação, identificação do lote produzido na fábrica (com limite de um dia de produção), a resistência característica, dimensões nominais e classe do bloco.

Tendo diferentes funções, tipos, tamanhos e modulações (7,5 cm, 10 cm, 12,5 cm, 15 cm e 20 cm), os blocos de concreto precisam ser definidos entre fornecedor e cliente, de acordo com o projeto de modulação, respeitando às tolerâncias estabelecidas pela ABNT NBR 6136 (2016). Os mesmos devem ser vazados nas faces superior e inferior, tratando-se do bloco de concreto simples, para a aplicação de graute e embutimento de instalações, com área líquida inferior ou igual a 75 % da área bruta. No caso dos blocos estruturais canaleta, possui uma de suas faces vazadas, e tem a função de racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas. Há também o bloco estrutural compensador, usado para ajuste de modulação, os chamados “meio-blocos” por Salgado (2014), a fim de evitar cortes na execução de uma parede. Ainda segundo a norma citada, o bloco de concreto deve ter aspecto homogêneo, compacto, com arestas vivas, livres de trincas e outras imperfeições.

Além da realização dos ensaios de resistência a compressão, análise dimensional e área líquida, é necessário também analisar a absorção de água, retração linear por secagem e permeabilidade do bloco de concreto, orientados por norma (ABNT NBR 6136:2016):

- Em relação à absorção de água dos blocos: se a densidade do bloco for maior, a mesma terá uma menor taxa, logo, são inversamente desproporcionais. Tanto um, quanto o outro influenciam a construção, isolamento térmico e acústico, porosidade,

pintura, aparência e a qualidade da argamassa. Os blocos de concreto de classes A, B e C, com agregado de densidade normal, necessitam de uma taxa de absorção menor ou igual a 8 %, 9 % e 10 %, respectivamente. Para os constituintes de agregado leve, a taxa é menor ou igual a 13 % (valor médio) ou 16 % (valor individual);

- Sobre a retração na secagem do bloco de concreto: se inferiores a 0,065 %, estabelecida em norma, pode ser desprezada. Trata-se da quantidade de água excedente usada para preparar o bloco, que, quando evaporada, reduz o volume do mesmo.

2.2 Graute

Tomando como foco o graute como elemento essencial para a alvenaria estrutural armada, segundo a NBR 16868-1, pode-se defini-lo como um material cimentício fluído, utilizado para preencher os vazios da alvenaria, a fim de unir as armaduras à alvenaria ou aumentar a sua resistência (ABNT, 2020). O graute é frequentemente utilizado na construção civil, seja para fins de reparos ou como elemento de reforço nas estruturas. (LOPES, 2018).

Com base nas citações de Mohamad (2020), Lopes (2018), e Logullo (2006), é possível traçar algumas análises em relação à definição e às propriedades do graute. Todos os autores expõem que o graute é utilizado para preenchimento de vazios em blocos, aumentando a resistência à compressão da parede e solidarizando as ferragens à alvenaria, também existe um consenso sobre a importância do graute como material de enchimento e reforço estrutural em zonas de concentração de tensões.

A ideia de que o graute pode ser utilizado como um fluido autoadensável é comum nas definições apresentadas por Mohamad (2020) e Lopes (2018). Há um entendimento compartilhado de que a fluidez do graute é crucial para preencher os furos dos blocos sem segregação, conforme mencionado por Logullo (2006).

Enquanto Mohamad (2020) destaca a capacidade do graute em aumentar a resistência à compressão e solidarizar ferragens, Lopes (2018) se concentra mais na mistura adequada dos materiais para obter um fluido autoadensável e aderente.

Tula et al. (2002 apud LOPES, 2018), atribuem ao graute uma vantagem em relação ao concreto comum com aditivo plastificante, destacando a facilidade de preenchimento de vazios com armaduras e a baixa permeabilidade.

Ao reunir essas perspectivas, percebemos que há uma base comum em termos de aplicação e propriedades essenciais do graute, mas as ênfases e detalhes específicos podem variar entre os autores. Essas divergências podem ser atribuídas a diferentes abordagens ou contextos de uso nas propriedades do material.

2.2.1 Composição e propriedades

Segundo Mohamad (2020), o graute para a alvenaria tem como composição a mistura de cimento e agregado, com módulo de finura por volta de 4 (para areias grossas). Apesar da mistura ser a mesma do concreto convencional, diferem-se na relação de água e cimento e, no tamanho do agregado graúdo, que é mais fino, tendo passagem completa na peneira de 12,5 mm.

A ABNT NBR 16868-1 (2020), menciona que a resistência da alvenaria influenciada pelo graute deve ser verificada em laboratório, nas condições de sua utilização, e sugere que a resistência característica mínima do graute deve ser de 15 MPa. Além disso, a influência

do graute a compressão deve ser ensaiada em prismas, pequenas paredes ou paredes, da mesma forma em que serão aplicados na edificação. As principais propriedades do graute nos estados fresco e endurecido, segundo esta norma são:

- A consistência: onde, simultaneamente, a mistura deve ser coesa e fluida suficiente para preencher todos os furos dos blocos;
- A estabilidade volumétrica: onde a retração não possa ocasionar a separação entre o graute e as paredes internas dos blocos;
- A resistência à compressão: somada a resistência à compressão do graute, as propriedades mecânicas dos blocos e da argamassa, definirão as características à compressão da alvenaria.

2.2.2 Graute para reforço

De acordo com Yazigi (2021), utilizado tanto internamente quanto externamente, o graute pode ter a finalidade de grauteamento de blocos em alvenaria estrutural, preenchimento de pilaretes, canaletas, cintas de amarração, vergas, contra vergas, fixação de placas e portões e pequenos reparos em pisos de concreto, por exemplo. Além disso, é recomendado para reparar defeitos e falhas em estruturas de concreto, pois, devido à sua alta fluidez, alcança locais de difícil acesso. As resistências inicial e final juntamente com a liberação da carga prevista sobre o mesmo devem ser levadas em consideração para a escolha do graute a ser aplicado, a quantidade de água na mistura, a temperatura da superfície a ser grauteada e o tempo passado depois da mistura com a água.

Mohamad (2020) destaca o grauteamento como a técnica mais usada para reforço de estruturas de alvenaria estrutural como incremento de resistência a compressão, à flexão ou ao cisalhamento das paredes. “Consiste no preenchimento de furos verticais dos blocos vazados, ao longo de toda a altura da parede, com graute e barras de aço, que são devidamente ancoradas, criando pequenos pilares, inseridos nas paredes” (MOHAMAD, 2020, p. 301). O autor também acrescenta que a presença desses pilaretes nas paredes torna-as rígidas, ponto a ser considerado ao escolher a técnica, além da dificuldade da execução da mesma em estruturas já construídas.

2.2.3 Aplicações e cuidados

Usualmente fornecido em sacos plásticos de 25 kg, o graute tem validade de seis meses a contar da data de fabricação. Deve ser armazenado em local seco e arejado, sobre estrado, em pilhas com no máximo 1,5 m de altura e em embalagem original fechada, instrui Yazigi (2021).

Segundo Yazigi (2021), sendo um pó aglomerante de cor cinza, composto de cimento, agregados minerais, aditivos químicos não tóxicos e fluido, o graute, deve ter seu conteúdo preparado em uma masseira limpa e armazenado em estanque protegido de sol, chuva e vento, próximo ao local de lançamento. Já em consistência semelhante ao concreto, deve-se misturar um saco de 25 kg de graute, aos poucos, com cerca do 2,25 L de água limpa. Já para uma consistência mais fluida, deve-se misturar o graute com 2,75 L de água. Quando a mistura for para uma maior quantidade, deve ser feita mecanicamente (betoneira) entre 3 min e 4 min. A autora recomenda proteger a aplicação para áreas externas durante 3 dias.

3. Estudo de caso e metodologia empregada

Este trabalho consiste em um estudo de caso, caracterizado pelo acompanhamento e análise do processo de reparo de paredes pré-existentes de um edifício em construção localizado na cidade de São Paulo, o qual necessitava com urgência de reforços estruturais após identificação de resultados “abaixo do esperado” nos testes de controle tecnológico da obra.

Por motivo de sigilo, nem o local de construção, nem nenhuma das partes envolvidas no projeto (construtora, empresa contratada para controle tecnológico, etc.) foram aqui nomeadas. Em suma, trata-se de um edifício de cerca de 20 andares já pronto cujo controle tecnológico dos blocos foram realizados tardiamente, acusando baixa resistência dos prismas, não atendendo as especificações do projeto. A solução proposta foi a do grauteamento de aproximadamente 800 pontos (vazados de blocos) ao longo dos 4 primeiros andares do edifício.

A metodologia do estudo consistiu no acompanhamento de todas as etapas associadas ao processo de grauteamento das paredes pré-existentes dos pavimentos especificados no projeto de reforço estrutural.

3.1 Identificação de regiões deficientes em termos de resistência

Como posto anteriormente, de acordo com o projetista do edifício, os 4 primeiros andares da edificação deveriam ter pontos de paredes grauteados. Os pontos a serem reforçados foram estudados cuidadosamente pelos profissionais da área e repassados para a equipe de execução. Novamente, por motivo de sigilo, não serão aqui apresentadas “plantas” nem quaisquer documentos os quais possam permitir a identificação da edificação em estudo.

3.2 Mapeamento do processo do grauteamento

3.2.1 Marcação dos furos

Após a análise e aprovação dos pontos a serem reforçados, foi necessário realizar a marcação exata, “em planta”, dos furos a serem executados e preenchidos com graute. Tal etapa foi feita de acordo com as medidas dadas em projeto e repassadas em obra com a ajuda de trena, laser, régua e lápis, a fim de que a marcação final fosse concisa.

3.2.2 Perfuração, inspeção, limpeza e molhagem dos furos

Após a marcação, foi iniciada a perfuração dos pontos com o auxílio de uma esmerilhadeira, para que o corte fosse mais preciso e apenas na parede do bloco a ser quebrado. Feito isso, com o suporte de um endoscópio (ver Figura 3) foi realizada a inspeção em todo o comprimento da parede a fim de verificar se haviam bloqueios que pudessem interferir no lançamento do graute no decorrer dos pontos necessitados. Após a desobstrução destes, mais uma inspeção era feita e, então a limpeza efetiva das passagens poderiam ser executadas, dentre elas, a retirada dos entulhos e lavagem interna.

Figura 3 – Bloqueio parcial observado com endoscópio.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.2.3 Montagem e instalação dos cachimbos

Os cachimbos eram montados com a madeira descartada em obra (compensados), com pregos e recortados de acordo com a dimensão dos furos. Tinham um padrão de dimensão, já que os furos também eram quase sempre do mesmo tamanho, devido aos seus limites. A instalação dos cachimbos foi realizada com um pedaço de vergalhão introduzido internamente no furo, no qual era amarrado e centralizado o cachimbo, com sua “boca” virada para cima (ver Figura 4). A remoção do material que sobressaia perante a face da parede após concretagem do cachimbo, era realizada no dia posterior com auxílio de um rompedor.

Figura 4 – Exemplo de cachimbo usado na obra.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.3 Mapeamento das etapas de preparação e aplicação do graute

O graute possui como característica específica a “retração 0”, ou seja, não apresenta contração. Para esta obra específica, vários grautes foram testados nos quesitos “retração/expansão, resistência, segregação, fluidez, tempo de pega, etc”, sendo optado por fim, por uma mistura de um graute tradicional de alta resistência somado a um “mix” de aditivos específicos. O estudo e os aditivos foram indicados por empresa especializada, com larga experiência no estudo de materiais cimentícios.

Foi utilizada para a produção do graute uma betoneira de 400 litros (ver Figura 5), a qual era abastecida com 10 sacos de graute, de 25 kg cada, somado a água e aditivos. A dosagem no local foi realizada com balança (precisão de 20 g) pela equipe da empresa contratada para controle tecnológico e acompanhamento. A amostragem, nesta obra, foi “total”, sendo coletadas 6 amostras cilíndricas de compressão para idades de 3 e 28 dias. Na obra foi criado um local apropriado para a armazenagem destes corpos de prova por ~12 h antes da cura em câmara úmida, conforme registrado na Figura 6.

Figura 5 – Produção do graute, utilizando o equipamento betoneira de 400 L.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 6 – Corpos de prova armazenados em obra antes da desforma.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Cada lote de graute teve cronometrado seu tempo útil de aplicação, sendo descartado após os limites estabelecidos pelo fabricante.

A aplicação do graute era realizada inicialmente em meia parede (1,4 m) e após, aproximadamente 40 min, o material era aplicado na parte superior da mesma. Assim, com a primeira conferência dos furos abaixo do superior, o último era completado. O lançamento foi realizado com equipamento rudimentar, consistindo em canos de 150 mm de diâmetro com tampa em uma das extremidades.

A resistência de graute solicitada pelo projetista foi de 30 MPa aos 28 dias. Dados obtidos diretamente da empresa de controle tecnológico para cerca de 7 lotes estudados revelaram que a resistência atingida aos 28 dias variou de 39,1 MPa a 50,2 MPa (ver Tabela 1). Resistências em idades inferiores (1 dia ou 2 e 3 dias) também foram realizadas. Idades de 2 e 3 dias eram empregadas devido a concretagens feitas em dias frios, que tornavam difícil retificação do graute com 1 dia.

Tabela 1 – Resistências obtidas em 7 lotes

Lote	CP	Densidade (kg/m ³)	Resistência (MPa)	Resistência aos 28d (MPa)
L01	CP1	3540,90	29,184	46,6
	CP2	3519,30	28,194	
L02	CP1	3507,80	31,517	45,0
	CP2	3491,50	26,142	
L03	CP1	3434,60	23,732	42,4
	CP2	3407,00	27,343	
L04	CP1	3384,70	28,848	39,1
	CP2	3374,90	27,288	
L05	CP1	3485,20	27,756	42,9
	CP2	3488,90	26,657	
L06	CP1	3483,20	25,490	46,2
	CP2	3368,30	28,220	
L07	CP1	3594,60	24,294	50,2
	CP2	3539,00	22,266	

Fonte: Adaptado de material fornecido para estudo de caso (2023)

3.4 Análise termográfica de paredes grauteadas

O acompanhamento termográfico das paredes pré-existentes grauteadas foi feito com o uso a câmera térmica *TOPDON TC001 - TCVIEW* (ver Figura 7). Este procedimento consistiu em basicamente ser feito 1 dia após o grauteamento dos pontos necessitados, logo pela manhã. O principal objetivo deste procedimento consiste em mapear defeitos, ou nichos (vazios) que possam ter ficado nas paredes durante o grauteamento. Como a reação do cimento com água é exotérmica, espera-se que haja maior temperatura nas zonas grauteadas em relação ao restante da parede. No caso de nichos, esta elevação de temperatura não ocorre.

Figura 7 – Câmera térmica TOPDON TC001 - TCVIEW

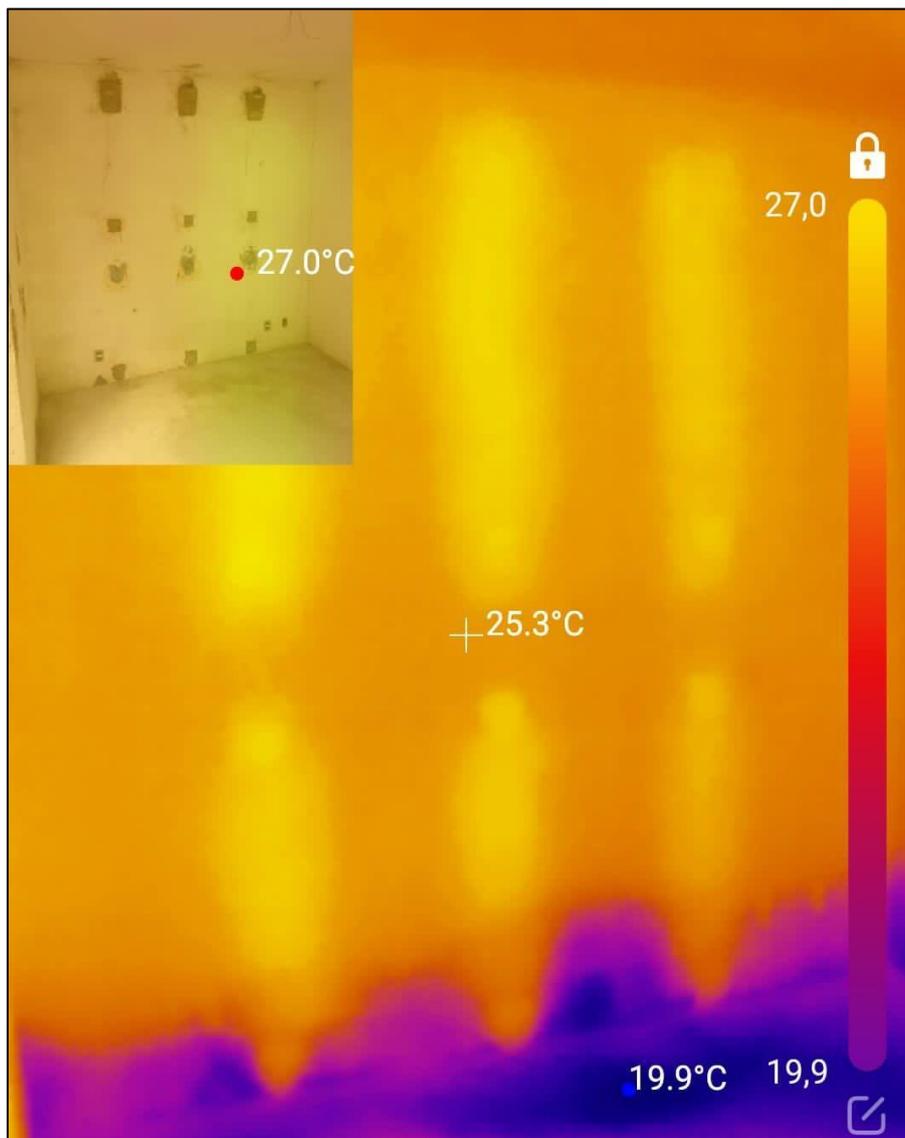


Fonte: TCVIEW (2023)

Segundo o acompanhamento realizado pelos profissionais da empresa de controle tecnológico com a câmera termográfica, o grauteamento para reforço nas paredes pré-existentes identificou apenas um nicho não preenchido. O reparo foi realizado imediatamente no dia da identificação. Mediante ao fato, é possível concluir que o processo de execução dos reforços foi realizado corretamente, contribuindo para a sua eficácia.

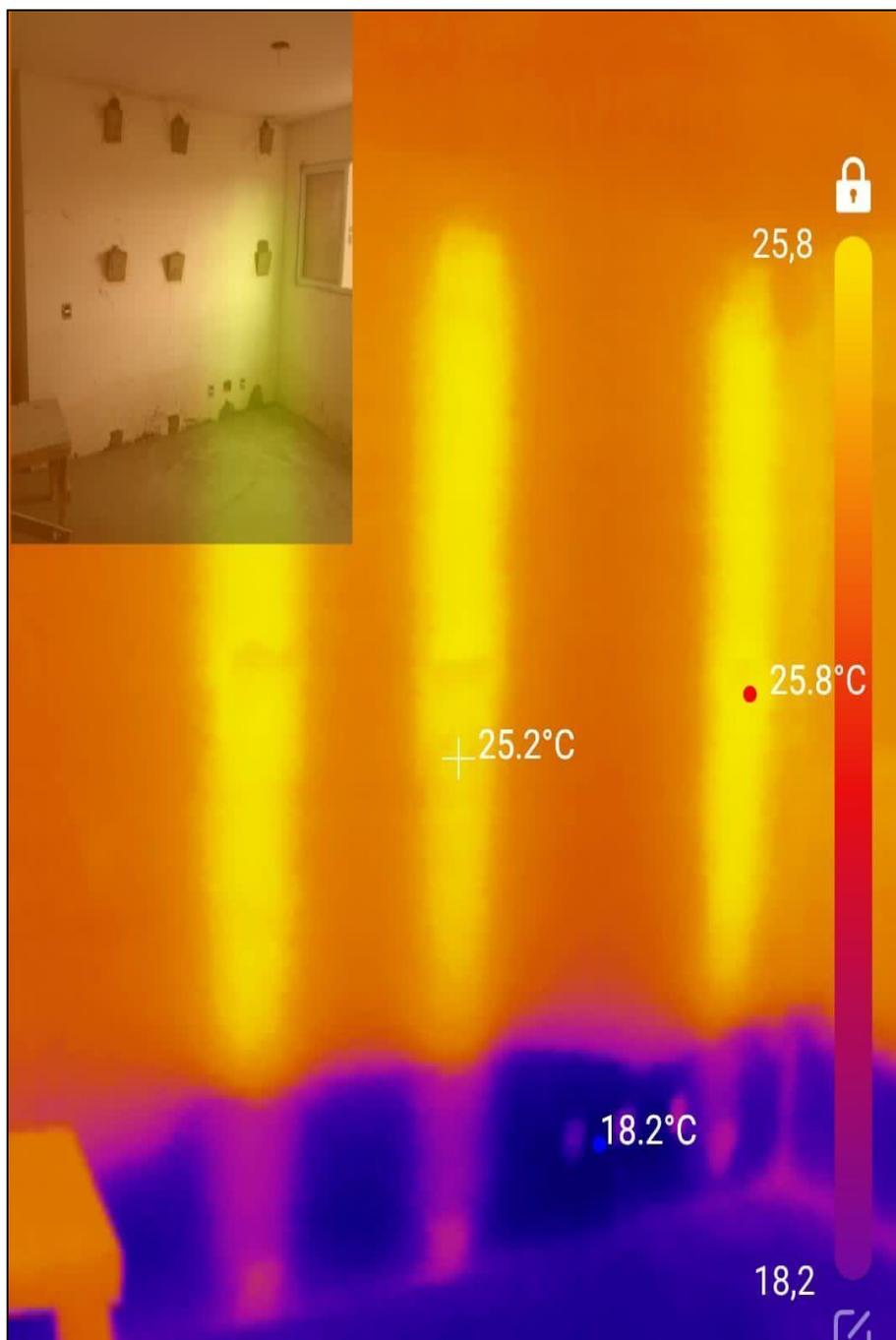
Compreende-se que as regiões mais amareladas registradas pela câmera termográfica indicam mais calor, no acompanhamento feito 1 dia após o grauteamento, pela manhã, das paredes das figuras a seguir, é possível perceber, na figura 8, a quebra da continuidade da mancha vertical mais amarela por conta da existência de uma viga na região mediana da parede. Já na figura 9, como não há viga, há uma faixa vertical contínua amarela (zona de maior temperatura). Ambas as imagens apresentam como resultado o preenchimento total dos vazios com o graute.

Figura 8 – Graute em parede com viga de meia altura.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 9 – Graute em parede sem viga.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.5 Principais desafios relacionados ao processo de grauteamento para reforço de paredes pré-existentes

3.5.1 Marcação dos furos

Por tratar-se do grauteamento de aproximadamente 800 pontos, houveram erros de marcação destes esporadicamente (ver Figuras 10, 11 e 12). Além disso, mesmo com a marcação correta solicitada em projeto, alguns pontos coincidiram com os pontos de instalações elétricas e tiveram de ser realocados (ver Figura 13).

Figura 10 – Marcação de ponto de graute feita incorretamente.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 11 – Furo superior esquerdo já estava preenchido com concreto da viga. Furo inferior esquerdo executado corretamente. Furo superior direito executado erroneamente.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 12 – Furos do lado esquerdo preenchidos com concreto, pois foram executados incorretamente.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 13 – Furos errados sobre a linha da parte elétrica.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.5.2 Desobstrução e limpeza dos furos

Nos casos em que ocorreram os bloqueios mais complexos impedindo a execução da limpeza dos pontos, foi empregado um rompedor, pois apenas a ajuda de um vergalhão não era capaz da desobstrução do local (ver Figura 14). A ideia se mostrou interessante, uma vez que não demandava o corte de uma grande área da lateral do bloco.

Figura 14 – Furo feito por rompedor para a desobstrução de bloqueios mais rígidos.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.5.3 Montagem e instalação dos cachimbos

Pelo fato do grauteamento ser em toda a altura da parede, os forros ou sancas de gesso que coincidiam com os pontos a serem grauteados foram danificados para que a execução do reforço fosse feita corretamente (ver Figura 15). Os danos nas paredes, revestimentos de piso e aberturas (portas e janelas), também foram inevitáveis, pois os apartamentos já se encontravam praticamente concluídos (ver Figura 16). Vale ressaltar que os pontos mais

altos deveriam ter certa distância suficiente entre cachimbo e teto, pois se muito próximos a inserção do graute pelo cachimbo seria inacessível.

Figura 15 – Sanca de gesso e acabamento da parede danificados para execução do reforço com graute.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Figura 16 – Sanca de gesso, acabamento da parede e revestimento de piso danificados para execução do reforço com graute.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

Para que o graute inserido nos pontos mais altos da parede não vazasse pelos furos dos pontos abaixo, foi necessário o isolamento dos cachimbos medianos (de altura próxima a 1,4 m) feito com o aproveitamento do próprio saco do graute e arame, conforme Figura 17. Em muitos casos, até a tubulação presente nas sancas de gesso teve que ser desparafusada e reposicionada para que o graute pudesse ser lançado adequadamente, gerando ainda mais transtornos.

Figura 17 – Cachimbos reforçados com o próprio saco do graute fixados com arame para o bloqueio da saída do graute inserido no furo de cima.



Fonte: Material fornecido para estudo de caso (2023)

3.5.4 Preparação e armazenagem do graute

Por se tratar de uma obra pronta, foi incabível locar uma betoneira grande nos locais próximos aos pontos a serem grauteados, pois os outros serviços, como o de instalações elétricas e pintura, estavam sendo executados paralelamente ainda nos pavimentos. Sendo assim, foi utilizada a betoneira de 400 L.

A obra realizou a amostragem “total”, o que ocasionou a moldagem de muitos corpos de prova por dia, gerando certo transtorno para identificação e necessidade de um local apropriado para armazenamento.

5. Considerações Finais

O emprego do graute como solução para reforço em paredes estruturais pré-existentes consistiu em um cauteloso estudo para a seleção estratégica dos pontos de reforço, o que demonstra uma abordagem detalhada na identificação de áreas críticas em termos de resistência, priorizando a segurança estrutural.

Além disso, a utilização de instrumentos precisos auxiliaram na marcação dos pontos, tal qual o uso de técnicas avançadas, como a utilização de um endoscópio, contribuíram na preparação dos furos. A produção de cachimbos personalizados e a instalação precisa destes, também destacam a abordagem técnica na fase de preparação.

Em relação à escolha criteriosa da mistura de graute, aliada ao controle tecnológico rigoroso, ressalta-se a preocupação e o comprometimento com padrões elevados de qualidade, resistência e desempenho do mesmo.

O acompanhamento termográfico, técnica adotada também considerada avançada, revelou apenas um nicho não preenchido nas paredes grauteadas, validando a eficácia do grauteamento como método de reforço estrutural, frisando a confiabilidade do processo.

Em relação aos desafios encontrados no processo de execução do grauteamento, nas ocorrências esporádicas de erros na marcação, destaca-se a importância de conferências regulares nessa etapa. Já nos casos de realocação de pontos coincidentes com instalações, destaca-se a flexibilidade necessária durante a execução. A utilização de um rompedor em casos de bloqueios complexos revela uma abordagem eficaz diante das obstruções inesperadas, garantindo a limpeza adequada dos pontos de intervenção. Os danos inevitáveis, como em forros e sancas de gesso e revestimentos, bem como a necessidade de isolamento de cachimbos para evitar vazamentos, ressaltam a complexidade da execução em ambientes já construídos. Apesar das limitações no espaço, a escolha da betoneira de 400 litros, reforça a adaptação prática à realidade do local, assim como a ocorrência de transtornos logísticos devido a amostragem total, não impediram a realização do controle tecnológico feito com êxito.

Em conjunto, essas considerações apontam para a eficiência do método de grauteamento, embora também destaquem a necessidade de abordagens flexíveis diante de desafios inerentes à execução em ambientes já construídos, exigindo adaptações e soluções criativas para superar imprevistos.

Mediante ao exposto, juntamente com os resultados obtidos no presente estudo, é possível inferir a extrema relevância do planejamento e controle tecnológico dos processos executivos da alvenaria estrutural, a fim de detectar, imediatamente, possíveis não conformidades que possam ser a causa de incidentes e/ou patologias verificadas na estrutura, uma vez que a mesma, quando adequadamente projetada e construída, dificilmente chegará à ruína de maneira frágil, ou seja, manifestará fissuras, trincas, rachaduras, dentre outras patologias que possibilitam suspeitar de seu estado de fragilidade.

Objetivando o atendimento da capacidade de suporte da estrutura, como solução e/ou procedimento inicial, o grauteamento apresentou-se como um processo amplamente utilizado, por suas propriedades e resultados satisfatórios para reforço estrutural, garantindo consistência, agilidade, proteção e resistência extra, além de permitir qualidade

no acabamento e redução do uso de água paralelamente ao aumento de desempenho do projeto executado.

6. Referências Bibliográficas

Livro

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural: especificação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16868-1: Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16868-2: Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2020b.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**, 2. ed. ampliada e revisada conforme a NBR 16868/2020. São Paulo: Ed. Blucher, 2020.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas: da implantação ao acabamento** 1. ed. São Paulo: Ed. Érica, 2014.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10 ed. rev. e atual. São Paulo, Ed. PINI, 2009.

Monografia, dissertação e tese

BLIND, André Haluche. **Avaliação da situação da alvenaria estrutural no Brasil**. Curitiba, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

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

LOPES, João Manuel Paiva. **Caracterização de grautes disponíveis para utilização nas obras da cidade do Natal – RN**. Natal, 2018. Artigo Científico (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MIRANDA, L. A. **Estudo do efeito do não preenchimento das juntas verticais e eficiência do graute na resistência da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. São Carlos, 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

SILVA, Plínio M. L. **Patologias em alvenaria estrutural**. Varginha, 2020 (Graduação) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

SIPP, Gustavo. **Avaliação do comportamento de aderência entre blocos cerâmicos e grautes**. São Carlos, 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos.

Site

SIKA Brasil. **Graute cimentício de alta resistência**. Disponível em: <<https://bra.sika.com/pt/construcao/grautes/grautecementiciodealtaresistencia.html>>. Acesso em: 6 nov. 2023.

Artigo de periódico

ENAMI, M. Rodrigo. **Artigo 08 – Sobre os acidentes estruturais recentes ocorridos na cidade de Maringá – PR. Revista Tecnológica**, Paraná, v. 18, p. 91-101, 2009.

SANTIAGO, L. R.; PORCINO, V. M. S; FILHO, N. R. S. **Patologias na alvenaria estrutural de blocos de concreto. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Salvador, Ano 03, Ed. 09, v. 2, p.7 0-93, 2018.