



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS REGO DE QUEIROZ

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO MICROCONCRETO
PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS.**

PAU DOS FERROS

2020

LUCAS REGO DE QUEIROZ

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO MICROCONCRETO
PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Dr. Rafaely Angelica Fonseca Bandeira

Co-orientador: Profa. Ma. Fabíola Luana Maia Rocha

PAU DOS FERROS

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

QQ3a Queiroz, Lucas Rego de .
 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO
 MICROCONCRETO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS. / Lucas
 Rego de Queiroz. - 2020.
 42 f. : il.

 Orientadora: Rafaely Angelica Fonseca
Bandeira.
 Coorientadora: Fabíola Luana Maia Rocha.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

 1. Microconcreto. 2. graute . 3. Reforço
 estrutural. I. Bandeira, Rafaely Angelica Fonseca
 , orient. II. Rocha, Fabíola Luana Maia , co-
 orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUCAS REGO DE QUEIROZ

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO MICROCONCRETO
PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Dr. Rafaely Angelica Fonseca Bandeira

Co-orientador: Profa. Ma. Fabíola Luana Maia Rocha

Defendida em: 09 / 12 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafaely Angélica Fonseca Bandeira
Presidente

Prof. Ma. Fabíola Luana Maia Rocha
Membro Examinador

Prof. Esp. José Henrique Maciel de Queiroz
Membro Examinador

*Aos meus avôs Martiniano e Antônio e
as minhas Avós Raimunda e Nilza, que
contribuíram no meu crescimento e hoje me
iluminam onde quer que estejam.*

*À Lindalva e José por estarem
comigo em todos os momentos da minha
caminhada.*

*À minhas irmãs Clecia, Cristina e
Ana pelos incentivos e apoio em minhas
decisões.*

*Sem vocês eu não teria chegado
esta conquista. E por isto dedico-lhes com amor
e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, que sempre me proporcionou não tudo que eu queria e sim tudo que eu precisava e em nenhum momento me abandonou nesta dura batalha.

Agradecer aos meus pais Lindalva e José, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus objetivos e me apoiaram em tudo que estava ao alcance deles. Especialmente minha mãe que sempre fez o possível e o impossível para me ver bem.

As minhas irmãs Clecia, Cristina e Ana por tudo que fizeram por mim para que eu pudesse alcançar meus objetivos, todas as ajudas, os conselhos e todos os incentivos, muito obrigado.

A minha orientadora, Rafaely Angélica por toda a paciência e dedicação a profissão que executa com tanto esplendor, minha gratidão não somente da orientação, mas de todas as conversas, os momentos em sala de aula, extensão e pesquisa que pude conviver ao seu lado, tu és brilhante.

A minha coorientadora Fabiola Luana, a qual sempre deixei clara minha admiração como profissional e como pessoa, obrigado por ser sempre essa pessoa atenciosa, dedicada, compreensiva e acima de tudo justa, o mundo precisa de mais profissionais como você.

A todo o corpo docente da UFERSA, como responsáveis por toda a bagagem de conhecimento técnico que eu possuo hoje, bem como as experiências de vida que me fizeram evoluir quanto pessoa.

Agradecer também a Verônica Aquino e Naiara Pinheiro com quem convivi quase diariamente no meu período de estágio e que desenvolvi um grande carinho e admiração, sou grato por todos os conselhos, as conversas, os momentos de descontração e principalmente por acreditarem em mim e me incentivarem sempre.

Aos meus amigos proporcionados no âmbito da UFERSA, os que me suportaram nos momentos de estresse, nos trabalhos em grupo, nos momentos de desespero 15 minutos antes das provas, nos diálogos construtivos sobre as realidades da vida, enfim, por isso e muito mais sou grato a Samilly Nobre, Bianca Bezerra, Alyson William, Heloisa Andrade, Analine Ferreira, Cleto Rodrigues, Maria Kauana, Daniel Belarmino, João Italo, Socorro Queiroz, Ana Dália, Shirley Santana, Aline Augusta, Gerlania Cajuaieiro, Liliane Chaves, Lilian Magalhaes, Felipe Carvalho, Rayane Mikaely, Rita Alves, Valeska e todos os tantos outros que pude conviver no âmbito da UFERSA.

Agradecer aos meus amigos fora da universidade que mesmo me achando meio louco as vezes, me mantêm por perto e me dão carinho e muita atenção, e mais ainda me incentivam

a correr atrás dos meus sonhos abrindo meus olhos para realidades que as vezes sozinho não conseguiria enxergar, entre estes Ketley Nohara, Vanessa Oliveira, Amanda Beatriz, Eliane Candido, Sabrina Joyce, Beatriz Pessoa, Adriano Pessoa, Itálicia Soares, Beatriz Dantas, Vanessa Amália, Viviane Lima, Eduardo Aquino, Samuel Queiroz, Ana Augusta, Joserlândia Galdino, Leandro Queiroz, Josefa Maria, Flavia Cajueiro, Mariana Cajueiro, Maria Ribeiro, Miguel Lopes, Michel Uchoa, Neide Ribeiro, Maria Leticia, Gizele Gonçalves, Paloma Carvalho, Brenda Carvalho, Daniela Silva, Roziel Alves, Josemir Batista e todos as outras pessoas com que convivo e que têm importância na minha vida, meu muito obrigado por tudo.

Nenhuma grande vitória é possível sem que tenha sido precedida de pequenas vitórias sobre nós mesmos.

- L. M. Leonov

RESUMO

As estruturas que encontramos no nosso cotidiano estão expostas a diversas situações que podem vir a comprometer a sua estabilidade e assim comprometer a sua vida útil, as patologias como são chamadas, reduzem capacidade resistente das estruturas. Para revitalizar as estruturas tem-se como alternativa o reforço estrutural, que já é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, com o passar do tempo cresce a busca por materiais que apresentem um bom desempenho para realização dos reforços e assim surge o microconcreto que trata-se de uma espécie de concreto em que não é empregado o uso de agregados graúdos, e por isto apresenta diversas características que fazem com que este seja um material que apresenta viabilidade técnica para algumas aplicações de reforços em diferentes estruturas encontradas. Diante disto o trabalho a partir de uma pesquisa de caráter bibliográfico busca encontrar os materiais na base científica sobre este tema, de forma analisar as formas de reforço com microconcreto que já foram estudadas por pesquisadores brasileiros e estrangeiros, além de todos os procedimentos e características técnicas a este material. Observou-se uma pequena quantidade de trabalhos de cunho científico a cerca do tema, que não permite a comparação dos resultados específicos, mas nos resultados encontrados é notável a viabilidade da técnica do uso do microconcreto para realizar reforços em estruturas.

Palavras-chave: Microconcreto, Graute, Reforço estrutural

ABSTRACT

The structures we encounter in our daily lives are exposed to several situations that may compromise their stability and thus compromise their useful life, the pathologies as they are called, reduce the structures' resistant capacity. In order to revitalize the structures, structural reinforcement is an alternative, which is already standardized by the Brazilian Association of Technical Norms. As time goes by, the search for materials that perform well for reinforcement grows and thus the microconcrete that comes up it is a kind of concrete in which the use of coarse aggregates is not used, and for this reason it presents several characteristics that make it a material that presents technical viability for some reinforcement applications in different structures found. Given this, the work based on a bibliographic research seeks to find the materials in the scientific base on this topic, in order to analyze the forms of reinforcement with microconcrete that have already been studied by Brazilian and foreign researchers, in addition to all the procedures and entistic characteristics. to this stuff. There was a small amount of scientific work on the topic, which does not allow the comparison of specific results, but in the results found, the viability of the technique of using the microconcrete to reinforce structures is remarkable.

Keyword: Microconcrete, Groute, Structural reinforcement

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Componentes do concreto e do microconcreto	18
Figura 2	–	Gráfico da relação a/c apresentado por Abrams.....	23
Figura 3	–	Processo de Execução de construção em Alvenaria Estrutural	34
Figura 4	–	Viga com patologias que deverá ser reforçada	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Classificação das Argamassas de Reparo/reforços Quanto ao preparo, Aplicação e Profundidade do Sistema de Reparo.....	32
----------	---	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c – Relação água-cimento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CP – Corpo de Prova

NBR -Norma Brasileira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	17
3	REVISÃO TEÓRICA.....	18
3.1	CONCETO <i>VERSUS</i> MICROCONCRETO.....	18
3.1.1	O microconcreto.....	19
3.1.2	Microconcreto Estrutural.....	19
3.2	CONTROLE TECNOLÓGICO	20
3.2.1	Água de amassamento	21
3.2.2	Aditivos.....	23
3.3	MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	24
3.3.1	Reforço Estrutural	25
3.3.2	Reforço Estrutural com Microconcreto.....	26
3.4	NORMALIZAÇÃO.....	28
4	METODOLOGIA.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	REFORÇO DE ESTRUTURA EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	34
5.2	VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO POR ENCAMISAMENTO.	35
5.3	REFORÇO DE SISTEMA ESTRUTURAL COM CORROSÃO DAS ARMADURAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO	36
5.4	REFORÇO ESTRUTURAL PELO AUMENTO DE SEÇÃO TRANSVERSAL.	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6.1	PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o homem busca abrigos, de forma a se proteger dos perigos e de ter condições de vida mais agradáveis, com isto a cada dia que passa este vem desenvolvendo estruturas mais elaboradas e para as mais diversas aplicações. Com esta vasta necessidade ocorreu o aumento no número de edificações que ocasiona a construção de edifícios nos mais diferentes regiões e tipos de solos, por exemplo, ficando expostas a ações e intemperes, que com o passar do tempo podem vir a causar patologias nas edificações e até mesmo comprometer seu uso.

Quanto à patologia das construções pode ser considerada como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas e origens dos vícios construtivos que ocorrem na construção de edificações (DO CARMO, 2003). Desta forma a partir do estudo dos problemas que podem surgir nas edificações, pode-se elaborar ações preventivas para novas edificações, bem como ações corretivas para os problemas já existentes como forma de aumentar a vida útil da edificação.

Pelo fato da existência das obras que já perduravam por muito tempo e ainda se apresentarem em um bom estado de conservação o concreto foi considerado por muito tempo como um material extremamente durável. Entretanto como apresentam Brandão e Pinheiro (1999), a incidência da deterioração precoce de estruturas recentes remete aos porquês das patologias do concreto, que são responsáveis por sua deterioração e resultantes de uma somatória de fatores.

Quanto a estes fatores podem ser citados os erros de projeto e da execução deste, o uso de materiais inadequados, mau uso da obra, agressividade do ambiente que ela está inserida e a falta ou insuficiência de manutenção e controle de qualidade na construção da edificação (BRANDÃO E PINHEIRO, 1999).

Segundo Gonçalves (2015), para se ter noção dos serviços de recuperação ou de reforço de estruturas de concreto depende da análise precisa das causas e do estudo detalhado dos efeitos produzidos. A partir destes dois pontos, é possível definir a técnica adequada, que inclui seleção dos materiais e equipamentos a serem empregados e mesmo da mão de obra necessária para a execução do serviço. Além disto os serviços de reforço requerem sempre a prévia elaboração de trabalhos de cálculo estrutural, sejam estes serviços derivados de necessidade de alteração na funcionalidade da estrutura ou como consequência de danificação sofrida pela estrutura.

Assim diante dos materiais que podem ser utilizados para a realização do reforço estrutural pode-se citar o microconcreto, que é um concreto que não possui na sua constituição agregados graúdos, acerca disto Marcelli (2007) apresenta que o microconcreto é bastante utilizado para reparos estruturais por possuir boa fluidez, compacidade, uniformidade e não apresenta uma grande retração e é auto adensável. Diante da possível utilização deste material surgiram diversos estudos que visam comprovar a viabilidade técnica diante de instrumentos científicos.

Com a existência de diversas pesquisas sobre a técnica da utilização do microconcreto estrutural para realização do reforço estrutural, surge na literatura uma grande massa de materiais de escopo científico, mas que se encontram por sua vez dispersos entre si, já que a maioria destes estudos são realizados por entidades diferentes.

Com a dispersão dos resultados, mesmo que na maioria deles resultados positivos ainda não se pode chegar a conclusões concretas e nesse escopo a análise agrupada dos resultados seria eficaz, pois possibilitará uma visão mais ampla do conteúdo testado em diferentes situações e estudados algumas vezes com propósitos mais amplos, ou seja, saindo de uma realidade específica, gerando uma realidade mais generalista sobre a utilização do microconcreto estrutural como material para realização do reforço estrutural.

Desta forma este trabalho busca unificar os estudos relacionados a utilização do microconcreto estrutural como material para realização do reforço estrutural a partir da literatura disponível, relacionando os trabalhos de forma a comparar resultados e informações sobre o tema abordado.

2 OBJETIVOS

Tomando a situação problema que encontramos, buscamos a partir da pesquisa atingir os seguintes objetivos:

❖ GERAL

Realizar revisão literária acerca do uso do microconcreto estrutural como viabilidade técnica para realização de reforços estruturais.

❖ ESPECÍFICOS

- Realizar um mapeamento dos trabalhos escritos sobre o tema;
- Analisar a literatura que apresente estudos onde os resultados encontrados tenham um grau de similaridade;
- Apresentar tecnologias alternativas apresentando o uso de reforço estrutural com o graute;
- Identificar possíveis trabalhos que ainda não foram realizados, mas que apresentam importância para comprovação da viabilidade e eficiência da técnica.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 CONCRETO *VERSUS* MICROCONCRETO

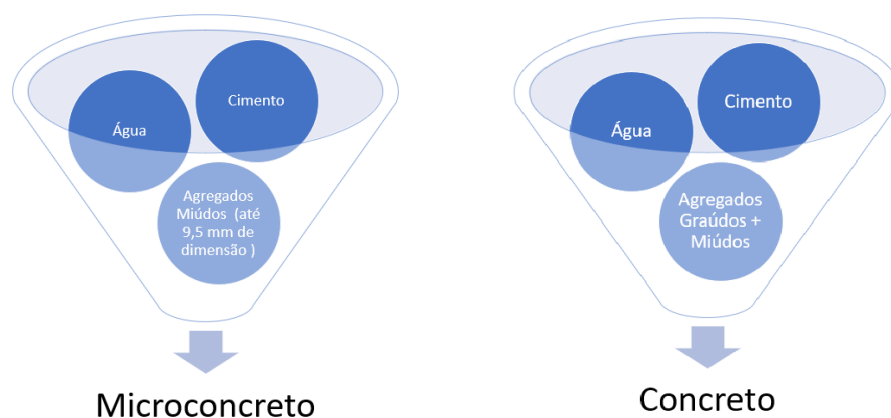
Segundo Carvalho (2014) o concreto é um material composto por água, cimento e agregados, em que os agregados podem ser divididos em agregados graúdos e agregados miúdos. O cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados.

De acordo com Araújo (2003) o concreto pode se adequar aos mais diversos tipos de obras e suas necessidades, para isso, se deve variar sua composição e utilizar aditivos que incorporem características únicas ao concreto.

Já microconcreto pode ser definido como um concreto de alto desempenho proporcionado com agregados miúdos, cujo tamanho das partículas é de até 9,5 mm (FELEKOGLU, 2007)

Como podemos ver a figura 01, ilustra os componentes do concreto e do microconcreto de acordo com as definições apresentadas anteriormente, de forma a facilitar o entendimento e a comparação destes dois termos.

Figura 01- Componentes do concreto e do microconcreto



Fonte: Autor (2020)

3.1.1 O Microconcreto

O conceito de microconcreto engloba várias misturas que podem ser classificadas com este nome, dentre elas têm-se o graute, as argamassas estruturais e as argamassas armadas. É importante deixar claro que o agregado graúdo tem influência direta nas propriedades reológicas e mecânicas do concreto, sendo que a inserção de agregados graúdos e de granulometria contínua tende a reduzir o custo do concreto. (ROHDEN, *et al.* 2011).

Por conta das características citadas quando se trata do quesito custo/benefício, os microconcretos são indicados, preferencialmente, em situações que exigem um material com ausência de agregados graúdos, como é o caso de reparos, peças delgadas, elementos densamente armados ou peças pré-moldadas de pequena espessura. (ROHDEN, 2011, *et al.*).

Por apresentar diversas características positivas quanto ao uso na construção civil, além das já citadas, existem outras aplicações como as apresentadas por Silva et al. (2018), onde este pode ser utilizado na produção de concretos moldados in loco, na constituição de peças pré-moldadas e na realização de reforços e recuperação de elementos estruturais.

3.1.2 Microconcreto Estrutural

A evolução tecnológica da construção desencadeia o desenvolvimento dos produtos e processos tecnológicos. Esse avanço na tecnologia do concreto resultou na obtenção de concretos mais resistentes e duráveis, sendo que, usados em elementos estruturais possibilitam a redução das seções transversais, gerando economia de material e redução de custos (CAMPOS, 2002). Diante dos concretos desenvolvidos pode-se citar o microconcreto estrutural, que se fundamenta nas mesmas características do microconcreto, mas neste ainda podem ser adicionados aditivos para que este possa chegar as características desejadas, como aumento da resistência, por exemplo.

Felekoglu (2007) aponta a possibilidade de variação que os microconcretos possuem quanto a dimensão máxima característica (DMC) de acordo com objetivo da aplicação ou da pesquisa, contudo, tendo o conjunto de agregados maior superfície específica, o volume de pasta demandado é maior para envolver os agregados (em comparação a concretos plásticos usuais), o que propicia, em geral, misturas mais plásticas e de maior trabalhabilidade que facilitam o manuseio dos trabalhadores no momento da realização das atividades.

Baseando-se na ideia de que um microconcreto que pode assumir as características similares as de um concreto convencional, que possui uma quantidade de agregados graúdos em sua composição, além de que este por exatamente não possuir tais agregados graúdos apresentando assim uma melhor trabalhabilidade e a possibilidade de concretos mais plástico, este assume um material com ótimo perfil para realização de reforços estrutural.

3.2 CONTROLE TECNOLÓGICO

Por ser um produto que apresenta uma função de responsabilidade nas construções civis, o concreto precisa passar por um controle de qualidade, principalmente por haver um grande número de variáveis que influenciam nas suas características, relacionados aos materiais e procedimentos para a confecção do mesmo (BAUER, 2019).

No controle tecnológico é analisado se o concreto está correspondendo ao que foi solicitado conforme o pedido, este controle é estabelecido pela ABNT NBR 15146 :2011 - Controle tecnológico de concreto.

A NBR 15146:2011 regulamenta o controle tecnológico dos materiais componentes do concreto, apresentando os ensaios que devem ser efetuados nos materiais que farão parte do concreto. Como sabemos que é praticamente impossível encontrar materiais totalmente isentos de substâncias nocivas, as normas desempenham um papel de fundamental importância, pois nos apresentam os limites de tolerância de todos os elementos de irão compor o material.

De acordo com o Portal do Concreto (2018) além da padronização de dosagens experimentais e dos ensaios que deverão ser executados com os materiais, o Controle Tecnológico do Concreto estabelece que sejam feitos ensaios de amostras retiradas do concreto fresco. Sendo estes ensaios utilizados também como parâmetros para a aceitação do concreto no estado fresco.

Pode-se dizer que o controle de qualidade do concreto acontece durante todo o processo: antes da mistura é realizado o controle tecnológico dos seus materiais constituintes, no recebimento são verificadas as especificações dos materiais constituintes do concreto e das características da mistura ainda fresca e verifica-se as características do concreto endurecido, principalmente a resistência à compressão. (RAMOS, 2014)

Carneiro *et al* (2011) apresentam o microconcreto como mistura com base em cimento, sendo sua principal característica a reação química entre a água e o cimento, que ocorre algumas horas após a mistura e é responsável pela aderência dos materiais e pela resistência adquirida pela estrutura. Neste aspecto a água de amassamento, ou seja, a água utilizada para a confecção

do concreto, se caracteriza como um dos materiais que influenciam diretamente na qualidade do concreto e por tanto devendo apresentar-se dentro dos padrões de qualidade.

3.2.1 Água de amassamento

A NBR 15900:2009 que trata sobre a água para amassamento do concreto, especificando os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto além de apresentar os procedimentos de amostragem que devem ser tomados e os métodos para avaliação dos resultados. Esta norma avalia a água nos seguintes parâmetros:

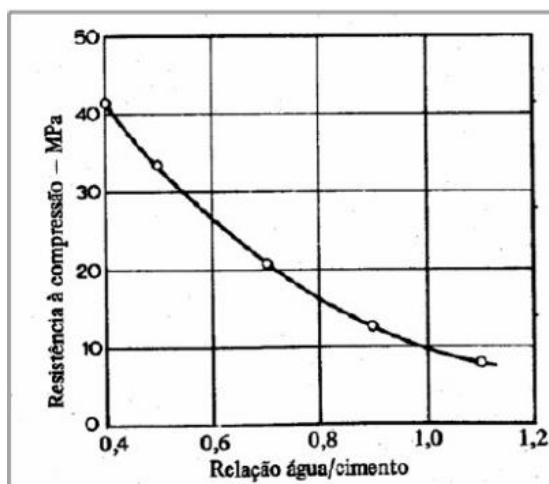
- PH;
- Óleos e gorduras;
- Cor;
- Material sólido;
- Odor;
- Matéria orgânica;
- Cloretos;
- Sulfatos;
- Alcalinidade;
- Substâncias prejudiciais.

Além da qualidade da água, outro fator importante é a relação água cimento (a/c), de acordo com Ramos (2014) esta relação é a proporção entre as quantidades desses dois constituintes, também está especificada no projeto estrutural e trata-se de um limite máximo que deve ser respeitado para que as condições desejadas sejam alcançadas.

A relação a/c está diretamente ligada a resistência do material e sua durabilidade. Ramos (2014) aponta que os estudos mostram quanto maior for essa relação (água/cimento), menor a resistência e maior é a sua durabilidade. Neste aspecto não se deve adicionar água ou outros materiais à mistura após os ensaios do concreto e moldagem de corpos de prova, pois isto acarretará em modificações indiretas na resistência final do concreto.

Em 1919 Abrams em seus trabalhos demonstrou que a resistência do concreto dependia das propriedades da pasta endurecida, as quais eram função do fator água/cimento da mistura, conforme mostra esta relação pode ser observada na figura 02.

Figura 02 – Gráfico da relação a/c apresentado por Abrams



Fonte: Branco, 2012

De acordo com essa análise apresentada por Abrams, foi criada em sua homenagem a Lei de Abrams que apresenta as diretrizes para gerar a curva de correlação do fator água/cimento (a/c) em função de uma dada resistência a compressão do concreto para uma determinada idade.

Ramos (2014) ainda cita que a relação a/c influencia a trabalhabilidade do microconcreto fresco, porém indiretamente. Já que consistência da mistura é influenciada diretamente pela relação entre materiais secos e água. Com necessidade de aumentar a trabalhabilidade sem modificar a resistência do concreto surgem a inserção de outros materiais a mistura que faz ser possível alcançar a trabalhabilidade desejada.

3.2.2 Aditivos

Segundo a ABNT NBR 11768:2011-Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos, aditivo pode ser considerado como sendo o/os produto/s adicionado durante o processo de preparação do concreto convencional com o objetivo de modificar suas propriedades no estado fresco e/ou endurecido.

A NBR 11768:2011 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos, apresenta as características que o concreto irá apresentar após a adição dos aditivos, quanto a essas características alguns deles especificamente tratam do aumento da trabalhabilidade reduzindo a necessidade do aumento da quantidade de água, esta norma caracteriza esses aditivos como sendo:

- Plastificantes: utilizado para diminuir a quantidade de água mantendo a plasticidade (trabalhabilidade) do material e, consequentemente, aumentando sua resistência;
- Superplastificante (tipo I ou tipo II): o efeito é similar ao dos plastificantes, mas o mecanismo responsável é diferente, de maneira que a redução da quantidade de água é muito mais eficiente, mas o efeito dura menos tempo;
- Hiperplastificantes: Aditivo de alta redução de água ou superplastificante tipo II.

Entretanto de acordo com o Portal do concreto (2018) a utilização dos aditivos requer cuidados. Além do prazo de validade e demais precauções que se devem ter com a conservação dos aditivos, um fator que é muito importante é que este seja inserido na mistura no momento certo do processo, a forma de se colocar o produto e a dose exata.

3.3 MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Como se sabe todas as edificações vão ser expostas as ações sejam elas devidas de ações da natureza ou provenientes do uso e ocupação das mesmas, assim alternando a vida útil da edificação, que segundo a NBR 15575, a vida útil pode ser dada como sendo o período de tempo que um edifício atende os níveis de desempenho nas atividades as quais foram projetadas e construídas.

A existência da falta de manutenção ao longo da vida útil da edificação e algumas vezes a insuficiência de controle de qualidade das edificações são situações indesejadas, mas que as construções estão expostas. Além destas os erros humanos podem ocorrer em várias etapas do projeto e/ou construção como: falhas na interpretação da necessidade do cliente, erros durante o preparo da massa e etc. (PIVATTO, 2014).

Outro aspecto que pode ser considerado, por exemplo, são as mudanças na finalidade das edificações frente às necessidades do proprietário ou necessidades de ampliação muitas vezes acarretam em alterações nas cargas solicitantes da estrutura. A partir disto a estrutura pode não estar devidamente preparada para receber os novos esforços solicitantes que por sua vez podem assumir valores maiores. Por fim também é importante ressaltar que todas as estruturas de concreto armado têm uma durabilidade limitada, com uma vida útil projetada, apresentando falhas com o passar do tempo (PIVATTO, 2014).

Outro motivo para a ocorrência da necessidade do reparo estrutural é a agressividade do meio onde está a edificação, o que pode comprometer o correto desempenho dos materiais utilizados com o passar do tempo. Entretanto ainda assim o aumento das cargas destinadas à estrutura, tanto por sobrecarga quanto por mudança da utilização da construção é

frequentemente encontrado e muitas vezes pode acontecer antes mesmo da finalização da obra (MACHADO, 2002).

Pode-se dizer que cada um dos sistemas construtivos e seus componentes possuem características próprias e estes necessitam de atividades de manutenção periódica, ao longo de sua vida útil, definido por um planejamento de gestão, que tem por finalidade garantir níveis aceitáveis de desempenho e de segurança da edificação, de forma a atender às exigências dos seus usuários finais e aumentando a vida útil da edificação. (MONJARDIM, 2017)

Mesmo o concreto sendo considerado por muitos praticamente eterno, desde que tenha manutenção adequada, está sujeito a apresentar manifestações patológicas de intensidade e incidência significativas, prejudicando aspectos estéticos e sua capacidade resistente (HELENE, 1992).

Com isto a ABNT apresenta uma norma específica para organizar o planejamento das atividades relacionadas a manutenção predial, sendo essa a norma ABNT NBR 5674 de 2012 – Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção, esta aponta requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações, de modo a evitar a queda de desempenho devido à depreciação de seus sistemas, equipamento e componentes.

Dentre os procedimentos apresentados na NBR 5674 (2012), para realização da manutenção das edificações tem-se o reforço estrutural, que pode ser realizado com diversos materiais, entre estes o microconcreto.

3.3.1 Reforço estrutural

Para Reis (2001) é importante que inicialmente sejam diferenciados reparo, recuperação e reabilitação que muito comumente não é compreendido, dessa forma reparo pode ser definido como a correção localizada de um problema patológico, diferentemente a recuperação seria correção deste problema com caráter de readequação da utilização de toda a estrutura e já a reabilitação envolve reparos simples e também o reforço.

Quanto ao conceito em si de reforço estrutural autores como Ferrari et al. (2002), caracterizam-no como sendo o conjunto de ações realizadas na construção que tem por objetivo aumentar a capacidade suportada por uma peça estrutural, tanto para lajes, quanto vigas, pilares ou qualquer outro elemento estrutural, recuperando a parte perdida pelas atuações das forças externas sob a edificação.

A partir do momento em que é detectada a necessidade de ampliação da capacidade portante de um elemento estrutural (reforço), deve-se definir a técnica de reforço que mais se adapta às condições arquitetônicas e de utilização inerentes à edificação.

ão onde este elemento estrutural está imerso. (ANDO *et al.*,2012)

No caso por exemplo de reforço a flexão em vigas, Ando et al (2012) apresenta algumas técnicas que podem ser tomadas, quanto a modificações em que não pode ser alterada a arquitetura da peça, sendo esse um dos fatores que pode ser delimitante em algumas situações, as técnicas para essa situação podem ser:

- Reforço pode ser feito com ou sem alteração da seção transversal do elemento estrutural.
- Adição de chapas ou perfis de aço ou folhas;
- Adição de barras de fibra de carbono;
- Um acréscimo de armadura de tração são soluções que não alteram, em demasia, a seção transversal do elemento.

Diante de todos esses processos ainda existe questão do material que vai ser utilizado para a realização do reforço, como por exemplo quando se busca realizar um reforço sem alteração da seção transversal do elemento estrutural.

Sá (2020) apresenta que a inserção de novas técnicas e elementos para reforços de estruturas de concreto que apresentam algum tipo de patologia é uma atividade cada vez mais intensa. As estruturas de concreto armado, como qualquer outro material da construção civil, têm quando da sua idealização, a perspectiva de um determinado tempo de vida útil em função da finalidade e do uso e ocupação.

Para o caso, onde não pode haver alteração da seção transversal, deve-se buscar um material que possa ser inserido na estrutura e que não venha a aumentar as dimensões do mesmo, surge a utilização do microconcreto estrutural, que apresenta na maioria das situações como um material altamente viável por conta de suas características físicas, principalmente.

3.3.2 Reforço estrutural com microconcreto

Segundo Reis (2001), os Microconcretos, em especial o graute têm como principal atrativo a fácil aplicação, a elevada resistência mecânica e a ausência de retração. Estes podem ser utilizados para reparos em geral, inclusive subaquáticos, reforços estruturais, preenchimento de cavidades, bases de equipamentos, ancoragem de chumbadores e injeção de fissuras. Estes são auto nivelantes, com alta fluidez, não retráteis, apresentando altas resistências iniciais e finais, e com demais especificações estabelecidas pelos fabricantes.

Dentre todos os elementos estruturais que compõe as obras em geral, o microconcreto já é utilizado para reforços estruturais, algumas destes elementos podem ser vistos a seguir:

- Reforço de estrutura em alvenaria estrutural:

Um sistema que tem ganhado espaço na construção civil é a alvenaria estrutural, pois como apresenta Santos *et al.*(2017) este é um sistema estrutural com custo inferior ao sistema convencional de concreto armado, já que apresenta uma redução no orçamento devido à retirada de pilares e vigas, custo esse que é maior que o valor que aumentará na execução da alvenaria estrutural, com a adição do graute nos vazados dos blocos com dois objetivos: o primeiro seria proporcionar a integração da armadura com a alvenaria, no caso de alvenaria estrutural armada ou em armaduras apenas de caráter construtivo. No entanto, é necessária a análise de alguns aspectos técnicos e econômicos do projeto para se optar por esse tipo de estrutura, dentre os aspectos, estão à altura do edifício, o modelo arquitetônico e o tipo de uso.

- Vigas de concreto armado reforçadas à flexão:

As vigas são elementos estruturais que fazem parte das edificações, e são responsáveis também por manter o equilíbrio estrutural da edificação resistindo a esforços que podem surgir sobre estas. Elas ficam apoiadas nos pilares acima das paredes, sendo um elemento retangular de concreto e armação de aço que nas residências é inserido para suportar e distribuir o peso da cobertura para os pilares.

O reforço estrutural em vigas consiste no aumento da capacidade resistente do elemento estrutural. As causas da necessidade de reforço em estruturas de concreto armado são variadas, porém as preponderantes dizem respeito às falhas de concepção e execução do projeto. Para o caso de reforço à flexão em vigas de concreto armado, diversas soluções convencionais, com larga experiência de execução e que apresentam resultados confiáveis podem ser utilizadas, entre as quais, citam-se: adição na face tracionada da viga de um novo concreto ou argamassa de elevado desempenho com novas barras de aço longitudinal ou colagem de chapas de aço na superfície da viga, com ou sem a utilização de parafuso (FERRRI *et al.*, 2002).

3.4 NORMALIZAÇÃO

Quanto ao microconcreto, seu preparo e suas aplicações, as estruturas de concreto e seu reforço estrutural, não existe na literatura nenhuma norma específica que apresenta como devem ser realizados os procedimentos e os requisitos mínimos que devem ser alcançados de acordo com a aplicação que este se destina. Entretanto a ABNT apresenta normas que ajudam no direcionamento quanto a realização destes procedimentos como as seguintes normas:

ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, esta norma estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais. Diante do conteúdo presente na norma NBR 6118, já é possível obter os valores de referência quanto a resistência, a trabalhabilidade e outros parâmetros que o microconcreto deve apresentar para que possa ser utilizado nas construções civis, especialmente para realizar os reparos. Além é claro de todos os ensaios que devem ser realizados para que possam ser obtidos estes valores.

ABNT NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais, trata do desempenho de edificações habitacionais e apresenta características indispensáveis de uma obra para o consumidor, com o objetivo de prezar pelo conforto, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil da construção, segurança estrutural e contra incêndios.

A NBR 15575 está assim ligada aos requisitos para que a edificação tenha condições para uso e ocupação. Apresentando para essa situação também os parâmetros que podem ser utilizados para determinação da necessidade dos reforços e como estes podem ser aplicados para aumentar a vida útil da edificação.

ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção - esta norma estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações. A gestão do sistema de manutenção inclui meios para: a) preservar as características originais da edificação; b) prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes. Edificações existentes antes da vigência desta norma devem se adequar ou criar os seus programas de manutenção atendendo ao apresentado nesta Norma. Os anexos desta Norma apresentam exemplos de modelos não restritivos ou exaustivos a serem adaptados em função das características específicas da edificação. Logo o reforço realizado com microconcreto deve atender os requisitos apresentados por esta norma.

ABNT NBR 15146:2011 - Controle tecnológico de concreto - Esta Norma fixa as condições exigíveis para realização do controle tecnológico dos materiais componentes do concreto e também aplicado para os microconcretos.

ABNT NBR 11768:2019 -Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos - Esta Norma especifica os requisitos para os aditivos químicos destinados ao preparo de concreto de cimento Portland e também os aditivos a serem adicionados ao microconcreto.

ABNT NBR 15900:2009 - Água para amassamento do concreto – Em sua sequência de normas esta apresenta os padrões de qualidade exigíveis para a água que será utilizada para preparação do concreto, bem como os ensaios que devem ser realizados e os valores padrão que servirão como critério de comparação para determinação da viabilidade ou não da utilização desta água. Como não existe uma norma específica para microconcreto, este material deve seguir os mesmos padrões apresentados nessa norma.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

O estudo para a realização do trabalho pode ser caracterizado como pesquisa qualitativa de caráter descritivo, que segundo Godoy (1995) são estudos que tem como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico, em que os fenômenos são melhor compreendidos no contexto em que ocorrem e do qual faz parte, em que o próprio indivíduo é a ferramenta para observação, seleção, análise e interpretação dos dados coletados. Já que o presente trabalho consta de um levantamento bibliográfico, se encaixa neste tipo de pesquisa.

O estudo vai ser classificado como qualitativo do tipo pesquisa bibliográfica, segundo Severino (2007) essa pesquisa é realizada a partir do registro disponível na literatura, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos e entre outras fontes deste escopo.

Adotou-se a seguinte ordem, conforme segue:

Passo 01- Escolha das fontes

Inicialmente para obtenção dos dados foi realizada uma busca por materiais em portais de periódicos em busca de obter todos os trabalhos relacionados a utilização do microconcreto estrutural para soluções de reforço estrutural, preferencialmente foram selecionados artigos, livros e monografias de cunho científico. Com isto foram selecionados um total de 8 Artigos de revistas em português, 2 Artigos em inglês, 5 monografias e 2 livros.

O material foi obtido a partir das bases de pesquisa, sendo elas google acadêmico, scielo, portal de periódicos da CAPES, portal do concreto e CBIC, buscando sempre selecionar os materiais de maior relevância quanto a abordagem do assunto, os principais descritores aplicados nas buscas foram: Reforço estrutural, microconcreto, reforço com graute, graute, microconcreto estrutural, reparo em estruturas.

Preferencialmente selecionou-se trabalhos dos últimos 5 anos, entretanto por não haver muitos trabalhos disponíveis acerca do tema foram introduzidas algumas bibliografias como livros de anos anteriores para complementar as informações. Entre os critérios de exclusão podem ser citados: trabalhos que não fossem dos idiomas português e inglês, artigos muito antigos.

Passo 2- Coleta de dados

Após a escolha das fontes, para a coleta dos dados foi realizada inicialmente uma leitura exploratória, que teve um escopo de leitura mais superficial com o intuito de observar de maneira geral se o material se encaixa nas vertentes deste trabalho. Após esta etapa, foi realizada uma leitura mais seletiva em todos os materiais como forma de selecionar em cada texto as informações que possuíam alto grau de relevância de acordo com a demanda.

Por fim foi realizado o registro do material recolhido, adicionando ao material selecionado as informações pertinentes à sua escrita, como o autor e o ano de publicação, por exemplo.

Passo 3- Análise e interpretação dos resultados

Com todo o material selecionado, foi realizada uma leitura analítica, como forma de organizar os dados de acordo com a situação problema, ordenando as referências de forma aos resultados serem apresentados de forma mais coesa.

Passo 4 – Discussão dos resultados

Por fim com todo o material organizado e ordenado, foi possível realizar a análise e discussão dos dados encontrados, diante do tema abordado no trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Novas tecnologias quanto ao reforço estrutural e os materiais utilizados para realização deste vem sendo muito mais aceito e estudado e a partir deste momento serão apresentados resultados encontrados por diversos autores em diversas situações de aplicabilidade do microconcreto estrutural para realização dos reforços.

Segundo Moura *et al.* (2015) as argamassas de reparo e graute (que podem ser considerados microconcretos) com base cimento Portland são os materiais mais utilizados na recuperação de estruturas deterioradas pela corrosão das armaduras. Esta vasta utilização vem ocorrendo por estes materiais serem similares aos empregados quando da confecção do elemento estrutural. O autor explica que este tipo de reforço é bastante simples: em primeiro lugar retira-se o material contaminado; após limpa-se a região (substrato e armadura); substitui-se a armadura, se necessário; reconstitui-se a seção com o novo material.

De acordo com Loturco (2006, p. 1) as dimensões dos agregados, a trabalhabilidade são características importantes dos microconcretos, já que essas são necessárias para que atenda a finalidades de reparo em estruturas como: preenchimento de vazios em estruturas, encamisamento, recuperação de estruturas fissuradas, preenchimento de vigas e alvenaria estrutural e outros processos que podem ser realizados com este material.

Em seu trabalho: Manual para reparo, e reforço de estruturas de concreto, Helene (1992) realiza uma análise comparativa quanto ao preparo, aplicação e profundidade do sistema de reparo das argamassas, incluindo o microconcreto que no caso mencionado é o graute, a comparação pode ser observada na tabela 01.

Tabela 01: Classificação das Argamassas de Reparo/reforços Quanto ao preparo, Aplicação e Profundidade do Sistema de Reparo.

Tipos de argamassas	Classificação			
	Quanto ao preparo	Quanto à aplicação	Quanto à profundidade	Quanto às propriedades
Base de cimento	Virado na obra	Manual	Superficial	Aderência/retração Boa aderência/Baixa permeabilidade/
Modificada com polímeros	CDC*	Manual/projetada	Superficial	Resistência a compressão/ Resistência a flexão
Argamassa e Graute base epóxi	CDC*	Manual/projetada	Superficial	Boa aderência/Baixa permeabilidade
Graute base cimento (microconcreto)	Virado na obra/CDC*	Manual	Profundo	Boa aderência/Resistência a compressão/Retração
Argamassa base poliéster	CDC*	Manual	Superficial	Boa aderência/Baixa permeabilidade Retração
Argamassa sem retração	Virado na obra	Manual	Profundo	compensada/Altas resistências iniciais

*Concreto Dosado em Central

Fonte : Helene, 1992, adaptado pelo autor, 2020.

Como pode ser visto na tabela 01, o graute apresenta-se quanto ao preparo em duas formas, tanto pode ser fabricado de forma tradicional, ou seja, *in loco* ou de forma industrializada onde o material já vem misturado, preparado na fábrica.

E quanto ao graute ser utilizado para a realização de reparos ou reforços é visto que se apresenta como eficaz quanto reforços em situações que existe uma profundidade, diferentemente de quase todas as argamassas mostradas que possuem maior aplicabilidade para reforços mais superficiais.

Na última coluna da tabela 01, o autor apresenta o graute como um material que apresenta boa aderência, resistência a compressão, essas características podem representar como positivas para determinados usos específicos fazendo com que este material seja escolhido e além disto pode apresentar retração, que não é uma característica favorável a construção.

Saraiva (2015) aponta que o reparo com microconcretos como o graute tem sido muito utilizado quando na construção é necessária uma liberação rápida da estrutura, com este material é possível, já que a fluidez do graute permite que haja um preenchimento total da seção, sem a necessidade de adensamento. Além disto o graute por exemplo apresenta uma alta

resistência inicial que possibilita maior agilidade no processo de fixação de equipamentos, e rápida colocação da estrutura reparada ou reforçada em carga.

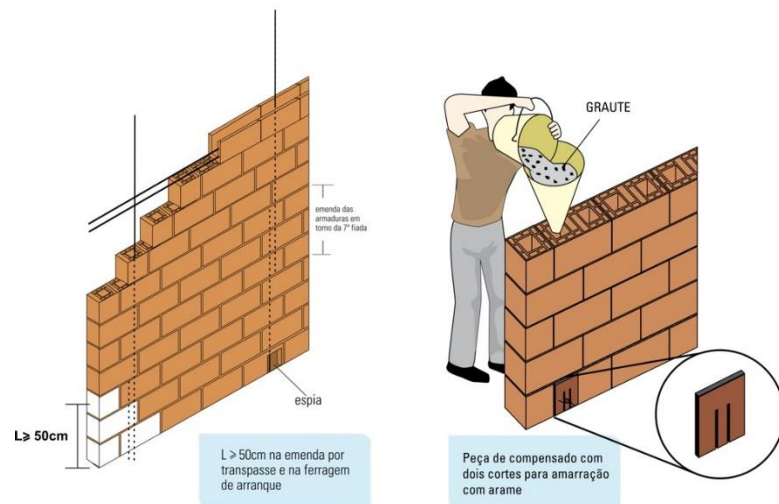
Conforme Mohamad (2015) também denominada grauteamento, é a técnica mais utilizada no reforço de estruturas de alvenaria estrutural quando se deseja aumentar a resistência à compressão, à flexão ou ao cisalhamento das paredes da edificação. Basicamente essa técnica consiste em preencher furos verticais dos blocos vazados, ao longo de toda altura da parede, com graute e barras de aço. Para isso a armadura deve ser devidamente ancorada, pois o conjunto bloco, graute e armadura funcionará como uma espécie de pequeno pilar inserido na parede. Entretanto essa técnica apresenta a desvantagem que é a dificuldade de execução em estruturas já construídas.

Como apresentado por todos estes autores o uso do microconcreto em soluções de reforço estrutural tem grande crescimento devido as características intrínsecas a este material que combina a alta resistência que pode se igualar a dos concretos convencionais com a trabalhabilidade por conta principalmente da granulometria dos agregados.

5.1 REFORÇO DE ESTRUTURA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

A figura 03 apresenta como funciona o processo construtivo para obras em alvenaria estrutural, consistindo na utilização dos blocos vazados verticalmente, preenchidos com barras de aço e graute, a construção é bastante simples e é feita de forma manual, como é apresentado nesta figura.

Figura 03- Processo de execução de construção em alvenaria estrutural



Santos *et al.* (2017) apresentam que nas construções em alvenaria estrutural as patologias mais comuns são as eflorescências, infiltrações de água e fissuras.

Quando em sistemas de alvenaria estrutural surgem patologias que podem danificar esteticamente a construção e também comprometer a eficiência desta, deve-se em primeiro lugar diagnosticar as causas das mesmas, para o caso a forma mais simples de reforçar a estrutura em alvenaria estrutural é através do aumento da quantidade dos pontos grauteados ao longo da parede, seguindo o mesmo processo apresentado na figura 03 onde o profissional insere o graute na cavidade vertical encontrada pelos vazados dos blocos. Isso pode ser feito através da quebra do bloco imediatamente abaixo do bloco canaleta e acoplando uma fôrma de madeira para despejar o microconcreto (graute). Visitas devem ser deixadas conforme procedimento normal de execução para inspeção (SANTOS *et al.*, 2017).

O trabalho apresenta de forma superficial a técnica, e não apresenta resultados experimentais que comprovem cientificamente para esta situação o acréscimo de resistência, sendo esses dados empíricos, obtidos por observação.

5.2 VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO POR ENCAMISAMENTO.

De acordo com a abordagem de Canaval *et al.* Devera ser realizado um reforço em vigas, este reforço é necessário após o surgimento de patologias, como pode ser visto caso apreserntado na figura 04 apresentada por Ferrari e Hanai (2009), que apresenta uma viga com patologias em que inclusive a armadura já se encontra exposta, e por isso aplicou-se a metodologia do encamisamento para a situação.

Figura 04 -Viga com patologias que deverá ser reforçada.



Fonte: (FERRARI; HANAI, 2009)

O reforço por encamisamento utilizado nesta situação estudada é realizado aplicando concreto/argamassa armada aos elementos a serem reabilitados, aumentando a seção transversal ou realizando a substituição do material deteriorado (CANAVAL et al., 2018).

O trabalho de Canaval et al. (2018) teve por objetivo avaliar a influência de conectores metálicos, colados na superfície de interface microconcreto/graute, no reforço à flexão de vigas produzido pelo aumento da seção transversal e adição de armaduras.

Quanto a funcionalidade do graute (que é o microconcreto mais utilizado) no reforço das vigas mencionadas Canaval et al. (2018) apresentou os seguintes resultados:

Para as vigas reforçadas com e sem conectores o seguinte comportamento a compressão:

- Nenhuma das vigas reforçadas apresentou fissura devido à tração no graute;
- Todas as vigas tiveram pré-fissuração devido ao cisalhamento e sofreram ruptura por cisalhamento do substrato, variando-se pela ruptura e pelo descolamento do graute.

Além destas observações é importante ressaltar que:

“O reforço por encamisamento utilizando graute é uma técnica que permite aumentar a capacidade portante das vigas, sendo verificado que houve aumento, em relação à flexão, de 44,25% e 47,05% para as vigas de interface lisa sem e com conectores metálicos, respectivamente” (CANAVAL et al., 2018, p. 833).

Canaval et al. (2018) Salienta que de acordo com o objetivo inicial da pesquisa que era verificar a possibilidade de utilizar este tipo de conector colado, ou seja, sem que haja perfurações nas vigas. Tal objetivo foi parcialmente atingido e mostrou-se promissor o uso do microconcreto neste caso o graute para realização de tal, com resultados promissores.

O encamisamento é uma técnica já amplamente estudada com uso diversos materiais e por necessitar de boa aderência entre os materiais, além do ganho de resistência nem todos os concretos e argamassas apresentam-se como viáveis. Neste caso o uso do microconcreto sem dúvidas apresenta-se como viável, como visto nos resultados experimentais apresentados por Canaval et al. (2018).

5.3 REFORÇO DE SISTEMA ESTRUTURAL COM CORROSÃO DAS ARMADURAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO

De acordo com Moura *et al.* (2015, p.44) o reforço estrutural nessa situação, segue as seguintes etapas:

O procedimento de reparo dos elementos estruturais que apresentam corrosão das armaduras será composto pelas seguintes etapas executivas:

- Isolamento das barras oxidadas em no mínimo 1,5cm em todo o seu contorno, seja pelo método manual com marretas e ponteiros ou utilizando rompedores elétricos de pequeno porte com no máximo 5kg. Tomar a precaução de escorar a estrutura caso necessário;
- Limpeza mecânica das ferragens utilizando escovas de aço adaptadas a furadeiras, seguido da lavagem das mesmas por meio de jato de água pressurizado;
- Inserção de novas ferragens em substituição ou complemento das ferragens existentes que se encontrarem com a seção comprometida (perda de seção superior a 10% da área);
- Aplicação de primer anticorrosivo (epóxi rico em zinco) sobre a armadura reparada;
- Execução de formas no caso dos pilares e vigas;
- Aplicação de argamassa tipo graute autoadensável sobre a superfície a ser reparada, de forma a garantir um cobrimento mínimo de 2,5cm para as armaduras.

A execução do reforço neste tipo de situação, pode ser considerada simples como foi visto, variando de acordo o tipo do elemento e onde este é apresentado na estrutura, quanto a localização. Este modelo elaborado em etapas é importante já que não se trata somente do material, mas sim de como todo o processo foi executado.

5.4 REFORÇO ESTRUTURAL PELO AUMENTO DE SEÇÃO TRANSVERSAL

Para este estudo de aplicação do método de reforço pelo aumento de seção transversal, foi utilizado graute dosado em central. E foram seguidas as instruções do fabricante para obter maior rendimento sem a perda de resistência do produto (ARAUJO E CUNHA, 2017).

Para a análise experimental foram moldados corpos de prova tanto com apenas graute e outros que tiveram a seção aumentada, 24h após a moldagem, ocorreu o desmolde dos corpos de prova, realizando ensaio de compressão dos mesmos, fazendo a primeira verificação de resistência. O corpo de prova feito apenas com graute, obteve com 24h, resistência a compressão de 51,5 Mpa. Após 3 dias foi rompido um segundo corpo de prova que para o caso sem aumento de seção obteve-se um valor de 68,7 MPa (ARAUJO E CUNHA, 2017).

Araújo e Cunha (2017), apontam que para os corpos de prova que tiveram sua área aumentada, no primeiro ensaio apresentou 22 MPa de resistência a compressão e, após a adição de uma nova camada graute (ou seja deixando o corpo de prova mais espesso), chegou a 31 MPa com apenas 24 horas, um ganho bastante significativo comprovando a eficácia do tipo

de reforço. Com 3 dias obtiveram resultados maiores, porém com pouca diferença do que foi rompido com 1 dia pois o graute é um cimento especial de alta resistência inicial, logo seu ganho de tensão após 1 dia é pequeno.

Ao contrário da situação apresentada no caso de reforços de alvenaria estrutural que não foi apresentado dados experimentais, estes autores apresentaram o desenvolvimento prático comprovando cientificamente a viabilidade do uso desta técnica de acordo com o ganho de resistência apresentado, entretanto este não é o único fator decisivo para a escolha do modelo de reforço a ser utilizado, levando em consideração que em alguns casos, por exemplo, não se pode aumentar a seção do elemento por gerar mudanças no projeto arquitetônico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do evidenciado percebe-se que existe na literatura uma considerável quantidade de estudos relacionados a aplicação do microconcreto estrutural como material para realização dos reforços estruturais, que apresentam diferentes formas de realização e além disto as características deste material que o tornam adequados a esta finalidade.

Ficou evidente que o microconcreto é um material viável para realização dos reforços estruturais, com base em nos resultados apresentados em diferentes literaturas e aplicações em que obtiveram resultados satisfatórios desde o aumento da resistência a alguns esforços como foi visto, quanto a adequação das propriedades físicas para resolução de problemas que exigiam a não alteração das dimensões iniciais da construção.

Quanto aos objetivos deste trabalho podemos ver que foram alcançados, porém é notado que existe uma pequena quantidade de estudos relacionados a este assunto, que faz com que os resultados obtidos não apresentem um maior grau de comprovação científica, baseado na comprovação a partir da comparação entre os resultados obtidos por diferentes literaturas na mesma temática.

Com estas percepções o trabalho contribui como material para fundamentar a utilização de microconcretos para a realização de reparos estruturais e além disto como indicador da possibilidade de pesquisas relacionadas a utilização desta técnica que como já citado ainda é pouco encontrada em trabalhos científicos na literatura.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar resultados positivos que já foram encontrados ainda existem muitos assuntos a serem explorados, como foi visto no caso do reforço de alvenaria estrutural que ainda não existem dados experimentais que comprovem o aumento da resistência do reforço com graute, que seria uma ótima realidade para ser estudada.

De acordo com a literatura do reforço estrutural existem diversas formas para que este possa ser realizado, é possível fazer um levantamento das propriedades do material utilizado em cada uma dessas técnicas como forma de identificar todas as possibilidades do uso do microconcreto além das já utilizadas, e com isso apresentar novos estudos experimentais com cada um destes novos modelos.

REFERÊNCIAS

- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: -Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**, esta norma estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: -Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12 654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992
- ARAÚJO, J. M. de. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003. v. 1.
- ARAÚJO, GABRIEL MARTINS; CUNHA, KAREN SUZY DE MORAIS. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE UM PILAR REFORÇADO PELO SISTEMA CONVENCIONAL E POR FIBRAS DE CARBONO**. 2017. 63 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) - UNIEVANGÉLICA, Aquinópolis/GO, 2017.
- BAUER, Falcão. **Materiais de construção**. 2ª Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2019
- 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
- CAMPOS, P. E. F., **Da argamassa armada ao microconcreto de alto desempenho: perspectivas de desenvolvimento para a pré-fabricação leve**, Tese de D.Sc., Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2002.

CANAVAL, J.H., DA SILVA, T. J., SANTOS, T. C., **Estudo experimental do comportamento de vigas de concreto armado reforçadas à flexão por meio de graute, armaduras e conectores**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2016. 149 p.

CARNEIRO, J. M , CARVALHO, F. M. SOUZA, J. F., **CALOR DE HIDRATAÇÃO NO CONCRETO**, 2011. Acesso em 17 de setembro de 2018.

CARMO, P. O., **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

CARVALHO, Roberto Chust. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado – segundo a NBR6118 2014**. EDUFSCAR. 4º edição, São Carlos – SP. 2014

FERRARI, Vladimir José; HANAI, João Bento de. REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM MANTA DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRAS DE CARBONO (PRFC) ADERIDO A SUBSTRATO DE TRANSIÇÃO CONSTITUÍDO POR COMPÓSITO CIMENTÍCIO DE ALTO DESEMPENHO. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 37-56, 12 out. 2009. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/nova-versao/pdf/cee51_37.pdf. Acesso em: 14 dez. 2020.

FERRARI V. J. PADARATZ I. J., LORIGGIO D. D., Reforço à flexão em vigas de concreto armado com manta de fibra de carbono: mecanismos e sistemas de ancoragem. **Jornadas Sul-americanas de Engenharia estrutural**, 2002, Brasília. Jornadas Sul-americanas de engenharia estrutural, 2002.

FELEKOĞLU, B.; TOSUN, K.; BARADAN, B., **Effects of fibre type and matrix structure on the mechanical performance of self-compacting micro-concrete composites.cement and concrete research**, v. 39, n. 11, p. 1023–1032, 2009.

FELEKOĞLU, B., “Effects of PSD and surface morphology of micro-aggregates on admixture requirement and mechanical performance of micro-concrete”, **Cement & Concrete Composites**, v.29, pp.481– 489, 2007.

GODOY, A. S., Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, V. 35, n.2, Mar./Abr 1995.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, e reforço de estruturas de concreto** – 2ª ed. – São Paulo: Pini, 1992.

KLEIN, D. L., Microconcreto – método de dosagem. **Caderno de Engenharia** – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CE-03, 76p., 1985.

MACHADO, A. de P., **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. p.1 Ed., São Paulo, 2002.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

MELO, Guilherme Sales., **Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado**: -. Orientador: Gabriel de Oliveira Ribeiro. 2001. 114 p. Monografia (Bacharel em Engenharia de estruturas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

MONJARDIM, L. F. L., **A importância da manutenção para a conservação do bom desempenho das edificações ao longo de sua vida útil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

MOHAMAD, G. (coord.) **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015

PIVATTO, A. B., **Reforço estrutural à flexão para viga biapoiada de concreto armado por chapas metálicas e compósito reforçado com fibras de carbono**. 2014. 126 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil do Setor de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2014.

POMPEU NETO, B. B.; OLIVEIRA, D. R. C.; RAMOS, D. **Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência**. Revista Materia, v. 16, n. 2, p. 690–702, 2011

RAMOS, Luiza Neis. **Avaliação do controle tecnológico de concreto**. 2014. viii, 52 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) —Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

REIS, L. S. N., **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 114 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

ROHDEN, A. B. **Efeito da resistência e da dimensão máxima característica do agregado graúdo nas propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho**. 2002. 134 p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

SANTOS, ÉDEN MALVEIRA DOS. **ESTUDO DA POTENCIALIDADE NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO POR RESÍDUOS ORIUNDOS DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO EM GRAUTE ESTRUTURAL MOSSORÓ - RN 2018**. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2018.

SELECTA, Soluções em blocos. **Guia Técnico Alvenaria Estrutural administração financeira**. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <http://www.grupoestrutural.com.br/selecta/guia-tecnico/>. Acesso em: 14 dez. 2020.

SEVERINO, A. J., **Metodologia do trabalho acadêmico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, R. V. da, BACARJI, E., & CASCUDO, O. (2018)., Mapeamento literário sobre o microconcreto [Mapping study of the microconcrete]. REEC - **Revista Eletrônica De Engenharia Civil**, 15(1). <https://doi.org/10.5216/reec.v15i1.50421>