

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA ROCHTASCHEL PONTIN

**ESTUDO DE UM TRAÇO DE MICROCONCRETO PARA FINS DE
RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS**

CAMPO MOURÃO

2023

BRUNA ROCHTASCHEL PONTIN

**ESTUDO DE UM TRAÇO DE MICROCONCRETO PARA FINS DE
RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS**

Study of a micro-concrete trace for structure recovery purposes

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Douglas Fukunaga Surco.

Coorientador(a): Profa. Dra. Thelma Pretel Brandão Vecchi.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNA ROCHTASCHEL PONTIN

**ESTUDO DE UM TRAÇO DE MICROCONCRETO PARA FINS DE
RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 07 de junho de 2023

Douglas Fukunaga Surco
Doutor em Engenharia Química (UEM)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira
Doutor em Ciências de la Educacion (UTCD)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Fabiana Goia da Rosa de Oliveira
Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais (USP)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

CAMPO MOURÃO

2023

Dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve comigo me ajudando.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho as pessoas mais importantes na minha vida.

Primeiramente a Deus por tudo que tem proporcionado a minha vida, a minha família, em especial a meus pais, a meus irmãos, cunhada que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos me dando força para nunca desistir de meu sonho.

Minha imensa gratidão a meu namorado Bruno, que me apoiou durante todo o processo deste trabalho. Meu muito obrigado pela compreensão, paciência e toda força moral demonstrada durante este período.

Meu Obrigado aos meus colegas, que fizeram parte de minha formação e vão continuar presentes em minha vida.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte de minha formação, minha coorientadora Profa. Dra. Thelma Pretel Brandão Vecchi, mas em especial a meu orientador Prof. Dr. Douglas Fukunaga Surco, por ter me ajudado desde o início na elaboração deste trabalho, o qual apresentou várias dificuldades pelo caminho, mas se hoje está sendo concluído, foi graças a excelência e dedicação que teve para sempre me orientar da melhor forma.

Minha gratidão eterna ao gerente André da empresa Concreto Itaipu, o qual me autorizou a utilizar o laboratório da empresa, fornecendo todos os materiais e equipamentos necessários para realizar este trabalho.

Por fim, sou muito grata a todos que de alguma forma, sendo direta ou indiretamente, participaram no resultado deste trabalho.

RESUMO

O microconcreto é um material muito utilizado em obras e construções existentes, para fins de reparo, recuperação e de reforço estrutural. Devido ao aumento que vem ocorrendo do mercado da construção civil, estão surgindo novos materiais e soluções para eliminações de etapas, redução do tempo de trabalho, garantindo sempre a qualidade e evitando os desperdícios. No mercado, o microconcreto é uma solução que, apesar de cara, é utilizada com muita frequência. O presente trabalho tem por objetivo elaborar um traço de microconcreto, através de ensaios de tentativa e erro, que, no final, sejam obtidos valores aproximados aos industrializados. Para isso, foi feita a análise do comportamento do microconcreto industrializado, observando assim um material fino, no qual, no contato com a água, forma uma argamassa fluída e com altas resistências. Mediante isto, seguindo está lógica, utilizou-se apenas os finos dos agregados miúdos e o aditivo empregado foi o superplastificante. Além disso, foi elaborado um orçamento com todos os insumos utilizados para a elaboração do traço. Os resultados mostraram que o microconcreto produzido em obra é mais econômico do que o industrializado, e ainda que pode ser elaborado no canteiro de obra e obter resistências elevadas para fins de recuperação estrutural em concreto armado.

Palavras-chave: microconcreto; construção civil; viabilidade econômica; resistência a compressão.

ABSTRACT

Micro-concrete is a material widely used in works and existing constructions, for repair, recovery and structural reinforcement purposes. Due to the increase that has been taking place in the civil construction market, new materials and solutions are emerging to eliminate steps, reduce working time, always guaranteeing quality and avoiding waste. In the market, micro-concrete is a solution that, despite being expensive, is used very frequently. The objective of this work is to elaborate a trace of micro-concrete, through trial-and-error tests, that in the end approximate values to the industrialized one are obtained. For this, an analysis of the behavior of industrialized micro-concrete was carried out, thus observing a thin material, in which, in contact with water, it forms a fluid mortar with high resistance. Therefore, following this logic, only fine aggregates were used and the additive used was the superplasticizer. In addition, a budget was prepared with all the inputs used to prepare the trait. The results showed that the micro-concrete produced on site is more economical than the industrialized one, and that it can be elaborated on the construction site and obtain high resistance for structural recovery purposes in reinforced concrete.

Keywords: micro-concrete; construction; economic viability; compressive strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Equipamento para abatimento	24
Figura 2 - Desobstrução dos furos	29

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Ensaio de Granulometria	32
Fotografia 2 - Massa especifica da Areia Natural	34
Fotografia 3 - Massa específica areia artificial.....	34
Fotografia 4 – Massa unitária agregado Areia Natural	36
Fotografia 5 – Massa unitária agregado Areia Artificial	36
Fotografia 6 - Resultado 28 dias traço 1.....	46
Fotografia 7 - Resultado 28 dias traço 2.....	47
Fotografia 8 - Resultado 28 dias traço 3.....	47
Fotografia 9 - Resultado 28 dias traço 4.....	48
Fotografia 10 - Resultado 28 dias traço 5.....	48

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Consumo de água aproximado.....	16
Quadro 2 - Dimensão Máxima Característica.....	16
Quadro 3 - Resistência em diferentes períodos	18
Quadro 4 - Dimensão das peneiras	20
Quadro 5 - Limites da distribuição do agregado miúdo.....	21
Quadro 6 - Efeitos dos vazios no Concreto	24
Quadro 7 - Granulometria dos agregados.....	32
Quadro 8 - Massa específica dos agregados	35
Quadro 9 - Massa unitária dos agregados	37
Quadro 10 - Característica dos agregados	37
Quadro 11 - Características do concreto	38
Quadro 12 - Traço ABCP	39
Quadro 13 - granulometria traço 1	40
Quadro 14 - Traço 1	41
Quadro 15 - Granulometria traço 2	41
Quadro 16 - Traço 2	42
Quadro 17 - Granulometria traço 3	42
Quadro 18 - Traço 3	43
Quadro 19 - Granulometria do traço 4.....	43
Quadro 20 - Traço 4	44
Quadro 21 - Granulometria do traço 5.....	44
Quadro 22 - Traço 5	45
Quadro 23 - Resultados dos traços 1, 2 e 3	49
Quadro 24 - Resultados dos traços 4 e 5	49
Quadro 25 - Resultados comparativos	50
Quadro 26 - Custo Final do microconcreto	53

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Curva de Walz	15
Gráfico 2 - Período de rompimento 24 horas	50
Gráfico 3- Período de rompimento 3 dias	51
Gráfico 4 - Período de rompimento 7 dias.....	51
Gráfico 5 - Período de rompimento 14 dias.....	52
Gráfico 6 - Período de rompimento 28 dias.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	JUSTIFICATIVA	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1	Método de dosagem ABCP	15
4.1.1	Cálculo para elaboração do traço.	15
4.2	Concreto	17
4.2.1	Cimento.....	18
4.2.2	Agregado Miúdo	19
<u>4.2.2.1</u>	<u>Granulometria</u>	<u>19</u>
<u>4.2.2.2</u>	<u>Módulo de Finura</u>	<u>21</u>
<u>4.2.2.3</u>	<u>Massa Unitária</u>	<u>21</u>
<u>4.2.2.4</u>	<u>Massa Específica</u>	<u>22</u>
<u>4.2.2.5</u>	<u>Inchamento</u>	<u>22</u>
<u>4.2.2.6</u>	<u>Coeficiente de Inchamento e Umidade Crítica</u>	<u>22</u>
<u>4.2.2.7</u>	<u>Tamanho máximo do Agregado</u>	<u>23</u>
4.2.3	Aditivo	23
4.2.4	Concreto Fresco	23
<u>4.2.4.1</u>	<u>Trabalhabilidade</u>	<u>23</u>
<u>4.2.4.2</u>	<u>Abatimento</u>	<u>24</u>
4.2.5	Concreto Endurecido.....	25
<u>4.2.5.1</u>	<u>Cura</u>	<u>25</u>
<u>4.2.5.2</u>	<u>Ensaio de Compressão</u>	<u>25</u>
4.3	MICROCONCRETO	26
4.3.1	Reforço Estrutural	27
4.3.2	Reparos em estrutura de Alvenaria Armada	28
4.3.3	Correção de bicheiras	30
5	METODOLOGIA	31
5.1	Ensaio de granulometria	31
5.1.1	Ensaio da massa específica	33
5.1.2	Ensaio da massa unitária	35

5.2	Aplicação método ABCP.....	37
5.3	Traço 1	40
5.4	Traço 2	41
5.5	Traço 3	42
5.6	Traço 4	43
5.7	Traço 5	44
6	RESULTADOS.....	46
7	CONCLUSÃO	54

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material composto por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo. O mais comum é a utilização da brita 1, podendo ter a adição de aditivos, tendo a finalidade de melhorar ou modificar as propriedades básicas. A pozolana natural é um exemplo de aplicação de adição. O concreto pode conter outros materiais, dentre eles, pigmentos coloridos, fibras e agregados especiais. Para o caso da aplicação de aditivos, existem os plastificantes e os superplastificantes, o qual reduz a quantidade de água no concreto, possibilitando uma boa trabalhabilidade (BASTOS, 2019).

Na obra, as informações necessárias para o uso do concreto são:

- Resistência
- Durabilidade
- Deformações

Existem muitas técnicas para o uso do concreto, sendo as especiais para concretos de alta resistência, concretos pesados, concretos leves, dentre outros. Dependendo do caso, as técnicas especiais exigem que o concreto contenha características específicas, como no caso dos pré-moldados, das fôrmas deslizantes. (GIAMMUSSO, 1992)

O mercado da construção civil tem grande contribuição no país, sendo responsável pela execução de grandes obras, proporcionando conforto, segurança e uma melhor qualidade de vida a população.

São vários os tipos de obras construídas todos os dias, como as edificações, residências, comércios, pavimentações, construções de reservatórios, dentre outros. Para a execução, utiliza-se de vários produtos, sendo o mais utilizado o concreto. O que torna o concreto o material mais utilizado na construção civil, são: técnicas construtivas utilizadas, facilidade na moldagem e mão de obra e as altas resistências a compressão (OLIVEIRA, 2018).

Por mais que o concreto seja um material de fácil uso, requer muita atenção, pois deve-se evitar o excesso de água no momento do preparo, porém a falta de água também não pode ocorrer.

Diante disso, para um melhor manuseio do material, são necessários estudos para caracterizar o comportamento em várias situações, sugerindo assim o estudo da dosagem nas proporções corretas dos componentes do concreto.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do estudo é elaborar um traço para a classe C50 para o microconcreto, por meio de ensaios de tentativa e erro, para obtenção das resistências que sejam aproximadas ao microconcreto industrializado.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir o quantitativo de materiais para elaboração do microconcreto que atenda a classe C50;
- Realizar ensaios de granulometria dos agregados miúdos;
- Realizar ensaios de resistência a compressão do microconcreto no período de 24 horas, 3 dias, 7 dias e 28 dias;
- Elaboração de uma tabela de custos dos insumos, conforme dados do SINAPI.

3 JUSTIFICATIVA

O concreto é um insumo muito utilizado no mundo e por isso é foco de diversos estudos, para tentar torná-lo cada vez mais resistente. Uma das áreas que vem ganhando mais atenção dos pesquisadores é o aumento da capacidade de carga dos elementos estruturais de concreto.

O microconcreto é uma tecnologia existente muito usada pelas construtoras a fim de executar reparos e reforços de colunas, vigas, lajes, etc. Logo, o presente trabalho traz o desenvolvimento de um traço aproximado mediante ensaios laboratoriais para produção do microconcreto em canteiro de obra, a fim de obter resultados de resistência similares ao produto industrializado. O método utilizado é por tentativa e erro. Além disso, foi realizado um comparativo de custo, entre a produção em canteiro e o produto industrializado, por meio de tabelas com dados conforme o Sistema Nacional de Pesquisa e Custo e Índices da Construção Civil - SINAPI.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

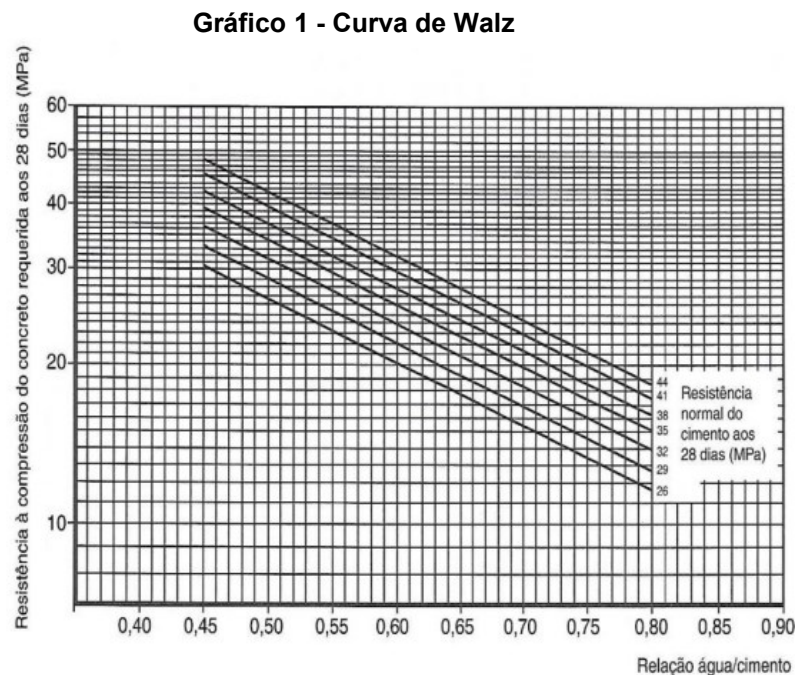
A seguir serão descritos os métodos de estudo para embasamento da pesquisa.

4.1 Método de dosagem ABCP

O Método ABCP coleta os seguintes dados referentes aos materiais usados para dosagem do concreto: módulo de finura, dimensão máxima característica, umidade e massas específicas real e Unitária. Estes dados são aplicados em gráficos e tabelas que indicarão qual a proporção final para o traço.

4.1.1 Cálculo para elaboração do traço.

Segundo Nascimento (2018), após a definição da resistência mecânica, o valor obtido para a relação água/cimento é estimado conforme a curva de Abrams, mas a definição é em função ao tipo de cimento. Quando não tem restrições de durabilidade, utiliza-se a curva de Walz, conforme a gráfico 1.



Fonte: Nascimento *et al.* (2018, p. 06).

Em seguida, é determinado o consumo dos materiais. O consumo de água é correlacionado com o abatimento desejado e com a dimensão máxima característica do agregado graúdo, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Consumo de água aproximado
Consumo de água aproximado (L/m³)

Abatimento (mm)	Dimensão Máxima Característica (mm)			
	9,5	19,0	25,0	38,0
40 a 60	220	195	190	180
60 a 80	225	200	195	185
80 a 100	240	210	210	200

Fonte: Nascimento *et al.* (2018, p. 06).

Após encontrar o consumo de água, o próximo passo é o cálculo para o consumo de cimento, conforme a Eq. (1)

$$a/c = \frac{Ca}{c} \quad \text{Eq. (1)}$$

em que:

- Ca = consumo de água
- c = cimento
- a/c = relação água e cimento

Em seguida, é possível determinar o consumo de agregado graúdo, utilizando o valor do módulo de Finura (MF) e a Dimensão Máxima Característica (DMC), conforme a Quadro 2.

Quadro 2 - Dimensão Máxima Característica

MF	Dimensão Máxima Característica (mm)				
	9,5	19,5	25,0	32,0	38,0
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Nascimento *et al.* (2018, p. 07).

Com o módulo de finura e a DMC do agregado graúdo obtém-se o teor do consumo de agregado. Por fim, calcula-se o consumo de agregado miúdo multiplicando o volume de areia pelo peso específico real. Para isso, é considerada a Eq. (2), utilizando os valores reais e o consumo de cimento.

$$V_{areia} = 1 - \left(\frac{cimento}{\gamma_{cim}} + \frac{brita}{\gamma_{brita}} + \frac{água}{\gamma_{água}} \right) \quad \text{Eq. (2)}$$

em que:

- V_{areia} = volume de areia
- γ_{cim} = peso específico do cimento
- γ_{brita} = peso específico do agregado graúdo
- $\gamma_{água}$ = peso específico da água
- $cimento$ = quantitativo de cimento
- $brita$ = quantitativo de agregado graúdo
- $água$ = quantitativo de água

A partir da utilização de todos os esses dados, é possível obter o traço em massa.

4.2 Concreto

O concreto foi criado em 1824, mas sua produção iniciou em 1850, sendo composto por um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, o qual endurece na ação de água; no processo de endurecimento não se decompõem, mesmo que seja feita a adição de água. O clínquer é o principal elemento, obtido da mistura da rocha calcária britada moída e argila (BASTOS, 2019).

O concreto é constituído pela mistura de água, cimento e agregados, com partículas de vários tamanhos. Quando o cimento entra em contato com a água, forma uma pasta que durante um tempo endurece, adquirindo resistência mecânica e assim aderindo às partículas dos agregados. A pasta liga as partículas do agregado entre si, constituindo um material resistente que preenche vazios entre as partículas. Considerando a estrutura, a resistência do concreto depende de três fatores:

- Resistência do Agregado;
- Resistência da pasta (coesão);
- Resistência da ligação pasta-agregado (aderência).

Para Giannusso (1992), quanto maior for a relação água/cimento em massa, menor a porosidade da pasta que se forma, resultando em uma maior resistência. Há também a aderência da pasta-agregado, que tem grande influência na resistência do concreto.

Abrams foi quem estudou a relação entre a resistência e a relação água/cimento, conforme apresenta a Eq. (3):

$$f_c = \frac{A}{B^x} \quad \text{Eq. (3)}$$

em que A e B são constantes que dependem do cimento e do grau de hidratação.

A idade do concreto influencia na sua resistência por meio da hidratação do cimento. Conforme o concreto é hidratado, os espaços ocupados por um gel, (cimento e água), vão sendo substituídos por pasta hidratada (material sólido). Com isto, conforme o tempo passa, a resistência do concreto vai aumentando, mas sempre tendendo para um valor definido na relação água/cimento da mistura. No Quadro 3 é possível verificar valores típicos de resistências em diversas idades.

Quadro 3 - Resistência em diferentes períodos

Idade em dias	3	7	21	28
Resistência relativa	50%	70%	92%	100%

Fonte: Giannusso (1992, p. 24).

4.2.1 Cimento

Os tipos de cimento Portland existentes no Brasil diferem pela função de sua composição, como o cimento comum, o composto, o de alto-forno, pozolânico, o de alta resistência inicial, resistente a sulfatos, o branco e os de baixo calor de hidratação. O cimento CP V ARI, tem destaque, devido a fabricação de estruturas de pré-moldados. (BASTOS, 2019).

Os tipos de cimento são:

- Cimento Portland Comum – CP I e CP I-S
Cimentos usuais para construções de concreto
- Cimento Portland de alto-forno – CP III

A relação de cal/sílica é maior que o utilizado no CP I, possui maior proporção de C_3S que o cimento comum, com esta proporção mais a

moagem de finos, provoca o endurecimento e uma evolução do calor mais rápida.

- Cimento Portland pozolânico – CP IV
Porcentagem menor de C_3S e de C_3A , uma vez que a quantidade de C_4AF é aumentada com a adição de Fe_2O_3 , que diminui o desprendimento de calor.
- Cimento Portland resistentes a sulfatos – CP V-RS e CP V-RS-ARI
Resiste melhor a sulfatos do que os outros tipos de cimento. Tem menos C_3A que o cimento comum. O teor de C_4AF é elevado.
- Cimento Portland compostos – CP II-E, CP II-Z, CP II-F
Usado onde há necessidade de um calor de hidratação moderado, em construções expostas com moderada ação de sulfatos.

4.2.2 Agregado Miúdo

O agregado desempenha a função de material para enchimento e resistência. É constituído por partículas, as quais devem ser cimentadas entre si pela pasta, resultado da hidratação da água e cimento (GIAMMUSSO, 1992).

4.2.2.1 Granulometria

A proporção relativa é expressa em porcentagem (%), onde se encontram os grãos dos agregados, apresentando grande importância na qualidade do concreto, agindo na capacidade e na resistência do mesmo (HELENA; TERZIAN, 1992).

Conforme a ANBT NBR 17054:2022, há peneiras da série normal e intermediária, como apresenta o Quadro 4:

Quadro 4 - Dimensão das peneiras

Série normal	Série intermediária
75 mm	-----
-----	63 mm
-----	50 mm
37,5 mm	-----
-----	31,5 mm
-----	25 mm
19 mm	-----
-----	12,5 mm
9,5 mm	-----
-----	6,3 mm
4,75 mm	
2,36 mm	
1,18 mm	
600 μm	
300 μm	
150 μm	

Fonte: NBR 17054:2022 (ABNT, 2022)

Para o ensaio da granulometria de agregado miúdo são utilizadas as peneiras da série normal, conforme o Quadro 5.

Quadro 5 - Limites da distribuição do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
NOTA 2 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 17054:2022 (ABNT, 2022)

4.2.2.2 Módulo de Finura

Relação entre a área superficial do agregado e, conseqüentemente, altera a água de molhagem para determinada consistência. Deve-se manter constante dentro de certos limites, evitando assim alterações no traço (HELENA; TERZIAN, 1992).

O módulo de finura é obtido por meio da somatória da média acumulada das peneiras, dividido por 100. Não é considerado o material que passa pela peneira 150 µm.

4.2.2.3 Massa Unitária

Relação entre a massa total de um determinado volume de agregado, em que são considerados os vazios que existem entre os grãos. Por meio desta massa unitária, são feitas as transformações do traço em massa para o volume e vice-versa (HELENA; TERZIAN, 1992).

Para obter a massa unitária do material, utiliza-se a Eq. (4):

$$Massa\ unitária = \frac{Peso}{Volume} \quad Eq. (4)$$

sendo:

- *Massa unitária* = média dos resultados individuais obtidos por três determinações;
- *Peso* = massa do agregado;
- *Volume* = volume do recipiente utilizado.

4.2.2.4 Massa Específica

Relação entre a massa e o volume de cheios, ou seja, é o volume dos grãos dos agregados (HELENA; TERZIAN, 1992).

Para obter a massa específica pode-se utilizar a Eq. (5):

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad \text{Eq. (5)}$$

sendo:

- γ = Massa específica do agregado miúdo expressa em g/cm^3 ;
- 500 = Quantidade de agregado pesado;
- L = Leitura final do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado);
- 200 = Quantidade de água inserida no frasco.

4.2.2.5 Inchamento

Aumento do volume de determinada massa de agregados, por meio da absorção de água. É importante na dosagem dos materiais em volumes, pois, conforme a umidade, obtém-se diferentes massas de agregados para o mesmo volume de dosagem, necessitando assim fazer a correção do traço (HELENA; TERZIAN, 1992).

4.2.2.6 Coeficiente de Inchamento e Umidade Crítica

Este método serve para medir o inchamento sofrido por uma massa de agregados. É dado a relação entre volume final úmido e volume inicial seco. A umidade crítica ocorre quando o coeficiente de inchamento é considerado constante (HELENA; TERZIAN, 1992).

4.2.2.7 Tamanho máximo do Agregado

O concreto composto por agregados maiores tende a ter resistências inferiores. A influência no tamanho do agregado aumenta com a redução da água/cimento (GIAMMUSSO, 1992).

4.2.3 Aditivo

O aditivo é um produto químico utilizado para melhorar as propriedades do concreto fresco ou estado endurecido, e seu uso ocorre em pequenas quantidades. O uso do aditivo não é para corrigir erros ou deficiências no concreto (GIAMMUSSO, 1992).

O uso do aditivo está em crescimento a cada dia, sendo indispensável no concreto. Os aditivos podem ser classificados da seguinte forma:

- Aceleradores
- Retardadores
- Plastificantes
- Superplastificantes
- Incorporadores de Ar
- Expansores
- Compensadores de Retração
- Impermeabilizantes.

4.2.4 Concreto Fresco

O concreto é um material resultante da aglomeração de agregados miúdos, agregado graúdo e por uma pasta de cimento podendo conter aditivos, o qual denomina-se fresco enquanto a pasta estiver no estado fluido ou plástico.

4.2.4.1 Trabalhabilidade

Após a incorporação dos materiais, o concreto apresenta-se no seu estado fresco, no qual é possível fazer o lançamento nas fôrmas, preenchendo por completo e possibilitando o adensamento, eliminando vazios, obtendo assim uma massa compacta. Se há presença de vazios, pode-se comprometer tanto o aspecto e a proteção da estrutura, como a resistência do concreto. O Quadro 6 apresenta os efeitos dos vazios sobre a resistência do concreto (GIAMMUSSO, 1992).

Quadro 6 - Efeitos dos vazios no Concreto

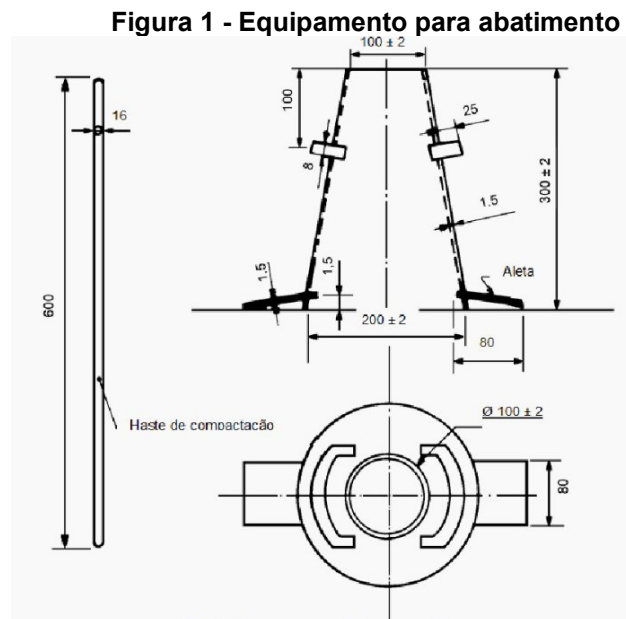
Teor de Vazios	1%	2%	3%	4%	5%	10%
Redução de resistência	8%	17%	24%	31%	37%	60%

Fonte: Giannusso (1992, p. 33).

Quando o concreto é bem adensado, a porcentagem de vazio é de 1% a 2% de ar; já um concreto mal adensável tem teores maiores.

4.2.4.2 Abatimento

A consistência do concreto depende da quantidade de água colocada na mistura. Quanto mais água é colocada no estado fresco, mais mole, mais plástica e mais trabalhável a mistura. Há diversos métodos que podem ser utilizados para medir a consistência do concreto, mas o método mais utilizado é o do “abatimento do tronco de cone”, conforme Figura 1. Este método consiste em moldar um tronco de cone com o concreto no qual será ensaiado, depois retira-se o molde e deixa que o concreto sofra um abatimento, ou seja, que ocorra o assentamento, por ação do seu próprio peso. O valor obtido do assentamento é a medida da consistência do concreto.



Fonte: NBR 16889:2020 (ABNT, 2020).

4.2.5 Concreto Endurecido

Na sequência é importante os cuidados e conhecimento das normas para a execução do rompimento dos corpos de prova.

4.2.5.1 Cura

Conforme a NBR 5738:2015, após o concreto ser moldado nas fôrmas, coloca-se sobre uma superfície horizontal rígida, sem vibrações ou qualquer outra ação que possa comprometê-lo, até 24 horas, para corpo de prova cilíndrico, e 48 horas, para corpo de prova prismático. Devem ser armazenados em locais protegidos de intempéries, cobertos com materiais não reativos e não absorventes, com a finalidade de proteger e evitar perda de água do concreto. Os corpos de prova devem ser identificados e mantidos em uma câmara úmida, desde o momento da chegada ao laboratório, até o momento do ensaio.

Para o ensaio, os corpos de prova devem ter suas bases preparadas, tornando as superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova. Na preparação, utiliza-se a retífica ou capeamento. Na retificação é feita a remoção de uma pequena camada fina das bases que eram preparadas. Não podem haver falhas na planicidade de qualquer ponto da superfície tratada que possa interferir na resistência potencial do concreto (ABNT, 2015).

4.2.5.2 Ensaio de Compressão

Conforme a NBR 5738:2015, antes que ocorra o ensaio, é preciso que seja feita a preparação das bases do corpo de prova, de modo que as superfícies fiquem planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova. Para a preparação do corpo de prova, deve-se seguir o item 9.3 da norma, que diz:

- A preparação das bases pode ser feita por retificação ou capeamento.
- Retificação: consiste em remover, por meio mecânico, uma fina camada do material contido na base que será preparada. Esta preparação geralmente é feita por máquinas adaptadas para esta finalidade. A retificação deve ser feita para que garanta a integridade estrutural das camadas adjacentes a camada removida, proporcionando a superfície que esteja livre de ondulações e abaulamentos. Durante a retificação não podem ocorrer falhas de planicidade

em nenhum dos pontos do corpo de prova, no qual possa ocorrer interferência potencial do concreto.

- Capeamento: consiste em revestir o topo do corpo de prova com uma fina camada de material apropriado, mas que contenha as seguintes características:

- a) Aderência ao corpo de prova;
- b) Compatibilidade química com o concreto;
- c) Fluidez no momento de sua aplicação;
- d) Acabamento liso e plano após endurecimento;
- e) Resistência a compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

É preciso também utilizar-se de dispositivos auxiliares, denominados capeadores, de tal forma a garantir a perpendicularidade da superfície obtida com a geratriz do corpo de prova. A camada do capeamento não deve ultrapassar 3 mm em cada base.

4.3 MICROCONCRETO

O graute é um material de alta resistência que vem sendo utilizado na construção civil, tanto para reparos estruturais, como para reforço estrutural. Conforme a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), o graute é um “material cimentício fluído, utilizado para o preenchimento de espaços vazios da alvenaria, com a finalidade de solidarizar armaduras e alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente”. Para determinar a resistência é preciso seguir as normas ABNT NBR 5738 e 5739.

Na NBR 16868-2 (ABNT, 2020), “a consistência do graute deve ser adequada para preenchimento total dos vazios, sem que haja segregação”.

Na visão de Calçada (1998), o graute pode ser definido de forma mais simples como microconcreto, ou seja, material composto por agregados de pequenas dimensões, geralmente com diâmetros de até 9,5 mm. O graute é um material de alta fluidez que permite o preenchimento completo dos vazios de blocos, sem que haja segregação.

Para Silva (2003), a trabalhabilidade do graute está ligada a consistência e a plasticidade. O parâmetro que é utilizado para medir a trabalhabilidade do graute é a consistência, sendo determinada a partir da NBR 16889 (ABNT, 2020).

Para a caracterização granulométrica dos agregados miúdos, Silva (2003) recomenda que possua características em que conduzem uma menor quantidade de cimento, pois, desta forma, irá proporcionar menor retração ao graute no processo de endurecimento. A norma utilizada para a granulometria dos agregados miúdos é a NBR 7211.

O microconcreto compreende uma variada mistura de materiais, dentre eles o graute, as argamassas estruturais (autoadensáveis e tixotrópicas) e as argamassas armadas. O uso dos agregados graúdos tem grande influência, tanto na propriedade reológica, como na mecânica do concreto, no qual é possível torná-lo mais econômico, quando se tem a granulometria contínua e agregados com maiores dimensões. Com isto, orienta-se que o microconcreto deve ser aplicado de preferência em reparos, peças delgadas, elementos densamente armados ou em peças pré-moldadas com pequenas espessuras (SILVA *et al.*, 2019).

A argamassa fabricada no Brasil nos últimos cinquenta anos é um microconcreto com alto desempenho, no qual há propriedades com elevada resistência mecânica e durabilidade (SILVA *et al.*, 2019).

Conforme Silva (2018), há uma diferenciação entre os termos argamassa estrutural e microconcreto. O termo argamassa estrutural é utilizado para designar os materiais de reparo ou reforço, em elementos pré-moldados contendo seções transversais abertas ou vazadas e pequenas espessuras, dentre 20 mm a 25 mm. Já o termo microconcreto, dentre as especificações da argamassa estrutural, refere-se também a concreto com as mesmas aplicações para o concreto convencional, mas com seções transversais reduzidas.

Para Silva (2018), o desempenho do microconcreto é devido a proporção rico do cimento e a relação água/cimento baixa. Ao usar a relação 0,47 obteve-se uma média de 50 MPa para a resistência na compressão axial.

4.3.1 Reforço Estrutural

Segundo Takeuti (1999), o reforço estrutural é uma intervenção com o objetivo de aumentar a capacidade de resistência dos elementos estruturais previsto pelo projeto original de uma estrutura.

Ainda conforme Takeuti (1999), o reforço de pilares pode ser executado através do aumento das dimensões das sessões transversais com concreto de resistência que se adequa e uso de armaduras longitudinais e transversais adicionais.

Existem várias técnicas que podem ser executadas para o aumento da seção transversal, podendo ocorrer grandes volumes de concreto projetado.

Para Reis (2001), o reparo bem feito depende da aderência do concreto novo com o velho, e também da capacidade de transferência de tensões entre os mesmos. Quando não há compatibilidade entre o concreto velho e o novo material que será aplicado, pode acabar gerando falhas nos reparos, principalmente por causa da diferença de deformação e retração. Existem alguns cuidados que devem ser tomados com relação a limpeza da superfície da armadura antes da injeção do novo material, removendo todos os produtos de corrosão. Todo concreto alterado deve ser removido e também no perímetro da armadura na região da corrosão.

O graute é um produto usado para a recuperação de estruturas armadas de concreto, para o preenchimento de vazios com espessuras de 20 a 60 mm. No caso de espessuras maiores é feita a adição de brita 0, o qual denomina-se microconcreto.

4.3.2 Reparos em estrutura de Alvenaria Armada

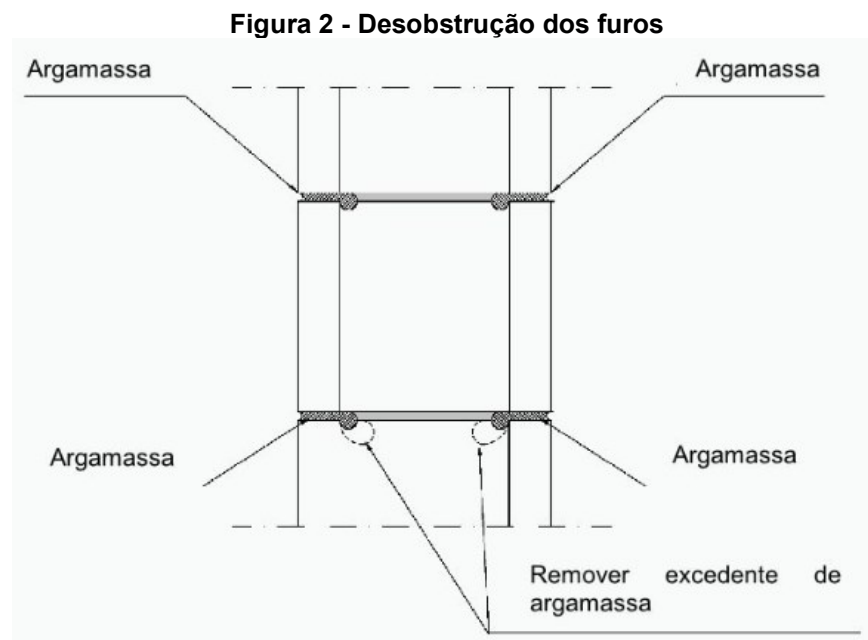
Segundo Matos (2018), o reparo é um processo realizado em estruturas quando perde a capacidade portante. Como exemplo, pode-se citar o restabelecimento de uma aresta do pilar com a utilização da argamassa polimérica. Outro procedimento a ser tomado quando uma viga fissura por sobrecarga é a injeção de adesivo epóxi nas fissuras.

O uso de graute em paredes de alvenaria estrutural resulta em expressivo aumento da resistência, mas desde que a qualidade dos materiais utilizados seja compatível com a resistência do graute, tendo observado resistências entre 17 e 18 MPa em alvenarias (ROMAGNA, 2000).

Segundo a ABNT NBR 16868-2:2020, para a operação do graute deve-se observar os seguintes fatores:

- As posições que são executados o grauteamento, a argamassa de assentamento horizontal deve ser disposta tanto na parede transversal como na longitudinal dos blocos;
- Antes de verter o graute, deve-se fazer o alinhamento dos furos e desobstruí-los, conforme a Figura 2, removendo assim as rebarbas de argamassa;

- Fazer a ligação da armadura por transpasse, seguindo as recomendações de projeto;
- A altura máxima do lançamento do graute deve ser de no máximo 1,6 metros, exceto em casos especiais em que o graute está devidamente aditivado, no qual garanta a coesão sem segregação;
- Antes do início do lançamento do graute, deve-se molhar os vazados onde serão grauteados;
- O adensamento é manual, deve-se empregar haste de 10 mm a 15 mm de diâmetro, no qual a haste deve ter comprimento suficiente para atingir a extensão do vazado, não pode utilizar a própria estrutura armada da parede para o adensamento. Para o graute autoadensável este procedimento não se aplicará;
- Devem criar janelas de visita nos pontos a serem grauteados para a realização da limpeza do mesmo e inspeções da operação de grauteamento.



Fonte: NBR 16868-2:2020 (ABNT, 2020)

4.3.3 Correção de bicheiras

Os vazios de concretagem são falhas que provocam espaços vagos na estrutura do concreto endurecido, os quais são reconhecidos como bicheiras. Na maioria das vezes, a falha de concretagem apresenta-se preenchida por materiais segregados. Estes vazios podem ser vistos externamente, mas há casos em que existe uma leve capa de argamassa o recobrindo (VIEIRA, 2016).

As causas do surgimento das bicheiras são a má vedação das fôrmas, problemas no lançamento do concreto, traço de concreto incorreto para a armadura densa e, principalmente, o mau adensamento do concreto no seu estado fresco. A separação ou segregação dos materiais compostos no concreto resulta em vazios na estrutura. Antigamente esta patologia aparecia frequentemente, nos dias atuais já diminuiu consideravelmente (VIEIRA, 2016).

Na engenharia, dependendo da dimensão da bicheira e de sua complexidade, pode-se exigir a reconstrução da peça concretada. Já nos casos com menos complexidade, é possível a intervenção e a recuperação, sendo realizada a preparação da área de aderência para o novo concreto ao antigo. O microconcreto é um material fluído que pode ser utilizado para realização destes reparos (VIEIRA, 2016).

5 METODOLOGIA

Para desenvolvimento deste trabalho foram realizados ensaios por meio de tentativa e erro, analisando-se a curva da granulometria dos agregados, no intuito de obter um traço para o microconcreto.

Para dar o início ao traço a ser utilizado, foi efetuado o estudo de um traço de concreto para $f_{ck} = 44$ MPa, utilizando o método de dosagem da ABCP, obtendo o traço cimento: brita para dar a primeira tentativa do traço. Para o traço 1, 2 e 3 utilizou-se areia natural, areia artificial, superplastificante, cimento CP V ARI. Moldou-se dez corpos de prova, sendo dois para 24 horas, dois para 3 dias, dois para 7 dias e quatro para 28 dias; no final realizou-se a média das resistências para cada período.

5.1 Ensaio de granulometria

Foi realizado o ensaio de granulometria dos agregados para obter a propriedade do material, analisando seu módulo de finura. O procedimento para o ensaio começou com a secagem dos agregados miúdos. O próximo procedimento foi a realização do ensaio de granulometria dos agregados, conforme Fotografia 1, seguindo a NBR 7211:2009. Para cada ensaio foi utilizado 500 g de cada agregado. O resultado da granulometria foi anexado ao Quadro 7.

Fotografia 1 - Ensaio de Granulometria



Fonte: Autoria própria, (2022).

Quadro 7 - Granulometria dos agregados

GRANULOMETRIA AREIA ARTIFICIAL									
ABERTURA	MALHA	RETIDO 1	RETIDA 2	RETIDA1	RETIDA2	MÉDIA	ACUM	Dmáx	Módulo de Finura
4	4,75	30,55	44,86	6,10	8,97	7,54	7,54	4,75 mm	3,33
8	2,36	135,16	172,13	27,00	34,42	30,71	38,25		
16	1,18	99,27	99,91	19,83	19,98	19,91	58,16		
30	0,6	63,77	51,38	12,74	10,27	11,51	69,66		
50	0,3	43,66	32,59	8,72	6,52	7,62	77,28		
100	0,15	29,26	21,56	5,85	4,31	5,08	82,36		
	FUNDO	98,84	77,66	19,75	15,53	17,64	100,00		
	TOTAL	500,51	500,09						
GRANULOMETRIA AREIA									
ABERTURA	PENEIRA	RETIDO 1	RETIDA 2	RETIDA1	RETIDA2	MÉDIA	ACUM	Dmáx	Módulo de Finura
4	4,75	1,16	0,63	0,23	0,13	0,18	0,18	4,75	2,25
8	2,36	5,09	7,27	1,02	1,45	1,24	1,41		
16	1,18	33,56	29,69	6,71	5,94	6,32	7,74		
30	0,6	128,57	124,76	25,69	24,95	25,32	33,05		
50	0,3	253,1	257,31	50,57	51,45	51,01	84,06		
100	0,15	72,56	73,73	14,50	14,74	14,62	98,68		
	FUNDO	6,5	6,70	1,30	1,34	1,32	100,00		
	TOTAL	500,54	500,09						

Fonte: Autoria própria, (2022).

5.1.1 Ensaio da massa específica

Conforme a ABNT NBR 9775:2011, a massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e o seu volume, excluindo assim os poros permeáveis. A amostra utilizada para o ensaio foi de aproximadamente 100% da requerida, sendo secada por 24 horas a temperatura de 105°C. Foi utilizada areia natural, conforme Fotografia 2, e areia artificial, conforme Fotografia 3. Em seguida, foi inserida água potável no frasco de Chapman até a divisão de 200 ml, deixando-o em repouso para que a água aderida as faces internas escorresse totalmente. Foi introduzido cuidadosamente em seguida (500 gramas) do agregado miúdo no frasco, sendo devidamente agitado para a eliminação das bolhas de ar.

Conforme a recomendação da norma, foi feita a agitação do frasco com uma inclinação de aproximadamente 45° em uma das mãos e assim rotacionando o fundo do frasco suavemente com a outra mão, para facilitar o desprendimento das bolhas de ar.

Após o repouso de aproximadamente 45 segundos do frasco de Chapman em superfície plana e sem vibrações, a leitura do nível atingido pela água no gargalo, indica o volume, em milímetros, ocupados pelo conjunto agregado-água. As faces internas devem estar secas e sem a presença de grãos aderentes. O resultado obtido pela leitura do frasco é substituído na Eq. (5) conforme Quadro 8.

Quando iniciado o ensaio para a areia artificial, constou-se que com 500 gramas de agregado, conforme indica a norma, não foi possível realizar a leitura do frasco; sendo assim, foi utilizado 550 gramas de amostra de areia artificial.

Fotografia 2 - Massa específica da Areia Natural



Fonte: Autoria própria, (2022).

Fotografia 3 - Massa específica areia artificial



Fonte: Autoria própria (2022).

Quadro 8 - Massa específica dos agregados

Massa específica da Areia Natural						
1° ensaio	2° ensaio	1° ensaio	2° ensaio	Média		
390	391	2,63	2,62	2,62	g/cm ³	
Massa específica da Areia Artificial						
1° ensaio	2° ensaio	1° ensaio	2° ensaio	Média		
384	385	2,99	2,97	2,98	g/cm ³	
Massa específica do cimento						
Conforme o site do Cimento Itambém a massa específica do cimento CP - II - F - 40 é de aproximadamente 3,04 g/cm ³						

Fonte: Autoria própria, (2022).

5.1.2 Ensaio da massa unitária

Para o ensaio da massa unitária do agregado miúdo considerou-se a ABNT NM 45:2006. A amostra utilizada no ensaio foi de aproximadamente 150% da quantidade do material requerido, para preencher o recipiente. O ensaio foi realizado para a areia natural, conforme Fotografia 4, e areia artificial, conforme Fotografia 5. Foi realizada a secagem da amostra em uma estufa mantida a 105°C. Foi determinada a massa do recipiente vazio e feita a medição da altura, largura e comprimento do recipiente, para obtenção do volume do recipiente, cujo procedimento ocorreu três vezes para o cálculo da média.

Em seguida, encheu-se o recipiente até que o mesmo transbordasse, utilizando uma concha e despejando o agregado a uma altura de aproximadamente 50 mm acima da borda superior do recipiente. Ao final, usando uma régua metálica, foi feito o nivelamento da camada superficial do agregado, de forma a rasá-lo com a borda superior do recipiente.

A massa unitária do agregado solto é a média dos resultados individuais, obtidos por pelo menos três determinações, dividindo a massa do agregado pelo volume do recipiente utilizado, expressa em quilogramas por metro cúbico, dada pela Eq. (4), conforme Quadro 9.

Fotografia 4 – Massa unitária agregado Areia Natural



Fonte: Autoria própria, (2022).

Fotografia 5 – Massa unitária agregado Areia Artificial



Fonte: Autoria própria, (2022).

Quadro 9 - Massa unitária dos agregados

Massa unitária da Areia Natural						
RECIPIENTE					MASSA UNITÁRIA	MÉDIA
COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PESAGEM			
300	196,3	59,8	5,586	1,57	1,59	g/cm ³
298,6	197,2	60,6	5,694	1,60		
299	196,9	60,6	5,676	1,60		
299,2	196,8	60,33	MÉDIA			
VOLUME	3,55					

Massa unitária da Areia Artificial						
RECIPIENTE					MASSA UNITÁRIA	MÉDIA
COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	PESAGEM			
300	196,3	59,8	6,612	1,86	1,86	g/cm ³
298,6	197,2	60,6	6,556	1,85		
299	196,9	60,6	6,608	1,86		
299,2	196,8	60,33	MÉDIA			
VOLUME	3,55					

Fonte: Autoria própria, (2022)

5.2 Aplicação método ABCP

Para o início dos cálculos deve-se primeiramente conhecer a caracterização dos materiais utilizados: módulo de finura, massa específica, massa unitária e diâmetro máximo do agregado, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 - Característica dos agregados

Agregado miúdo (areia natural)		Agregado miúdo (areia artificial)		Agregado Graúdo		Cimento	
MF	2,25	MF	3,33	DMC	19,0 mm	TIPO	CP V ARI
γ	2620 kg/m ³	γ	2980 kg/m ³	γ	2630 kg/m ³	γ	3040 kg/m ³
μ	1590 kg/m ³	μ	1860 kg/m ³	μ	1500 kg/m ³		

Fonte: Autoria própria, (2023).

Foi definido o f_{ck} , resistência característica de compressão do concreto aos 28 dias, baseado na classe de agressividade ambiental dada na norma NBR 12655:2022, tratando-se da classe III, com agressividade moderada e pequeno risco de deterioração da estrutura, resultando na classe C40. Outra característica definida foi o abatimento do concreto em 80 +/- 100 mm, por se tratar de um traço com trabalhabilidade maior.

Após a definição da classe de resistência, analisou-se as condições de preparo do concreto em função do desvio padrão. Adotando assim a condição A, com

cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água medidos em massa e com correção de umidade, resultando em um $S_d = 4,0$ MPa.

No Quadro 11 estão apresentadas as características desejadas do concreto a ser produzido.

Quadro 11 - Características do concreto

CONCRETO	
f_{ck}	44 MPa
S_d	4 MPa
Abatimento	80 + / - 100 mm

Fonte: A autoria própria, (2023).

Após conhecer todas as características do agregado, é definida a resistência mecânica, conforme o Gráfico 1. O valor da relação água/cimento pode ser baseado pela curva de Walz. Em seguida, é determinado o consumo dos materiais, iniciando pelo consumo de água. Toma-se como base os dados do Quadro 10 e Quadro 11, sendo utilizados os valores de abatimento e DMC do agregado graúdo, conforme o Quadro 1.

Como o abatimento está entre 80 e 100 mm e o DMC do material é de 19 mm, o consumo de água é de aproximadamente 210 l/m^3 . Com este dado é possível encontrar o consumo de cimento utilizando a Eq. (1). Assim, o consumo de cimento estimado é de $465,7 \text{ kg/m}^3$.

E seguida determinou-se o teor de consumo de agregado graúdo, conforme o Quadro 10. Desta forma, obtém-se o valor do módulo de Finura e a dimensão máxima do agregado que será utilizado na análise do Quadro 2. Após obter o teor de consumo, basta multiplicar pelo peso específico do agregado, para assim calcular o consumo de agregado graúdo.

Devido ao módulo de finura da areia natural ser de 2,25 e a DMC do agregado graúdo adotado ser de 19 mm - obtém-se que o teor do consumo de agregado é de 0,730. Ou seja, o consumo de agregado graúdo é de 1095 kg/m^3 .

Para finalizar, calcula-se o consumo de agregado miúdo multiplicando o volume de areia pelo seu peso específico real. Utilizando a Eq. (2), tem-se:

$$V_{areia} = 1 - \left(\frac{\text{cimento}}{\gamma_{cim}} + \frac{\text{brita}}{\gamma_{brita}} + \frac{\text{água}}{\gamma_{água}} \right)$$

$$V_{areia} = 1 - \left(\frac{465,7}{3040} + \frac{1095}{2630} + \frac{210}{1000} \right)$$

$$V_{areia} = 0,220$$

Substituindo na Eq. (7):

$$C_{areia} = V_{areia} \times \gamma_{areia} \quad Eq. (7)$$

$$C_{areia} = 0,189 \times 2530$$

$$C_{areia} = 556 \text{ kg/m}^3$$

Por fim, com todos os dados de consumo de cimento, areia, brita e água, pode-se obter o traço em volume unitário, como apresentado no Quadro 12:

Quadro 12 - Traço ABCP

Cimento	Areia	Brita	Água/cimento	Consumo de cimento
1,00	1,19	2,35	0,45	465 kg/m^3

Fonte: Autoria própria, (2023).

Como o método de dosagem ABCP é aplicável para concreto, é utilizado brita no traço, mas para o presente trabalho não foi utilizado o agregado graúdo por se tratar de um microconcreto. Portanto, o método acima não é aplicável ao microconcreto.

Com base no teor de argamassa, foi realizado ensaio por meio de tentativa e erro de traços para o microconcreto. Para cada traço foram utilizados: cimento CP V ARI, areia natural, areia artificial, aditivo superplastificante e água.

5.3 Traço 1

De acordo com o resultado anterior, será utilizado de forma aproximada a relação cimento: brita (1: 2,34) para a relação inicial de cimento: areia (1:2,4), o traço inicial é **cimento: agregado miúdo: água: plastificante**.

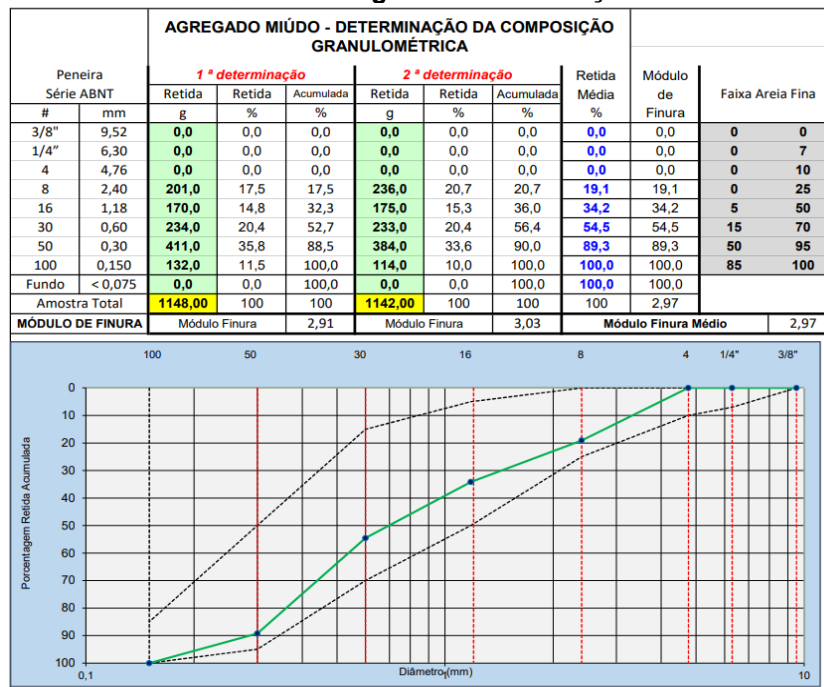
O valor do superplastificante é especificado de acordo com o fabricante em relação ao peso do cimento.

1 : 2,40 (1,2 e 1,2) : 0,4 : 0,012

Para o primeiro traço utiliza-se areia natural e areia artificial em iguais proporções, os agregados foram misturados e peneirados utilizando o jogo de peneiras, conforme o Quadro 5. Inicialmente, realizou-se o ensaio de granulometria dos agregados, em seguida descartou-se o material retido na peneira de abertura 4 e o material que passou pela peneira de abertura 100, conforme o Quadro 13.

Após a análise granulométrica, foi possível obter o quantitativo de cimento, aditivo e água, conforme a Quadro 14.

Quadro 13 - granulometria traço 1



Fonte: Autoria própria (2022).

Quadro 14 - Traço 1

1º TRAÇO - MICROCONCRETO		
INSUMOS	UNIDADE	DOSAGEM
Cimento CP V ARI	kg	0,919
Areia natural	kg	1,148
Areia artificial	kg	1,142
Aditivo	g	11,03
Água	g	367,9

Fonte: Autoria própria, (2022)

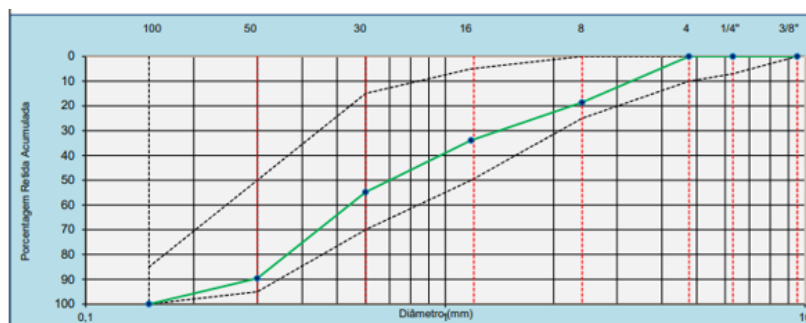
5.4 Traço 2

1 : 2 : 0,4 : 0,012

Para o segundo traço foram utilizadas areia natural e areia artificial. Devido o primeiro traço ter dado 1: 2,40: 0,4: 0,012, foi feita a correção do segundo traço para 1: 2: 0,4: 0,012. Por meio da granulometria do agregado, conforme Quadro 15, o total de material retido nas peneiras de abertura 8, 16, 30, 50 e 100, foi dividido por dois para encontrar o quantitativo de cimento a ser utilizado. Em seguida, encontrou-se a quantidade de aditivo e água para o traço, conforme Quadro 16.

Quadro 15 - Granulometria traço 2

		AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA						Data: 28/10/2022			
RODOVIA:		Trecho:									
LABORATORISTA		Sub-Trecho:		Material:							
Peneira Série ABNT	#	mm	1ª determinação			2ª determinação			Retida Média %	Módulo de Finura	Faixa Areia Fina
			Retida g	Retida %	Acumulada %	Retida g	Retida %	Acumulada %			
3/8"	9,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
1/4"	6,30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
4	4,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
8	2,40	214,0	18,7	18,7	215,0	18,5	18,5	18,6	18,6	0	
16	1,18	170,0	14,8	33,5	184,0	15,8	34,3	33,9	33,9	5	
30	0,60	228,0	19,9	53,4	254,0	21,9	56,2	54,8	54,8	15	
50	0,30	401,0	35,0	88,3	403,0	34,7	90,9	89,6	89,6	50	
100	0,150	134,0	11,7	100,0	106,0	9,1	100,0	100,0	100,0	85	
Fundo	< 0,075	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0		
Amostra Total		1147,00	100	100	1162,00	100	100	100	2,97		
MÓDULO DE FINURA		Módulo Finura		2,94	Módulo Finura		3,00	Módulo Finura Médio		2,97	



Fonte: Autoria própria, (2022)

Quadro 16 - Traço 2

2º TRAÇO - MICROCONCRETO		
INSUMOS	UNIDADE	DOSAGEM
Cimento CP V ARI	kg	1,155
Areia natural	kg	1,162
Areia artificial	kg	1,147
Aditivo	g	13,86
Água	g	462,0

Fonte: Autoria própria, (2022).

5.5 Traço 3

1 : 3 : 0,4 : 0,012

Para o terceiro traço utilizou-se apenas areia natural e realizou-se a correção para 1: 3: 0,4: 0,012. Por meio da granulometria do agregado, conforme Quadro 17, o total de material retido nas peneiras de abertura 8, 16, 30, 50 e 100, foi dividido por três para encontrar o quantitativo de cimento a ser utilizado. Em seguida, encontrou-se a quantidade de aditivo e água para o traço, conforme Quadro 18.

Quadro 17 - Granulometria traço 3

AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA										Data:		
RODOVIA:		Trecho:										
LABORATORISTA		Sub-Trecho:										
		Material:										
Peneira Série ABNT	#	mm	1ª determinação			2ª determinação			Retida Média %	Módulo de Finura	Faixa Areia Fina	
			Retida g	Retida %	Acumulada %	Retida g	Retida %	Acumulada %			0	7
3/8"	9,52		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	
1/4"	6,30		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	7	
4	4,76		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	10	
8	2,40		21,0	1,7	1,7	22,0	1,7	1,7	1,7	0	25	
16	1,18		85,0	6,7	8,3	85,0	6,7	8,5	8,4	5	50	
30	0,60		416,0	32,7	41,1	478,0	37,9	46,4	43,7	15	70	
50	0,30		607,0	47,8	88,8	530,0	42,0	88,4	88,6	50	95	
100	0,150		142,0	11,2	100,0	147,0	11,6	100,0	100,0	85	100	
Fundo	< 0,075		0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0			
Amostra Total			1271,00	100	100	1262,00	100	100	2,42			
MÓDULO DE FINURA			Módulo Finura 2,40			Módulo Finura 2,45			Módulo Finura Médio 2,42			

Fonte: Autoria própria, (2022).

Quadro 18 - Traço 3

3º TRAÇO - MICROCONCRETO		
INSUMOS	UNIDADE	DOSAGEM
Cimento CP V ARI	kg	0,844
Areia natural	kg	2,533
Aditivo	g	10,13
Água	g	337,7

Fonte: Autoria própria, (2022).

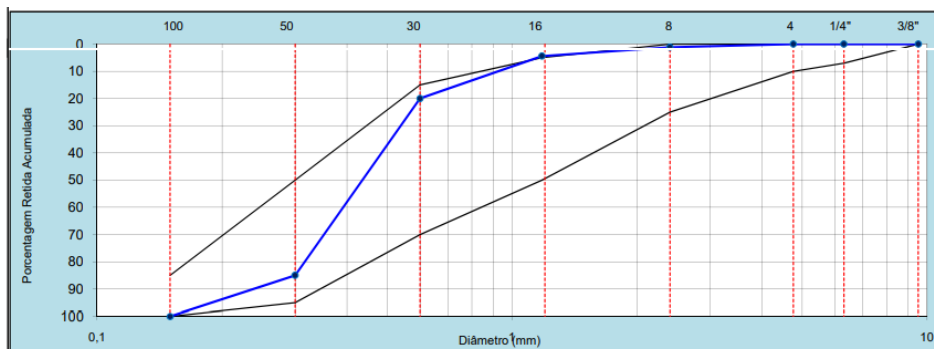
5.6 Traço 4

1 : 2 : 0,4 : 0,012

Para o quarto traço foram utilizadas areia natural e areia artificial, e o cimento utilizado foi o CP II F 32. Por meio da granulometria do agregado, conforme Quadro 19, o total de material retido nas peneiras de abertura 8, 16, 30, 50 e 100, foi dividido por dois para encontrar o quantitativo de cimento a ser utilizado. Em seguida, encontrou-se a quantidade de aditivo e água para o traço, conforme Quadro 20.

Quadro 19 - Granulometria do traço 4

		AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA						Data:			
RODOVIA :		Trecho:									
LABORATORISTA		Sub-Trecho:		Material :							
Peneira Série ABNT	#	mm	1ª determinação			2ª determinação			Retida Média	Módulo de Finura	Faixa Areia Fina
			Retida g	Retida %	Acumulada %	Retida g	Retida %	Acumulada %			
3/8"	9,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	
1/4"	6,30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 7	
4	4,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 10	
8	2,40	16,0	1,5	1,5	9,0	0,8	0,8	1,1	1,1	0 25	
16	1,18	30,0	2,7	4,2	43,0	3,8	4,6	4,4	4,4	5 50	
30	0,60	145,0	13,2	17,4	202,0	18,0	22,6	20,0	20,0	15 70	
50	0,30	741,0	67,4	84,7	703,0	62,7	85,3	85,0	85,0	50 95	
100	0,150	168,0	15,3	100,0	165,0	14,7	100,0	100,0	100,0	85 100	
Fundo	< 0,075	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0		
Amostra Total		1100,00	100	100	1122,00	100	100	100	2,11		
MÓDULO DE FINURA		Módulo Finura		2,08	Módulo Finura		2,13	Módulo Finura Médio		2,11	



Fonte: Autoria própria, (2023).

Quadro 20 - Traço 4

4º TRAÇO - MICROCONCRETO		
INSUMOS	UNIDADE	DOSAGEM
Cimento CP II F 32	kg	1,150
Areia natural	kg	2,300
Aditivo	g	13,80
Água	g	460,0

Fonte: Autoria própria, (2023).

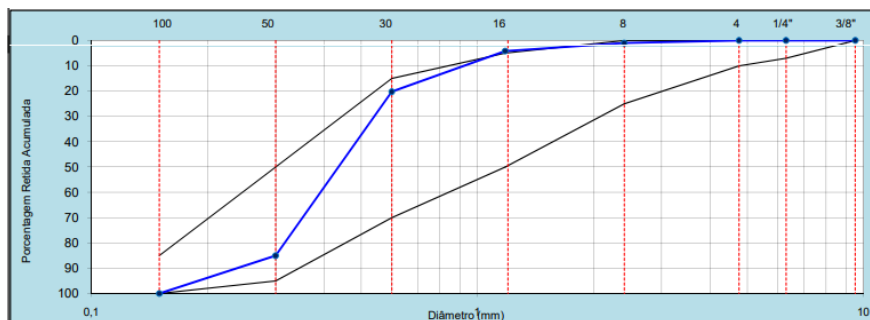
5.7 Traço 5

1 : 2 : 0,26 : 0,012

Por último, foi realizado o quinto traço com areia natural e areia artificial, e o cimento utilizado foi o CP IV ARI. Também utilizando a granulometria do agregado, conforme Quadro 21, o total de material retido nas peneiras de abertura 8, 16, 30, 50 e 100, foi dividido por dois, determinando o quantitativo de cimento a ser utilizado. Em seguida, determinou-se a quantidade de aditivo e água para o traço, conforme Quadro 22.

Quadro 21 - Granulometria do traço 5

AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA										Data:							
RODOVIA:		Trecho:															
LABORATORISTA		Sub-Trecho:		Material:													
Peneira Série ABNT	#	mm	1ª determinação			2ª determinação			Retida Média %	Módulo de Finura	Faixa Areia Fina						
			Retida g	Retida %	Acumulada %	Retida g	Retida %	Acumulada %			0	7					
3/8"	9,52		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0						
1/4"	6,30		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	7						
4	4,76		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	10						
8	2,40		12,0	1,1	1,1	11,0	1,0	1,0	1,0	0	25						
16	1,18		32,0	2,9	3,9	38,0	3,4	4,4	4,2	5	50						
30	0,60		158,0	14,1	18,1	200,0	18,0	22,4	20,3	15	70						
50	0,30		746,0	66,7	84,8	698,0	62,9	85,3	85,1	50	95						
100	0,150		170,0	15,2	100,0	163,0	14,7	100,0	100,0	85	100						
Fundo	< 0,075		0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0								
Amostra Total			1118,00	100	100	1110,00	100	100	2,11								
MÓDULO DE FINURA			Módulo Finura			2,08			Módulo Finura			2,13		Módulo Finura Médio		2,11	



Fonte: Autoria própria, (2023).

Quadro 22 - Traço 5

5° TRAÇO - MICROCONCRETO		
INSUMOS	UNIDADE	DOSAGEM
Cimento CP V ARI	kg	1,150
Areia natural	kg	2,300
Aditivo	g	13,80
Água	g	460,0
Sobra de água	g	295

Fonte: Autoria própria, (2023).

6 RESULTADOS

Após um período de 28 dias, obteve-se a resistência média de cada traço. O Quadro 23 apresenta os resultados dos traços 1, 2 e 3. Para cada traço foi moldado o corpo de prova com períodos de rompimento com 24 horas, 3 dias, 7 dias e 28 dias. As Fotografias 6, 7 e 8 apresentam os resultados dos rompimentos com período 28 dias de cada traço.

O Quadro 24 apresenta os resultados dos traços 4 e 5. O período de rompimento foi de 24 horas, 7 dias, 14 dias e 28 dias. Nas Fotografias 18 e 19, os resultados de rompimento com período de 28 dias são apresentados.

Conforme mostra o Quadro 25, analisa-se um comparativo de resultados de todos os traços.

Fotografia 6 - Resultado 28 dias traço 1



Fonte: Autoria própria, (2022).

Fotografia 7 - Resultado 28 dias traço 2

Fonte: Autoria própria, (2022).

Fotografia 8 - Resultado 28 dias traço 3

Fonte: Autoria própria, (2022).

Fotografia 9 - Resultado 28 dias traço 4



Fonte: Autoria própria, (2023).

Fotografia 10 - Resultado 28 dias traço 5



Fonte: Autoria própria, (2023)

Quadro 23 - Resultados dos traços 1, 2 e 3

TRAÇO 1				
MOLDAGEM	RUPTURA	CARGA (tf)	<i>f_c</i> (MPa)	PERÍODO
26/10/2022	27/10/2022	4.77	24.29	24 horas
26/10/2022	29/10/2022	6.89	35.09	3 dias
26/10/2022	03/11/2022	8.43	42.94	7 dias
26/10/2022	23/11/2022	10.91	55.97	28 dias

TRAÇO 2				
MOLDAGEM	RUPTURA	CARGA (tf)	<i>f_c</i> (MPa)	PERÍODO
28/10/2022	29/10/2022	5.63	28.68	24 horas
28/10/2022	31/10/2022	8.70	44.32	3 dias
28/10/2022	04/11/2022	8.99	45.79	7 dias
28/10/2022	25/11/2022	12.56	62.90	28 dias

TRAÇO 3				
MOLDAGEM	RUPTURA	CARGA (tf)	<i>f_c</i> (MPa)	PERÍODO
28/10/2022	29/10/2022	1.15	5.86	24 horas
28/10/2022	31/10/2022	3.07	15.64	3 dias
28/10/2022	04/11/2022	3.50	17.83	7 dias
28/10/2022	25/11/2022	4.95	25.11	28 dias

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 24 - Resultados dos traços 4 e 5

TRAÇO 4				
MOLDAGEM	RUPTURA	CARGA (tf)	<i>f_c</i> (MPa)	PERÍODO
23/03/2023	30/03/2023	3.13	15.92	7 dias
23/03/2023	06/04/2023	3.9	19.64	14 dias
23/03/2023	20/04/2023	4.71	24.00	28 dias

TRAÇO 5				
MOLDAGEM	RUPTURA	CARGA (tf)	<i>f_c</i> (MPa)	PERÍODO
29/03/2023	30/03/2023	6.93	34.40	24 horas
29/03/2023	06/04/2023	7.07	34.97	7 dias
29/03/2023	13/04/2023	6.34	32.56	14 dias
29/03/2023	27/04/2023	10.65	54.70	28 dias

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 25 - Resultados comparativos

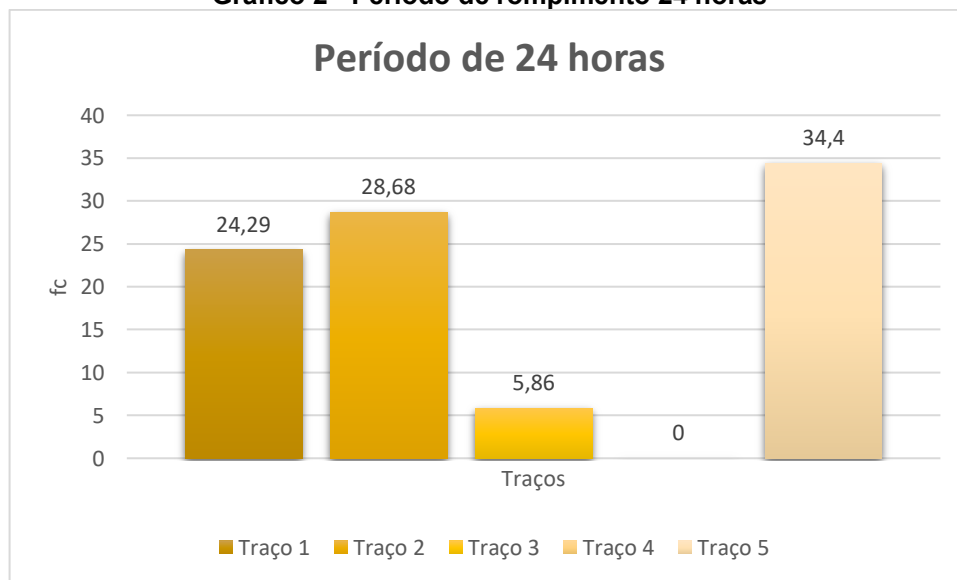
TRAÇO	24 HORAS (MPa)	3 DIAS (MPa)	7 DIAS (MPa)	14 DIAS (MPa)	28 DIAS (MPa)
1	24,29	35,09	42,94	*****	55,97
2	26,68	44,32	45,79	*****	62,90
3	5,86	15,64	17,83	*****	25,11
4	*****	*****	15,92	19,64	24,00
5	34,40	*****	34,97	32,56	54,70

Fonte: Autoria própria (2023)

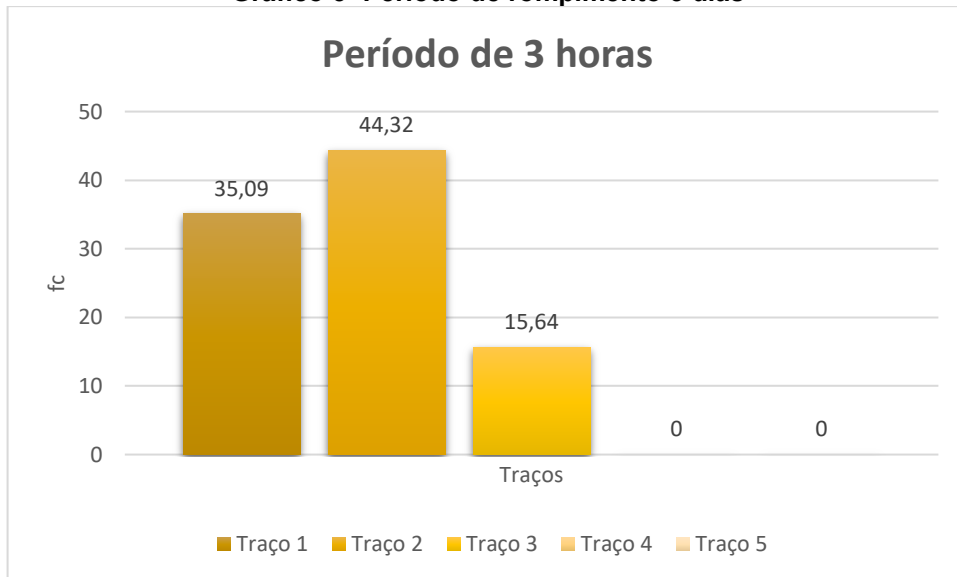
Observação: o que se lê na tabela (*****), são os períodos em que não houve o rompimento dos corpos de prova.

Nos Gráficos 2, 3, 4, 5 e 6 analisa-se os resultados comparativos das resistências em cada período de rompimento dos corpos de prova.

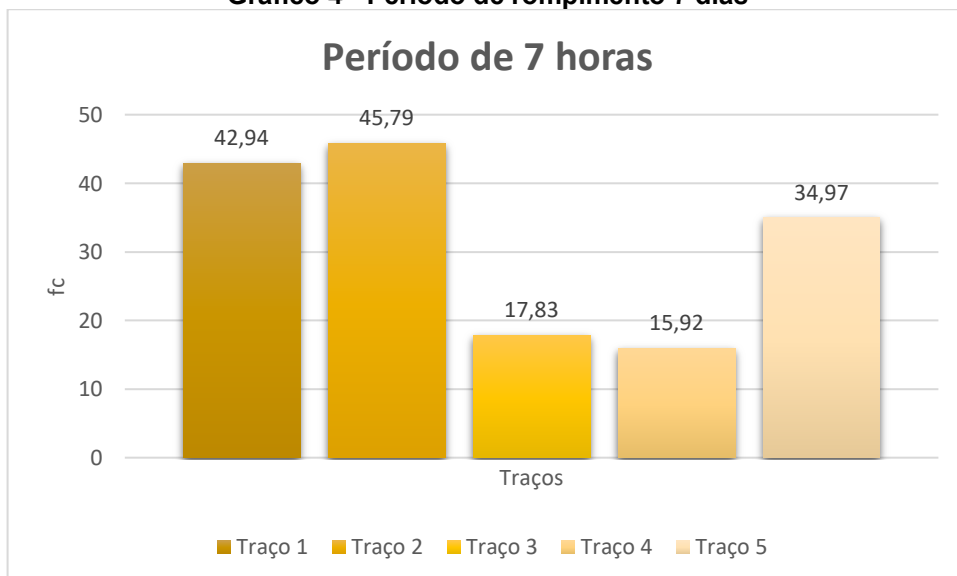
Gráfico 2 - Período de rompimento 24 horas



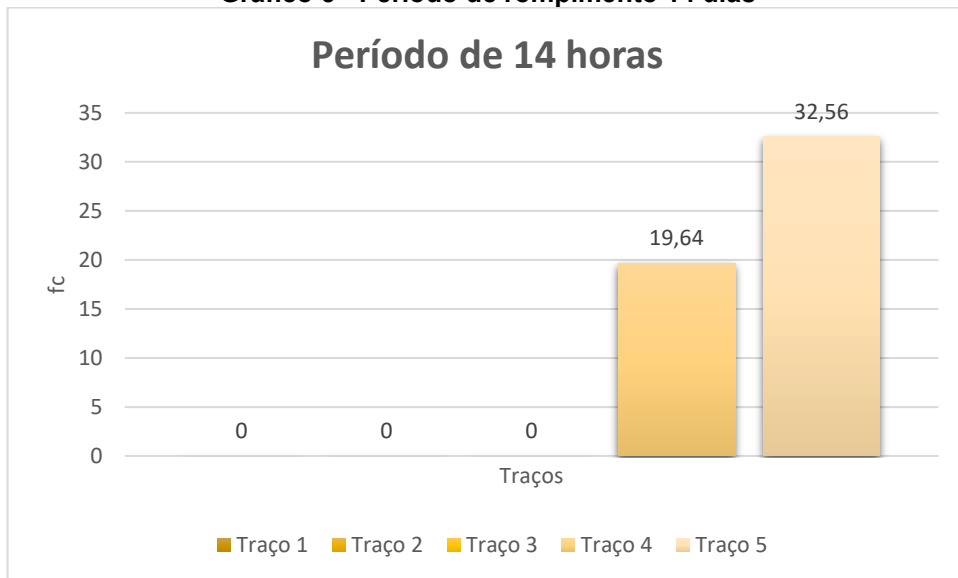
Fonte: Autoria própria, (2023).

Gráfico 3- Período de rompimento 3 dias

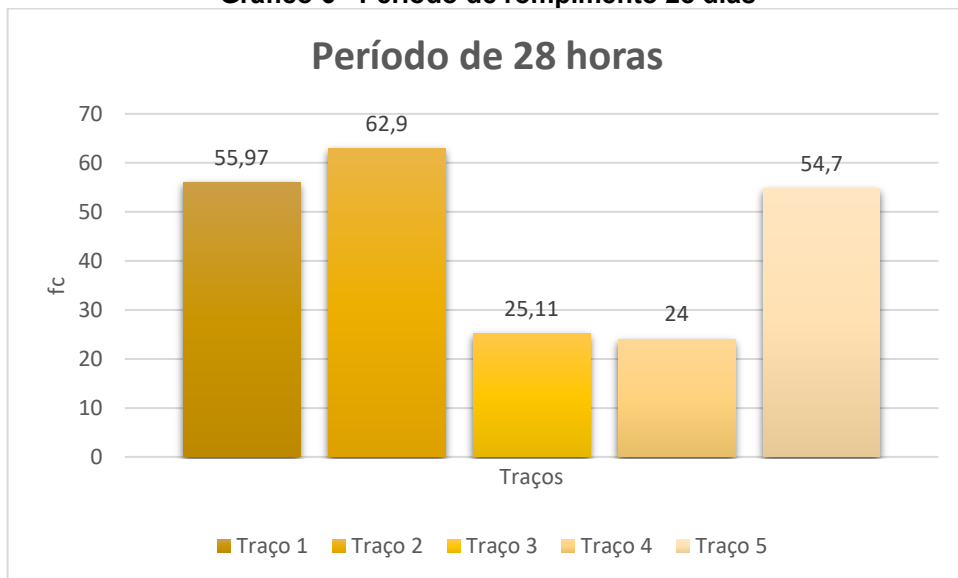
Fonte: Autoria própria, (2023).

Gráfico 4 - Período de rompimento 7 dias

Fonte: Autoria própria, (2023)

Gráfico 5 - Período de rompimento 14 dias

Fonte: Autoria própria, (2023).

Gráfico 6 - Período de rompimento 28 dias

Fonte: Autoria própria, (2023)

Por fim, realizou-se um comparativo de preços dos traços elaborados neste trabalho, apresentado no Quadro 26, composto pelos custos de cada insumo, com suas respectivas unidades de medida e pelo custo final do microconcreto, na quantidade de 25 kg. Verifica-se o custo final de R\$ 7,91 reais para o traço composto por areia natural e areia artificial; já o traço composto apenas por areia natural apresenta um custo de R\$ 8,01 reais, verificando assim um custo benefício satisfatório.

Quadro 26 - Custo Final do microconcreto

MICROCONCRETO - 25 kg				
cimento/ areia natural / areia artificial / superplastificante				
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO	SUBTOTAL
CIMENTO	kg	8,330	R\$ 0,68	R\$ 5,66
AREIA NATURAL	m ³	0,033	R\$ 88,00	R\$ 0,28
AREIA ARTIFICIAL	m ³	0,022	R\$ 66,48	R\$ 0,18
ADITIVO	kg	0,099	R\$ 18,09	R\$ 1,79
			TOTAL	R\$ 7,91

MICROCONCRETO - 25 kg				
cimento / areia natural / superplastificante				
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO	SUBTOTAL
CIMENTO	kg	8,330	R\$ 0,68	R\$ 5,66
AREIA	m ³	0,0640	R\$ 88,00	R\$ 0,56
ADITIVO	kg	0,099	R\$ 18,09	R\$ 1,79
			TOTAL	R\$ 8,01

Fonte: Autoria própria, (2023).

7 CONCLUSÃO

No presente trabalho foram elaborados traços de microconcreto por meio de tentativa e erro, o qual atenda a classe C50 (similar ao industrializado). Através de análises e ensaios, verificou-se que é possível realizar um traço para microconcreto no canteiro de obras a um custo 11,8% inferior ao valor comercial. Os Traços 1, 2 e 5 obtiveram resultados satisfatórios, com resistências acima de 50 MPa. No Traço 5 é possível verificar oscilação dos resultados com 24 horas a 14 dias, devido a não retificação (ou capeamento) do corpo de prova, já no período de 28 dias foi feita a regularização das bases por meio da retificação, possibilitando o resultado correto do traço. O Traço 3 não chegou ao resultado esperado, devido ao elevado teor de cimento/areia em relação aos outros traços. O Traço 4 também não obteve a resistência satisfatória devido ao uso do cimento CP II F 32.

É importante salientar o uso de superplastificantes para diminuir a relação água/cimento, que, de acordo com o fabricante, deve-se adicionar 1,2% do peso do cimento.

Para trabalhos futuros, sugere-se pesquisar o microconcreto com alta aderência entre o concreto existente e o novo, assim como argamassa estrutural de alta aderência.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-1:** Alvenaria Estrutural Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-2:** Alvenaria Estrutural Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655:** Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889:** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17054:** Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 52:** Agregados – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru, 2019. Nota de aula – Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- CALÇADA, L. M. L. **Avaliação do comportamento de prismas grauteados e não grauteados de bloco de concreto**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina
- GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. 1º edição, São Paulo: Pini, agosto de 1992.
- HELENA, P; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: Pini, 1992
- MATOS, R. V. **Reforço de Estruturas de Concreto Armado com compósitos de Fibras de Carbono:** Estudo de Caso em vigas de Transição de Edifício Residencial. Goiânia, 2018. Monografia – Universidade Federal de Goiás.

NASCIMENTO, L. C. **Análise de viabilidade entre concreto dosados pelos métodos da ABCP/ACI e IPT/USP**. Santo Agostinho, 2019. Trabalho de conclusão de curso (TCC) – Universidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho.

OLIVEIRA, D. H. M. **Estudo de dosagem de concreto para traços pobres com agregados da região de João Pessoa – PB**. João Pessoa, 2018. Trabalho de conclusão de curso (TCC) – Universidade Federal da Paraíba.

PEREIRA, C. **O que é a tabela SINAPI?**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sinapi/>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

REIS, L.S.N. **Sobre a Recuperação e Reforço das Estruturas de Concreto Armado**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

REVISTA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA CIVIL. Vol. 15. Goiás, 2019. ISSN 2179-0612. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/reec/index>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

ROMAGNA, R. H. **Resistência À Compressão De Prismas De Blocos De Concreto Grauteados E Não Grauteados**, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

SILVA, W. J. **Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitos a ações verticais**. Ilha Solteira, 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista

SILVA, R. V. **Microconcreto de alto desempenho com fibras de polipropileno**. Goiânia, 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás.

TAKEUTI, A, R. **Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho**. São Carlos, 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos.

VIEIRA, L. Vazios de concretagem: Saiba como evitar. **Montagem das fôrmas, traço, adensamento e lançamento adequados do concreto são etapas essenciais que, quando bem executadas, previnem a patologia**, Votorantim Cimentos, 4 out. 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/saiba-como-evitar-os-vazios-de-concretagem/>. Acesso em: 1 jun. 2022.