

Curso técnico em edificações

Bruno de Barros Amaral Dorneles

Denis Damião de Almeida Pereira

Diogo Henrique Batista

Gabriel Henrique dos Santos Braz

**ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DA
ARGAMASSA A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO
MIÚDO POR VIDRO MOÍDO**

SÃO PAULO

2025

Curso técnico em edificações

Bruno de Barros Amaral Dorneles

Denis Damião de Almeida Pereira

Diogo Henrique Batista

Gabriel Henrique dos Santos Braz

**ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DA
ARGAMASSA A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO
MIÚDO POR VIDRO MOÍDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
edificações da Etec Itaquera II, orientado
pelo professor Me. Murillo Donizeti dos
Santos Rosa, Antonio Carlos Heleno de
Oliveira e Me. Aparecida Massako
Tomioka como requisito parcial para
obtenção do título de técnico em
edificações.

SÃO PAULO

2025

Bruno de Barros Amaral Dorneles

Denis Damião de Almeida Pereira

Diogo Henrique Batista

Gabriel Henrique dos Santos Braz

**ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DA
ARGAMASSA A PARTIR DA SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO
MIÚDO POR VIDRO MOÍDO**

Trabalho de conclusão de curso Edificações

Aprovado por:

(título e nome de elemento que compõe a banca examinadora)

(Data)

(título e nome de elemento que compõe a banca examinadora)

(Data)

(título e nome de elemento que compõe a banca examinadora)

(Data)

Dedico aos meus familiares e amigos que
me auxiliaram durante o processo de
construção deste trabalho

AGRADECIMENTOS

Para essa difícil conclusão, é de praxe a gratidão aos orientadores e profissionais da educação do instituto Centro Paula Souza que nos propuseram a educação necessária para a conclusão deste curso.

Em especial decidimos agradecer ao Mestre Murillo Donizeti dos Santos Rosa, orientador pessoal do grupo, sempre suplementando e formando a pesquisa com sua experiência laboratorial e técnica.

É imprescindível o agradecimento a técnica de laboratório, Ana Caroline Moraes Lima, fornecendo sempre sua experiência e técnica em todos os ensaios técnicos necessários para o estudo.

Aos meus familiares, que me incentivaram e possibilitaram o ímpeto na reta final na formação acadêmica como técnico, compreendendo a ausência e isolamento para tal conquista.

RESUMO

A alvenaria estrutural é o método construtivo mais aplicado no contexto brasileiro, entretanto uma porção considerável do custo dessa obra acaba por direcionar-se aos elementos descartados, sendo pelo superdimensionamento, mal armazenamento, perda etc. Visto que a nação é referência em sustentabilidade, porém revela uma fragilidade dependendo do material, como o caso do vidro, atribuiu-se as propriedades desse material a partir da sua atribuição em uma argamassa de assentamento em razões de 10 e 20% como substituto parcial do agregado miúdo, buscando a redução dos gastos excedentes e aumentar a reciclagem do vidro no Brasil. Por intermédio de um fator água/cimento de 1,9 para ambos três traços possibilitando a reatividade com todos os elementos aglomerantes analisou-se que a resistência à compressão aos 28 dias apresentou uma equidade do segundo traço, com substituição de 10% do agregado para com vidro moído, em relação ao modelo, entretanto uma diminuição relevante com o terceiro traço nas mesmas condições, um quinto para estabelecer uma especificidade. A partir da pesquisa foi possível analisar patologias proporcionais ao aumento da substituição por vidro moído, entretanto ainda compreende às especificações normativas, principalmente a NBR 13279 (2005).

Palavras-chave: Vidro moído, Argamassa, Resistência, Viabilidade.

ABSTRACT

Structural masonry is the most widely used construction method in the Brazilian context, however, a specific specification of the cost of this work ends up being directed towards discarded elements, due to oversizing, poor storage, loss, etc. surpluses and increasing glass recycling in Brazil. Through a water/cement factor of 1.9 for both three mixes, enabling reactivity with all the agglomerating elements analyzed, the resistance to extension at 28 days showed an equity of the second mix, with replacements of 10% of the aggregate for ground glass, in relation to the model, between a relevant difference with the third mix under the same conditions, a fifth to establish a specificity. From the research it was possible to analyze the pathologies proportional to the increase in replacement by ground glass, however it still understands the normative specifications, NBR 13279 (2005).

Keywords: Ground glass, Mortar, Resistance, Viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cimento Portland com adição de filler	19
Figura 2 - Cal hidratada de tipo III.....	21
Figura 3 – Aumento da fabricação de vidro pelo Brasil (2013 a 2020)	24
Figura 4 - Dimensões dos corpos de prova (NBR 7215) (a) diâmetro; (b) altura.....	35
Figura 5 – Alinhamento de 12 corpos de prova cilíndricos de dimensão 5X10	35
Figura 6 – Materiais analisados para o traço modelo (sem substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de água. .	36
Figura 7 – Materiais analisados para o traço 2 (10% de substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de vidro grosso; (e) amostra de água.....	37
Figura 8 - Materiais analisados para o traço 3 (20% de substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de vidro grosso; (e) amostra de água.....	37
Figura 9 – Materiais necessários para a moldagem ideal dos corpos de prova (a) fluido desmoldante; (b) moldes de corpos de prova (5X10) posicionados e vedados na face inferior	38
Figura 10 - Processo de mistura de uma argamassa (a) elementos secos da argamassa antes da adição de água; (b) argamassa misturada	38
Figura 11 - Corpos de prova modelados (a) vista frontal; (b) vista superior	39
Figura 12 - Corpos de prova remanescente após desmolde (4 do traço modelo, 2 do traço com 10% de substituição e 3 do com 20%, totalizando 9).....	40
Figura 13 - Corpos de prova em cura final em cuba saturada em água e cal.....	41
Figura 14 - Organograma de ensaios	26
Figura 15 – Ensaio de massa específica real do cimento com frasco Le Chatelier (a) pesagem da amostra de cimento; (b) materiais utilizados: amostra de material, querosene, funil e frasco Le Chatelier.	27
Figura 16 - Ensaio de determinação do tempo de pega com aparelho de Vicat. Preparação da pasta de consistência normal com cimento, gesso e água destilada, preenchimento do molde troncocônico com compactação manual e posicionamento sob o aparelho de Vicat previamente regularizado para início da medição.	28

Figura 17 - Ensaio de massa específica real do cimento com frasco Le Chatelier (a) materiais utilizados: amostra de material, querosene, funil e frasco Le Chatelier.; (b) pesagem da amostra de cimento.....	29
Figura 18 – Ensaio de massa específica real com frasco Chapman. (a) amostra de areia (500g); (b) materiais utilizados: frasco Chapman, amostra de 500g de areia, funil e água.	31
Figura 19 - Ensaio de massa específica real com frasco Chapman. (a) amostra de areia (500g); (b) materiais utilizados: frasco Chapman, amostra de 500g de areia, funil e água.	33
Figura 20 - Corpos de prova rompidos (a) argamassa modelo; (b) argamassa com 10% de substituição de vidro moído pelo agregado miúdo; (c) argamassa com 20% de substituição de substituição de vidro moído pelo agregado miúdo	42
Figura 21 – Ensaio de massa específica real do cimento (NBR 16605 – 2017)	43
Figura 22 - Ensaio 1 a 4.....	44
Figura 23 – Resultados máximos adquiridos no ensaio com aparelho de Vicat	45
Figura 24 - Resultado do ensaio de massa específica da cal hidratada	45
Figura 25 - Amostras retidas em cada série de peneira granulométrica	46
Figura 26 - Granulometria do vidro	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Progresso do ensaio de tempo de pega	44
Gráfico 2 - Representação da massa de areia retida acumulada (NM 248).....	46
Gráfico 3 - Representação da massa de areia retida acumulada (NM 248).....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipologia do Cimento Portland.....	19
Quadro 2 - Funções do vidro em relação a seu módulo de finura.....	22
Quadro 4 - Traço 1 (Modelo/referência).....	36
Quadro 5 - Traço 2 (10% de substituição)	36
Quadro 6 - Traço 3 (20% de substituição)	37
Quadro 7 - Resultado obtido a partir da determinação do tempo de trabalhabilidade do CP II F 32.....	58
Quadro 8 - Representação das massas retidas de areia nas peneiras propriamente estabelecidas. NM 248 (2003).....	59
Quadro 9 - Representação das massas retidas de vidro nas peneiras propriamente estabelecidas. NM 248 (2003).....	59

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	27
Equação 2	30
Equação 3	31
Equação 4	33
Equação [5]	42
Equação [6]	48

Sumário

1.	Introdução	15
1.1.	Objetivos.....	17
1.1.1	Geral.....	17
1.1.2	Específicos	17
2.	Materiais.....	17
2.1	Cimento	18
2.2	Cal	20
2.3	Agregados.....	21
2.3.1	Areia.....	22
2.3.2	Vidro.....	23
2.4	Água	25
3.	Ensaio laboratoriais	26
3.1	Massa específica (NBR 16605:2017)	26
3.2	Ensaio de tempo de pega (ABNT NBR NM 65:2003)	27
3.4	Determinação da composição granulométrica - NM 248 (2003).....	30
3.5	Massa específica real –NM 52 (2009).....	31
3.6	Moagem do vidro float - NM 248 (2003)	31
3.7	Massa específica real - NM 52 (2009).....	32
2. 5	Argamassa.....	33
2.5.1	Quantificação dos materiais	34
2.5.2	Moldagem dos corpos de prova.....	37
2.5.3.	Cura da argamassa	39
2.5.3.1.	Em ar (inicial)	40
2.5.3.2.	Em água.....	40
2.5	Ensaio mecânico	41
2.5.1	Determinação de resistência à compressão (NBR 7215: 1996).....	41
3.	Caracterização dos materiais	42
3.1.	Cimento Portland	42
3.2.	Cal hidratada (CH III)	45
3.3.	Agregados.....	46
3.4.	Argamassas	48
4.	Considerações finais	49
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXOS – MATERIAIS.....	58

A.1. Resultado dos Ensaio de Caracterização de Materiais	58
--	----

1. Introdução

A situação do Brasil, principalmente devido à colonização, é de um país subdesenvolvido e focado em atividades rurais devido a variabilidade de climas encontrados no território, favorecendo o cultivo de matéria-prima. Com atraso em diversos ramos sociais, a tecnologia também acarretou por chegar à nação de forma tardia, apenas durante o fim do século XIX desempenhou-se tecnologias implementadas em outras nações, como o poder calorífico do carvão, descoberto no século XVII, e do petróleo, no século XVIII, segundo Freitas (2022).

A veloz introdução de tecnologia em um meio social sem estrutura para seu suporte acarretou à polarização tecnológica de recursos, priorizando as regiões litorâneas e com acesso a portos, como o caso de São Paulo e Rio de Janeiro, de acordo com Pena (2021). Esse desenvolvimento repentino da região sudeste requereu a migração de esforços trabalhistas, tanto aqueles inter-regionais (nortista, nordestinos etc.) quanto os estrangeiros (japoneses, italianos, alemães, espanhóis etc., para suprir a demanda da amplificação que se passava. A distribuição desigual mediante dos recursos e mão de obra influenciou grandemente no desenvolvimento das demais regiões brasileiras (nordeste, norte, centro-oeste e sul), influenciando no desenvolvimento da entrada de recursos em seus territórios, consoante a Guitarrara (2022).

A explosão demográfica ocorrida durante o século XX e XXI, que levou o Brasil de 25 milhões de habitantes para aproximadamente 200 milhões, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), afetou o mantimento ao cumprimento do acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) em relação aos direitos humanos, com a proporção de moradia, segurança, saúde, educação etc. para a população nacional. O engrandecimento dessas necessidades básicas expôs a importância da construção civil no meio social e, principalmente, a urgência de seu desenvolvimento, desde a viabilização financeira da obra à aceleração dos processos construtivos, propostas atingidas a partir do uso favorável dos materiais, buscando sempre a satisfação do cliente, destacado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2017)

A classificação dos materiais depende de suas funções, os componentes de um tijolo, a forma da conglomeração de materiais para a junta de uma liga resistente em forma de argamassa, com o cimento, areia e água foram parte do desenvolvimento da

tecnologia envolta à construção civil e tornaram possível a projeção de edifícios de todas as dimensões, como pequeno, médio e grande porte, exposto por Pádua (2024).

A dependência do sistema construtivo desenvolvido a partir de alvenaria estrutural é evidente mediante a análise feita pela Pesquisa Nacional por Amstras de Domicílios (PNAD Contínua), coordenada com o IBGE, onde estipula-se que mais que 80% da nação se beneficia desse método. Essa forma é viável por diversos fatores como a resistência ao fogo, custo baixo, a rapidez da obra etc., e o elemento que possibilita essas características do sistema construtivo é a presença da argamassa como fator de ligação entre os seus componentes.

Enquanto a indústria construtiva se concretizou em meados do século XIX, a regularização de resíduos das demais foi negligenciada até o século XX, mais especificamente com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004). Entretanto, a conformidade da legislação brasileira não é atendida pela sociedade contemporânea. Mesmo que a nação seja referência mundial em sustentabilidade, ainda revelamos uma fragilidade no campo da reciclagem de materiais não-metálicos, como o vidro.

O destino de grande parte (95%) dos resíduos gerados pela população é direcionado para áreas de minimização de danos ambientais por estes, sendo esse químico, físico ou biológico, entretanto ainda é possível que estes sejam realocados na indústria por meio de tratamentos específicos, evitando a extração de matéria-prima e um maior dano ambiental, de acordo com o Governo do Estado de São Paulo (2025).

De acordo com Fávero (2019), o uso de material sustentável em argamassa pode beneficiar a resistência à compressão desta em relação a uma convencional, sem substitutos. Além da promoção da resistência mecânica pela sílica do vidro, o “efeito filler” ainda promove o preenchimento dos vãos da mistura ocasionados pela retirada de parte do agregado miúdo.

A consistência da argamassa proverá satisfação devido à proporção de água sugerida por Isaia (2007), conformando a reação dos aglomerantes hidráulicos nessa mistura, inibindo qualquer patologia associada à retração da argamassa.

Segundo Kihara (1988), a longo prazo, a adição de vidro provém a reatividade à sílica presente no quartzo da areia, ionizando os poros alcalinos do aglomerante e os dos agregados presentes na mistura. Essa reação, conhecida como “reação álcali-sílica”,

é passível de patologias pela formação de um gel expansivo surgido através da difusão dos elementos da argamassa, como o silanol (SiOH).

Entretanto, a presença de carbonato de cálcio, substância de pH básico, habilita a reação com possíveis ácidos formados pelo ambiente, como o nítrico e sulfúrico (H_2SO_4 e HNO_3 , respectivamente), inibindo grandemente a possibilidade do desenvolvimento patológico a partir de desses, findando em uma mistura mais estável e visada nesse contexto.

A proposta apresentada neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é produzir uma argamassa sustentável, composta parcialmente por vidro moído, e analisar sua viabilidade, tanto em quesito resistivo quanto em trabalhabilidade, comprovando a relevância e pertinência para o meio construtivo e social, confirmando de maneira técnica o aprimoramento desta a partir do reuso do material.

1.1. Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar os resultados dos ensaios de compressão de uma argamassa quanto a substituição parcial do agregado miúdo por vidro miúdo e sua viabilidade.

1.1.2 Específicos

- Expressar a caracterização dos materiais utilizados nos traços, especialmente o vidro.
- Estabelecer os diferentes traços necessários a partir da substituição do vidro para a normatização dos ensaios.
- Comparar o desempenho físico-mecânico das argamassas de assentamento mediante as suas substituições por vidro.

2. Materiais

Como citado anteriormente (em 1. Introdução), a proposta deste trabalho ronda em volta da análise de ensaios para a composição de uma argamassa de assentamento por meio da normatização proposta pela ABNT.

2.1 Cimento

Neville (2010) define que o cimento Portland é derivado da combinação de calcário, sílica, alumina e óxido de ferro. A mistura é feita em um forno rotativo onde a temperatura pode chegar a 1500°C em constante movimento. No final do processo, os materiais são fundidos em forma de esfera com dimensões entre 3 e 25 mm de diâmetro (clínquer), as esferas são trituradas e misturadas com sulfato de cálcio a fim de evitar a pega imediata do cimento. Os principais componentes do cimento Portland são Silicato tricálcico (C_3S), Silicato dicálcico (C_2S), Aluminato tricálcico (C_3A) e Ferro aluminato tetracálcico (C_4AF).

Material pulverulento (pó) de cor acinzentada, resultante da calcinação de pedras calcárias carbonatadas contendo entre 20 e 40% de argila. Diferentemente da cal hidratada, este proporciona resistência a esforços mecânicos, além de ser um aglomerante hidráulico, ou seja, precisa de água para se tornar trabalhável.

A argila é a responsável por reduzir a absorção de água e aumentar a tensão de ruptura, o minério de ferro gera uma maior resistência, a utilização do gesso serve para nivelar e dar acabamentos em superfícies, já a escória melhora as fases de distribuição do clínquer e economiza energia de moagem.

Ademais, é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, indispensável nas edificações por alvenaria por ser um elemento que dá forma, resistência e durabilidade às estruturas, conforme Vieira (2021). É um aglomerante usado para produzir argamassas, quando misturado com agregados miúdos e utilizado para fabricar concreto, quando misturado tanto com miúdos ou graúdos.

O cimento comum é chamado Portland, havendo diferentes tipos no mercado, o mais comum às vendas é o cimento de pega normal, o cimento de pega rápida é somente a pedidos, já o cimento branco, utilizado para efeitos estéticos (azulejos etc.). O uso da argamassa no meio construtivo é de extrema importância, porém o cuidado com o seu manuseio é um fator crucial para a sucessão da obra, tanto em quesito de custo quanto em tempo de conclusão, devido a seu período suscetível a receber trabalho (PEGA). As reações da argamassa com o meio ambiente, sendo eólico ou hidráulico, interfere na PEGA, podendo ser rápida ($30 \text{ min} > t$), semirrápida ($30 \text{ min} < t < 60 \text{ min}$), como no gesso, ou normal ($t > 60 \text{ min}$), argamassa de assentamento.

Quadro 1 - Tipologia do Cimento Portland

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória Siderúrgica (%)	Material Pozolânico (%)	Calcário (%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II - Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

(Fonte: AEC Revista, Cruz [2024])

Figura 1 - Cimento Portland com adição de filler



(Fonte: Votoran)

O CP II F 32 é um cimento composto de 6 a 10% de material carbonático, responsável pelo preenchimento de vazios, função visada neste trabalho devido à substituição de agregados pelo vidro moído, fator conhecido como “Efeito filler”,

conforme Oliveira (2012). Além de ser visado para diversas etapas de uma obra, da infra e superestrutura, revestimento etc.

2.2 Cal

A cal é um aglomerante utilizado na construção civil para elaboração de argamassas e preparação dos processos de pintura. Podem ser calcárias quando grande parte do calcário que a originou é composto de carbonato de cálcio (CaCO_3) ou dolomíticas, nesse caso, a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) é predominante em sua composição. De acordo com Tutikian e Dalmolin (2008), explicam que a cal preenche os vazios existentes no cimento e contribui para a eliminação da água em excesso. Já Guimarães, Gomes e Seabra (2004) salientam que a cal contribui para a hidratação do cimento por reter a água.

Os benefícios da presença da cal nas argamassas mistas de acabamento estão associados, majoritariamente, ao aumento da plasticidade no estado fresco e ao favorecimento da deformabilidade da mistura endurecida, mas em ambientes quentes ou ventilados as argamassas podem perder água rapidamente, prejudicando a cura.

No meio da construção civil existem dois tipos de cal, sendo elas, a cal virgem e a cal hidratada. A composição da cal virgem é diferente da hidratada, sendo que na primeira há maior presença de cálcio e magnésio. No segundo tipo, prevalecem os hidróxidos de cálcio e de magnésio, além de pequenos teores de óxidos não hidratados.

A NBR 6453 — Cal virgem para construção civil especifica três tipos de produtos: CV-E, CV-C e CV-P. Basicamente, as categorias traduzem os graus de pureza da matéria-prima empregada e as diferentes características do processo industrial de produção.

Já para as cales hidratadas, existem outros três grupos no mercado brasileiro: CH I, CH II e CH III. Categorias que também são determinadas em função da matéria-prima e processo de industrialização. Esses produtos são regulados pela ABNT NBR 6473.

De maneira geral, a cal hidratada é a mais usada na construção civil nacional. A escolha se justifica pela maior segurança no transporte, manuseio e aplicação. Seu aproveitamento acontece, principalmente, na preparação de argamassas destinadas ao revestimento de fachadas ou assentamento dos elementos de alvenaria. Apesar de a hidratada ser a mais popular, a virgem também pode ser utilizada nas argamassas. No

entanto, seu uso requer uma hidratação prévia que deve ocorrer no próprio canteiro. Para isso, a cal é submersa na água e tem que ficar “descansando” por alguns dias. Somente depois, é misturada ao cimento para compor as argamassas mistas.

Figura 2 - Cal hidratada de tipo III



A especificação preferida neste trabalho foi a CH III, a reatividade com ácido, inibindo possíveis alterações no pH da argamassa; reação exotérmica, como a do cimento, contribuindo para a estabilidade do tempo de pega; compõe a trabalhabilidade do sistema, conforme sua plasticidade e alta absorção de água, segundo Caio (2019).

2.3 Agregados

Agregados são materiais granulares, como areia, cascalho e brita, usados principalmente na construção civil como componentes de concretos e argamassas. Eles são essenciais para dar volume, resistência e estabilidade às misturas de cimento, influenciando diretamente nas propriedades físicas e mecânicas das construções. A agregação dos elementos da mistura provê a diminuição de patologias propensas devido a porosidade.

Existem diferentes tipos de agregados, que são classificados conforme a origem, a granulometria e a função. Alguns exemplos incluem: agregados miúdos, como a areia, com grãos pequenos e que preenchem os espaços entre os grãos maiores; agregados graúdos, como brita ou cascalho, com grãos maiores, usados para formar a estrutura da mistura.

Agregados Naturais e Artificiais: os naturais são extraídos diretamente da natureza, como areia de rios; os artificiais são produzidos por processos industriais, como a brita. Esses materiais são essenciais na construção civil, pois melhoram a

resistência e a durabilidade das estruturas, além de reduzir o custo do concreto, já que substituem parte do cimento.

Segundo a norma (NBR-7211 – Agregados para concreto), cita que os agregados naturais são encontrados na natureza (areia, seixos) e artificiais os que são obtidos pela ação do homem através de processos industriais ou do rejeito destes. O seu conhecimento é que permite a escolha dos mais adequados a cada situação, levando em consideração a solidez, durabilidade, custo e o acabamento das obras.

Classificação dos agregados segundo a dimensão de partículas:

Agregado graúdo: seixo rolado, brita (esses fragmentos são retidos na peneira com abertura de 4,8mm).

Agregado miúdo: pó de pedra, areia (esses fragmentos passam na peneira com abertura de 4,8mm).

A aplicação desses materiais é variada podendo ser aplicada em bases para calçamento, lastro de vias férreas e até mesmo na confecção de argamassa e concreto.

2.3.1 Areia

A areia apresenta-se com grãos de tamanhos variados, pode ser classificada pela granulometria, em areia grossa, média e fina.

Quadro 2 - Funções do vidro em relação a seu módulo de finura

Módulo de finura	Granulometria (diâmetro)	Função
Areia fina	$d < 2,4\text{mm}$	Argamassas e acabamentos finos
Areia média	$2,4\text{mm} < d < 3,3\text{mm}$	Concretos estruturais e argamassa
Areia grossa	$d > 3,3\text{mm}$	Concreto e contrapiso

Estabelecida em aula de Tecnologias dos Materiais da Construção Civil (TMCC I) por Murillo Donizeti.

A dimensão dos grãos altera a sua aplicação pela sua absorção de água, a qual é inversamente proporcional à granulometria, ou seja, quanto menor o grão, mais água para desempenhar sua função, de acordo com Rosa (2024).

De acordo com Bueno (2020), não devem ser utilizadas as areias de praia, por conter sal, e a areia com matéria orgânica, que provocam trincas nas argamassas e

prejudicam a ação química do cimento, geralmente são usadas as de rio ou de solo (barranco).

Areias para concreto: utiliza-se nesse caso a areia do rio (lavada), principalmente para o concreto armado, com as seguintes características: grãos grandes e angulosos (areia grossa); limpa; esfregada na mão e não fazer poeira e nem sujar a mão. Observar também a umidade, pois quanto maior a umidade destas, menor será o seu peso específico.

Areias para alvenaria: na primeira camada do revestimento de paredes (emboço) usa-se a areia média. Para o revestimento final chamado reboco ou massa fina, areia fina. Aceita pequena porcentagem de argila (terra) para o assentamento de tijolos em alvenarias e no emboço.

2.3.2 Vidro

Há registros do uso de vidro desde 7000 a.C., com os povos sírios, fenícios e babilônios sendo os principais consumidores nesse período, de acordo com Abividro, entretanto, para a chegada na especificação desejada do material, passa-se por um processo de seis etapas, que são: processamento e mistura da matéria-prima, derretimento, banho float, recozimento, resfriamento e a inspeção.

Em primeiro lugar vem a mineração e extração do conjunto de materiais inorgânicos: sílica (SiO_2), geralmente encontrado em quartzo, proveniente da areia, carbonato de sódio (Na_2CO_3); e carbonato de cálcio/calcário (CaCO_3) constituindo aproximadamente 90% da mistura proveniente do vidro, o restante provém de alumina e corantes. A partir da proporção da matéria-prima decorrente da função desse vidro, rege-se a fusão destes, também conhecido como derretimento.

Em segundo lugar, a conjunção desses materiais, que ocorre entre 1400 e 1600°C, processo resultante na homogeneização da versão líquida do sólido não cristalino, ideal para o seguinte passo: banho float.

Por fim, a partir do derramamento do líquido homogêneo de vidro sobre um outro menos denso, estanho, e não perturbado molda-se vidro plano. Em meio a roletes, o escoamento e dispersão desse líquido se conclui, quanto mais rápida, mais fino será o vidro. Os próximos passos são destinados a confecção de diferentes especificidades.

Para o vidro temperado, aquele com a quebra mais dificultosa, realiza-se diretamente após o banho float, com o recozimento do sólido não cristalino. Em uma

câmara fria o molde é resfriado até aproximadamente 250°C, processo que aumenta a resistência interna do vidro, formando a cristalização parcial dentro a peça toda.

Por fim, se tem a inspeção final, que é o processo de purificação da composição, análise da resistência, cor e bolhas de ar presentes na massa. Caso não haja coincidência entre as normas das etapas anteriores, reinicia-se o processo desde a trituração.

Comentou-se sobre a confecção, entretanto, o principal cuidado seria sobre a fragilidade desse, a baixa tenacidade. Por meio de um transporte cuidadoso, esse material capacita-se a chegar em distribuidoras, que serão as responsáveis por aproximar a população ao produto.

O vidro é um material podendo ser visto em diversos ramos (alimentício, automobilístico, medicinal etc.), porém, no ramo da construção, é evidente que seja demandado, devido a sua importância quanto a sua função de fechamento de vãos, proposto pelas esquadrias (portas e janelas).

A demanda pelo material acaba por aumentar com o passar do tempo, tanto que, em um período menor que uma década (2013 a 2020), a crescente da busca de vidro pelo mercado se aproxima a 1500 toneladas, de acordo com Panorama Abravidro (2020).

Figura 3 – Aumento da fabricação de vidro pelo Brasil (2013 a 2020)

Produtor	Planta	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CEBRACE	C1	900	900	900	900	900	900	900	900
	C2	600	600	600	600	600	600	600	600
	C3	600	600	600	600	600	600	600	600
	C4	600	600	600	600	600	600	600	600
	C5	900	900	900	900	900	900	900	900
AGC	Guará 1	600	600	600	600	600	600	600	600
	Guará 2	-	-	-	-	-	-	850	850
GUARDIAN	RJ	600	600	600	600	600	600	600	600
	SP	830	830	830	830	800	800	800	800
VIVIX	PE	-	900	900	900	900	900	900	900
SAINT-GOBAIN GLASS	SP	180	180	180	180	180	180	180	180
UBV	SP	240	240	240	240	240	-*	-	-
TOTAL		6.050	6.950	6.950	6.950	6.920	6.680	7.530	7.530

Capacidade nominal de produção de vidros planos (t/dia) - Panorama Abravidro

O reuso desses materiais é um método aconselhável, principalmente pela vida útil destes, pois, além de serem exponencialmente grandes que variam entre 4 e 10 mil anos, também acomete a diminuição da agressão ao meio ambiente em prol de matéria-prima.

Conforme Rosa (2007), a versatilidade desse material para um contexto social demonstra-se notável, tanto que houve a necessidade do desenvolvimento de diferentes tipos disto para a supressão da demanda, envolvendo vidros temperados, espelhados, metálicos e, o proveniente dos anteriores, o plano.

O vidro float (plano) é o mais comum em obras residenciais, principalmente devido a seu custo-benefício, que é o mais barato do mercado, sendo precursor dos demais tipos, de acordo com Arch Glass Brasil. Representando a majoritária parcela de uso, 57%, porém a represália do retrabalho desse se torna evidente, principalmente considerando os dados providos pela Abravidro, 14% sendo reciclado.

2.4 Água

A água de amassamento é o principal reagente de diversos materiais, como os metais que acabam oxidando com o contato desta no sistema, porém, em aglomerantes e agregados resulta em uma reação exotérmica, ou seja, a liberação de calor, para o início do período trabalhável desta.

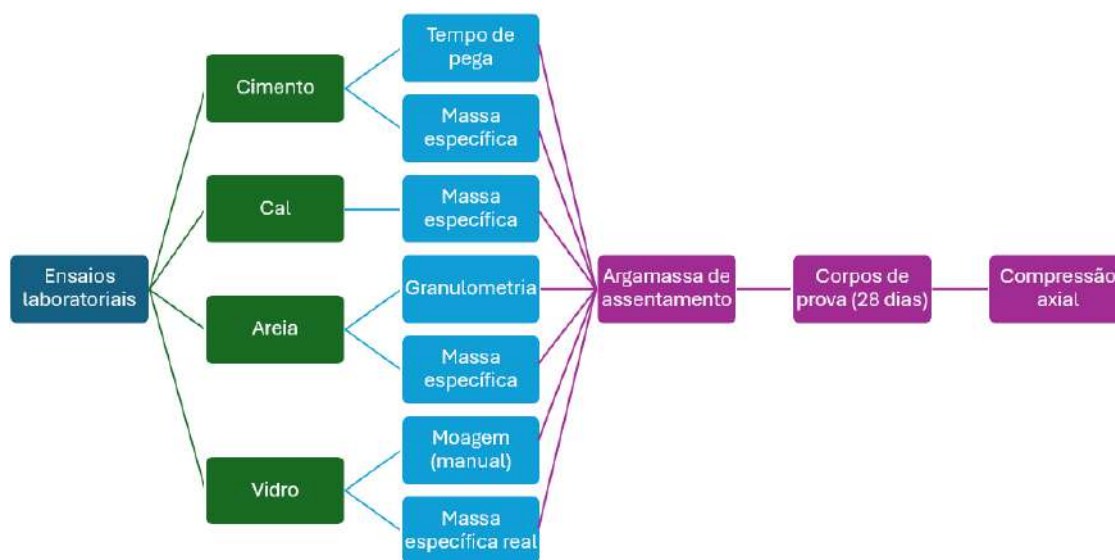
O calor liberado pelo aglomerante hidráulico, o cimento, evapora a água da série, o que diminui está na massa, ocasionando em retração da argamassa, processo devidamente patológico. Para evitar esse fim, é necessário o cuidado do manejo dos reagentes dos aglomerantes para ambas as direções, ao ponto de não desenvolver uma patologia no conjunto, entretanto para também manter suas propriedades resistivas e trabalháveis, segundo Lobato (2004).

Conclui-se que a água é um elemento primordial para o trabalho do conjunto, sendo responsável pela consistência e reatividade total deste para o desempenho requerido, reforçando a necessidade fatores na construção civil como a razão água/cimento.

3. Ensaaios laboratoriais

A normatização dos materiais é de suma importância para alcançar as atribuições direcionadas a esta argamassa, desde a trabalhabilidade até a resistência final dos corpos de prova, conforme a figura subsequente:

Figura 4 - Organograma de ensaios



(Fonte: Autoria própria)

3.1 Massa específica (NBR 16605:2017)

A norma ABNT NBR 16605:2017 estabelece o método para a determinação da massa específica do cimento Portland e de outros materiais em pó, utilizando o frasco volumétrico de Le Chatelier. Para fazer o ensaio de massa específica do cimento Portland se utilizam os seguintes equipamentos.

Figura 5 – Ensaio de massa específica real do cimento com frasco *Le Chatelier* (a) pesagem da amostra de cimento; (b) materiais utilizados: amostra de material, querosene, funil e frasco *Le Chatelier*.



(Fonte: autoria própria)

Para fazer o ensaio foi preciso secar o interior do frasco acima do nível do líquido, em seguida adicionou querosene ao frasco até nível entre 0 e 1 ml (volume inicial), depois, cuidadosamente, adicionou-se 60g de cimento cuidadosamente ao frasco, deixando o pó assentar, aguardando a estabilização do nível anotou o volume final (ponto B), após isso basta calcular.

Equação 1

$$\gamma = \frac{M}{\Delta V}$$

3.2 Ensaio de tempo de pega (ABNT NBR NM 65:2003)

É tempo que o cimento, argamassa ou concreto leva para endurecer, é o momento em que o cimento entra em contato com água e começa a perder sua plasticidade esse processo é chamado de hidratação, que faz com que o cimento endureça. A pega é causada pela reação exotérmica dos compostos do cimento com a água, o calor é dado pela hidratação dos aluminatos e silicatos e são acompanhados pelo aumento da temperatura da pasta de cimento. Essa propriedade permite a ampla

utilização do concreto de cimento Portland na construção civil, mas é importante saber a quantidade de calor liberada para a escolha apropriada do tipo de cimento, de acordo com a temperatura ambiente na concretagem. Equipamentos usados para fazer o ensaio são: Aparelho de Vicat, molde cilíndrico (80 x 40 mm), agulhas (normal e de tempo final), cronômetro e espátula.

Primeiramente, a regularização do aparelho Vicat, processo iniciado pela centralização da agulha na cerâmica. Em seguida, vêm a busca por zerar o aparelho, feita a partir da soltura dos parafusos para que a haste e o marcador possam ser movimentados, com este zerado, prendeu-se novamente os parafusos.

Figura 6 - Ensaio de determinação do tempo de pega com aparelho de *Vicat*. Preparação da pasta de consistência normal com cimento, gesso e água destilada, preenchimento do molde troncocônico com compactação manual e posicionamento sob o aparelho de *Vicat* previamente regularizado para início da medição.



(Fonte: autoria própria)

Em sequência, preparou-se uma pasta de consistência normal- conforme a NBR 16606- com 500g de cimento, 50g de gesso e 220 ml de água destilada. Em um recipiente, misturou até homogeneização os elementos secos, logo após despejou-se a água fracionadamente (a cada 40 ml até 200 ml). Com a massa pronta, encheu-se o tronco do cone, apertando com a espátula para retirar possíveis bolhas de ar.

Enfim, para a determinação do tempo de pega, considerando o tempo da adição da água na massa, iniciaram-se as medições. Com o posicionamento da agulha ao topo da pasta, liberou o eixo vertical para que penetre livremente. O registro da profundidade

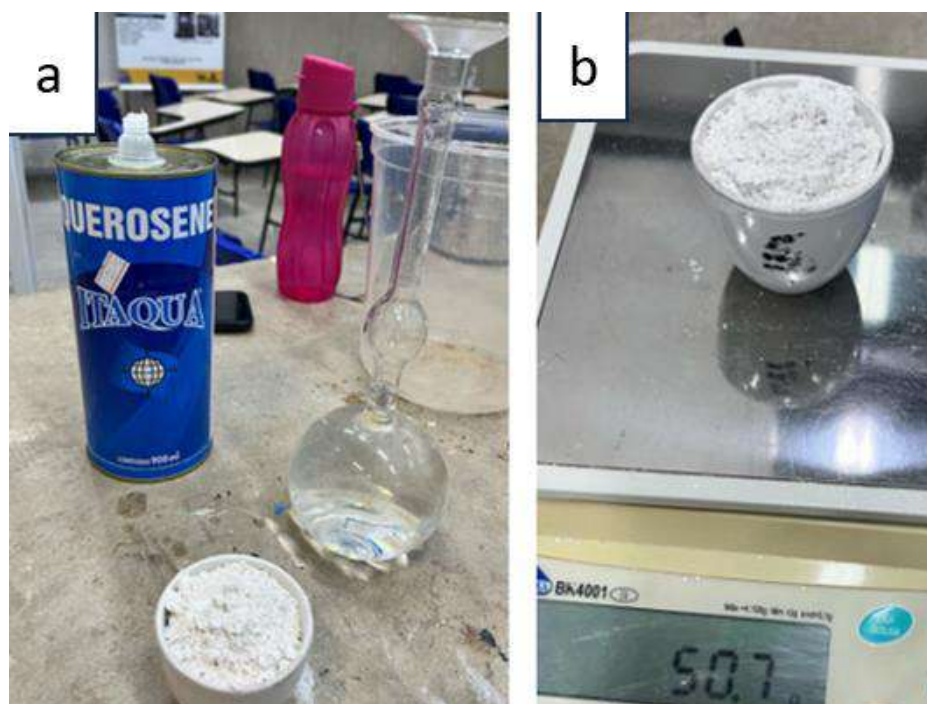
é indicado na escala, assim que a agulha parar ou após 30 segundos. É essencial a regularidade dos intervalos desse procedimento, portanto, estabeleceu-se a medição a cada 10 minutos, sempre mudando o ponto de medição para que não houvesse adulteração nos resultados.

O tempo de início de pega é o tempo contado desde a adição de água até o momento em que a agulha comum penetra 25 mm ou menos. O tempo de fim de pega ocorre quando a agulha em forma de anel não deixa mais marca visível na superfície da pasta.

3 Massa específica (NBR 16605:2017)

Para realização deste ensaio foram tomadas como base as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que descreve passo a passo como devem ser realizados para garantir a qualidade dos resultados. Equipamentos usados para realizar esse ensaio (balão volumétrico (100 ml), balança de precisão, bastão de vidro, funil, água destilada).

Figura 7 - Ensaio de massa específica real do cimento com frasco *Le Chatelier* (a) materiais utilizados: amostra de material, querosene, funil e frasco *Le Chatelier*.; (b) pesagem da amostra de cimento



(Fonte: autoria própria)

Para realizar esse ensaio é preciso colocar um líquido no frasco Le Chatelier até que o nível superior fique entre as graduações 0 e 1 ml. Durante o ensaio, não se pode utilizar água, pois ela reagiria com o cal. Em vez disso, são usados líquidos inertes, como álcool etílico ou querosene, que não reagem com o Ca(OH)_2 . Assim, a medição obtida reflete apenas o volume físico das partículas sólidas, sem interferência química. Em sequência, é preciso enxugar as paredes internas do frasco, acima do líquido e colocar o frasco no banho de água e fazer a primeira leitura do nível do líquido, adicionar o material em ensaio ao frasco, em pequenas porções, sem ultrapassar a faixa superior da graduação, arrolhar o frasco, incliná-lo e girá-lo suavemente para expulsar o ar, colocar o frasco novamente no banho de água e aguardar 30 minutos, agitar o frasco algumas vezes para expulsar todo o ar e fazer a leitura final.

Equação 2

$$\gamma = \frac{M}{\Delta V}$$

3.4 Determinação da composição granulométrica - NM 248 (2003)

A normatização da areia deve-se, principalmente, pela importância dos agregados em proporções majoritárias no ramo construtivo. A regularização desse agregado miúdo envolve: granulometria e massa específica real.

A função de um agregado miúdo em uma argamassa depende principalmente da finura de seus grãos, sendo a proporção relativa à variação destes.

Para o cálculo dessa proporção, foi necessário o uso de certos equipamentos específicos, sendo estes: balança de precisão, agitador de peneira e peneiras de série normal (fundo, 0,075 mm, 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1,2 mm; 2,4 mm e 4,8 mm).

A definição do módulo de finura foi efetuada a partir da pesagem de uma amostra de 1027,1g de agregado miúdo. Após essa pesagem, as peneiras de série foram postas sobre o agitador mecânico durante um intervalo de 5 a 10 minutos. Enfim, após a peneiragem dos agregados, retiraram as peneiras e o fundo para a pesagem separada de cada uma.

Com a massa retida de cada uma das peneiras e fundo, o objetivo seguinte é a determinação da porcentagem da massa acumulada, que é a soma das porcentagens das peneiras com aberturas maiores.

Por meio da análise da razão de massa retida acumulada em cada sessão de peneira, segue para a soma das sessões, com exclusão do fundo, a fim de advir ao módulo de finura pela divisão dessas por 100.

3.5 Massa específica real –NM 52 (2009)

A massa específica real se assemelha com a densidade de um material, considerando que ambos utilizam da razão de uma massa em relação a seu volume, porém o ensaio proposto desconsidera qualquer poro permeável.

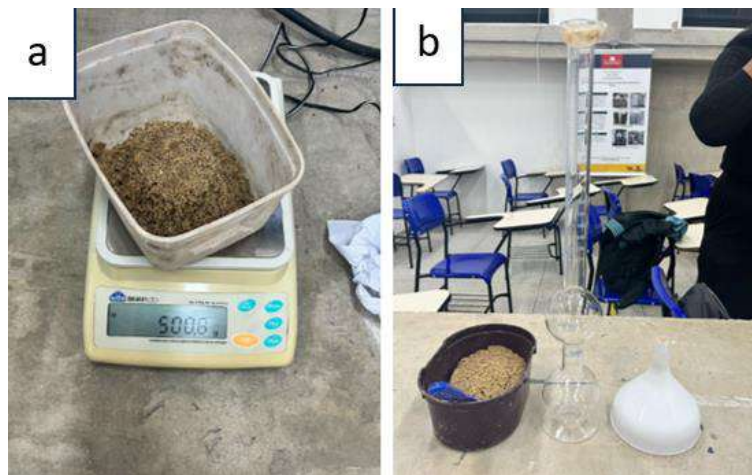
Para a caracterização desta, foi necessário o uso de: frasco de Chapman, funil e uma balança de precisão.

Iniciou-se com o despejamento de 200mL de água no frasco de Chapman. Em seguida, foi inserido cuidadosamente neste uma amostra de 500g de areia. Movendo pendularmente o frasco até que não surgisse mais bolhas, significando a saída de ar da amostra.

Equação 3

$$\gamma = \frac{M}{\Delta V}$$

Figura 8 – Ensaio de massa específica real com frasco Chapman. (a) amostra de areia (500g); (b) materiais utilizados: frasco Chapman, amostra de 500g de areia, funil e água.



(Fonte: autoria própria)

3.6 Moagem do vidro float - NM 248 (2003)

O vidro é um material utilizado em diversas áreas, desde a medicina até o automobilismo. Entretanto, o uso tratado neste trabalho é imprescindível a noção sobre

as etapas de sua confecção, a qual se inicia com o Float, o mais simples e precedente a todos os demais.

O processo de viabilização do vidro neste trabalho, ou seja, a assimilação com as características do próprio agregado miúdo, foi feito a partir do ensaio de granulometria e massa específica real.

A função buscada durante esse trabalho é de uma areia média, objetivando uma argamassa de assentamento. A partir do auxílio de materiais férreos, a moagem ocorreu de forma manual com cacos de vidro float disponibilizados pela empresa “Squadrifer”. Portanto, a granulometria deste ensaio deve ser semelhante à do de areia, buscando a substituição com mínimas alterações da massa de referência.

Com a pesagem de 1010,9g de substituinte de agregado miúdo, o vidro, iniciou-se o ensaio. Com o posicionamento decrescente das peneiras, do maior furo ao menor, a amostra foi posta na série destas em movimentação constante por um intervalo de 5 a 10 minutos devido ao agitador mecânico.

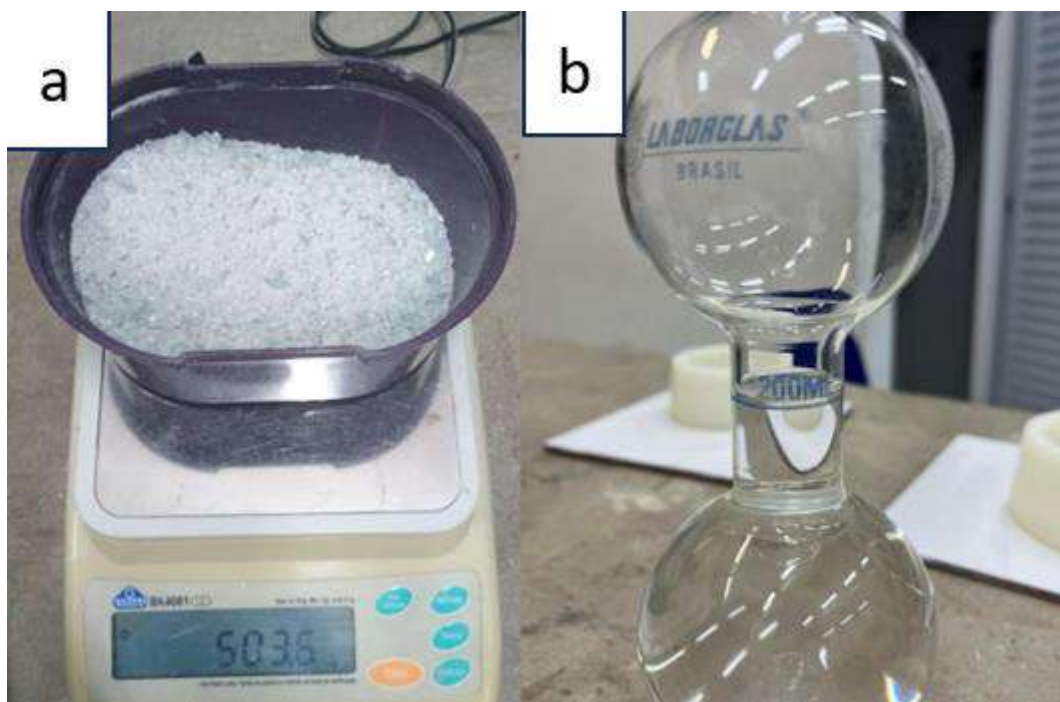
Por meio da análise da razão de massa retida acumulada em cada sessão de peneira, segue para a soma das sessões, com exclusão do fundo, a fim de advir ao módulo de finura pela divisão dessas por 100.

3.7 Massa específica real - NM 52 (2009)

Para a caracterização desta, foi necessário o uso de: frasco de Chapman, funil e uma balança de precisão.

Iniciou-se com o despejamento de 200mL de água no frasco de Chapman. Em seguida, foi inserido cuidadosamente neste uma amostra de 500g de vidro moído. Moveu-se pendularmente o frasco até que não surgisse mais bolhas, significando a saída de ar da amostra.

Figura 9 - Ensaio de massa específica real com frasco Chapman. (a) amostra de areia (500g); (b) materiais utilizados: frasco Chapman, amostra de 500g de areia, funil e água.



(Fonte: autoria própria)

Equação 4

$$\gamma = \frac{M}{\Delta V}$$

4. 5 Argamassa

A mistura dos elementos citados anteriormente (aglomerantes, agregados e água) desempenha funções em um sistema construtivo a partir de sua proporção, dispondo de relações específicas a depender do consumo de materiais.

O traço de uma argamassa pode diferenciar toda e qualquer característica presente nesse, podendo ser a absorção de água, durabilidade, trabalhabilidade, tempo de pega, resistência etc., portanto, é de extrema importância que haja o alinhamento entre a função desejada e o mantimento da proporção do consumo de materiais.

A preocupação com o controle de qualidade dessa argamassa é imprescindível, tanto que diversas empresas acabam por preferir argamassas pré-fabricadas, provendo assim uma especificação química, além de outras especificações como a estocagem nos canteiros, segundo Barbosa e Santos (2013).

O emprego almejado para a mistura nesse TCC é de uma argamassa de assentamento, portanto é necessário que haja uma trabalhabilidade notável e, de acordo com a ABNT NBR 13276:2005, uma consistência capaz de distribuir suas propriedades pelo objeto aplicado. Nesse caso, uma amostra que provê essas características pode ser encontrada em um traço 1:2,3:8:1,9 na argamassa de modelo, os aglomerantes (cimento e cal) auxiliam na composição da massa, dando aderência e trabalhabilidade para a mistura, enquanto o agregado miúdo suprir os vazios e a absorção de água da mistura, empregando volume conseqüentemente a sua proporção em relação aos outros elementos desta, conforme Santos (2014).

Por causa deste traço, mediante o estudo da substituição parcial do agregado miúdo por vidro reciclado nesse tipo de emprego de uma argamassa, os traços 1 e 2 serão constituídos por 1:2,3:7,2:0,8:1,9 e 1:2,3:6,4:1,6:1,9, respectivamente, tendo em vista uma substituição de 10 e 20% nesses traços.

4.5.1 Quantificação dos materiais

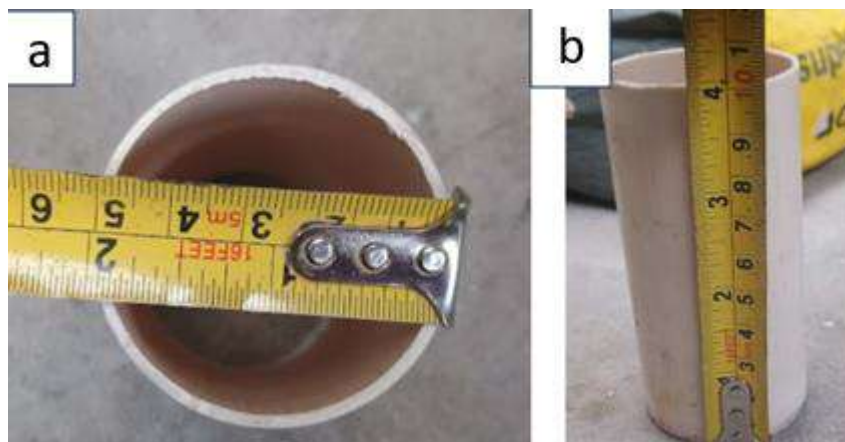
Acordando com Curti (2020), o método ABCP estabelece a dosagem pela junção adequada dos elementos, tais como: aglomerantes, agregado e água, em privilégio da trabalhabilidade, resistência, durabilidade e custo.

Após a caracterização dos materiais e a comprovação de sua proficiência para a argamassa, realiza-se a proporção destes para a maximização das propriedades benéficas por meio de um traço determinado pela relação entre os componentes dessa e o cimento, ou seja, todos os elementos são divididos pelo aglomerante hidráulico.

O traço modelo foi estabelecido, conforme Isaia (2.5 Argamassa), em 1:2,3:8:1,9, sendo reconhecido como um traço para assentamento, portanto, para estabelecer a proporção de massa em cada corpo de prova é necessário contemplar a quantidade mínima destes para o tipo de ensaio requerido, neste caso, são três, porém, para o caso de erro ou falha no ensaio, utilizamos quatro firmar uma margem de erro.

O método ABCP refere-se à relação do volume de uma mistura sobre o traço escolhido em razão da sua massa específica, portanto, o primeiro passo para o dimensionamento em massa para esse estudo é a designação adequada dos corpos de prova, os quais são cilíndricos de 50x100mm, levando o volume deste a ser de aproximadamente 200cm³ ou 0,2L, a partir da fórmula volumétrica dessa forma ($V = \pi r^2 h$).

Figura 10 - Dimensões dos corpos de prova (NBR 7215) (a) diâmetro; (b) altura



(Fonte: autoria própria)

Figura 11 – Alinhamento de 12 corpos de prova cilíndricos de dimensão 5X10



(Fonte: autoria própria)

Entretanto, devido a incorporação de ar no ambiente e nos elementos da mistura, Pádua estabelece que a importância da compensação dos vazios da massa, sendo entre 30 e 40% da mistura, ou seja, $0,2L \times 1,3 = 0,26L$.

Em seguida, a partir da divisão entre o traço e a massa específica do elemento, obtém-se o valor do usado no método ABCP para a fração do volume. Os aglomerantes, cimento e cal hidratada, serão dados como 0,33 e 0,69, respectivamente. Os agregados sofrerão mudanças em suas proporções devido a substituição em razão de 10 e 20% expressa durante os ensaios, portanto, no Traço 1 (modelo), o agregado miúdo obteve 3,02, no Traço 2 (com 10% de substituição por vidro), 2,72, e, no Traço 3 (20% de substituição por vidro), 2,4. No ensaio de modelo não há substituição por vidro, logo apenas defere a partir do segundo, o qual apresenta 0,32, e no terceiro, 0,64. A água não altera sua proporção ao decorrer dos ensaios, por conseguinte, manterá 1,9 em ambos moldes. Por intermédio da soma dos números correspondentes aos divisores, realizamos que este será, aproximadamente, 5,95.

Conclui-se que, por intermédio da razão do dividendo ($4 \times 0,26L = 1,04L$) e do divisor (5,95), obtêm-se 0,175, constante necessária para a quantificação dos elementos da argamassa nos três traços estipulados.

Quadro 3 – Quantificação em massa do traço modelo (em kg), a partir da constante advinda do método ABCP (cimento, cal, areia e água, respectivamente)

Traço	Constante	Produto(kg)
1	0,175	0,175
2,3	0,175	0,4025
8	0,175	1,4
1,9	0,175	0,3325

(Fonte: autoria própria)

Figura 12 – Materiais analisados para o traço modelo (sem substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de água.



(Fonte: autoria própria)

Quadro 4 - Quantificação em massa do traço 2 (em kg), a partir da constante advinda do método ABCP (cimento, cal, areia, vidro moído e água, respectivamente)

Traço	Constante	Produto(kg)
1	0,175	0,175
2,3	0,175	0,4025
7,2	0,175	1,26
0,8	0,175	0,140
1,9	0,175	0,3325

(Fonte: autoria própria)

Figura 13 – Materiais analisados para o traço 2 (10% de substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de vidro grosso; (e) amostra de água



(Fonte: autoria própria)

Quadro 5 - Quantificação em massa do traço 3 (em kg), a partir da constante advinda do método ABCP (cimento, cal, areia, vidro moído e água, respectivamente)

Traço	Constante	Produto(kg)
1	0,175	0,175
2,3	0,175	0,4025
6,4	0,175	1,12
1,6	0,175	0,28
1,9	0,175	0,3325

(Fonte: autoria própria)

Figura 14 - Materiais analisados para o traço 3 (20% de substituição). (a) amostra de CP II F 32; (b) amostra de CH III; (c) amostra de areia grossa; (d) amostra de vidro grosso; (e) amostra de água

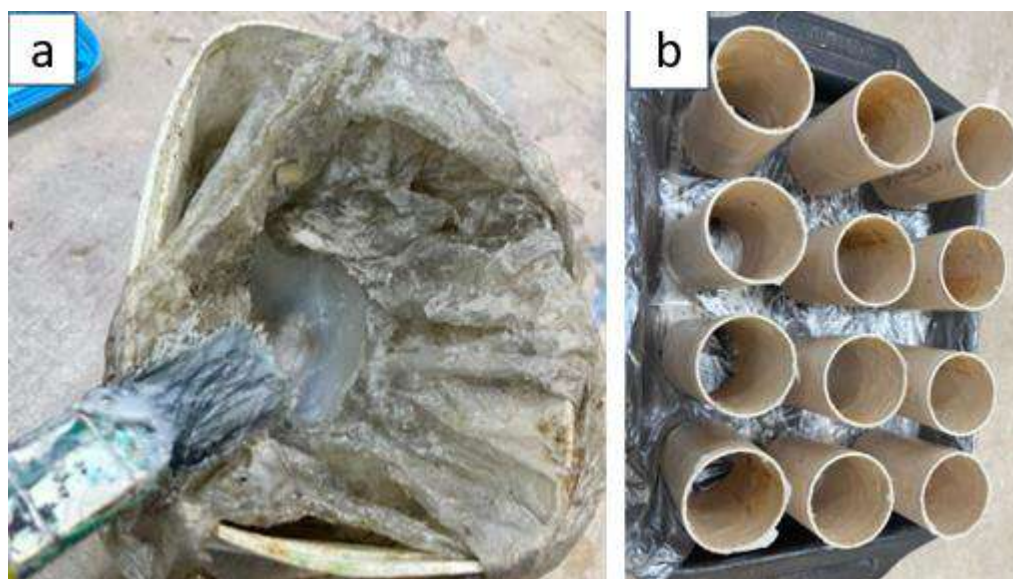


(Fonte: autoria própria)

4.5.2 Moldagem dos corpos de prova

Em primeiro lugar, o preparo dos corpos de prova para o recebimento da massa é essencial, principalmente para facilitar a próxima etapa, a desforma destes. O recurso provido foi vaselina, usada como desmoldante, pincelada ao redor do interior destes para untar as paredes com uma fina camada de óleo. Em seguida, com os moldes preparados, é necessário de uma superfície plana para que não haja o vazamento da mistura durante o despejo.

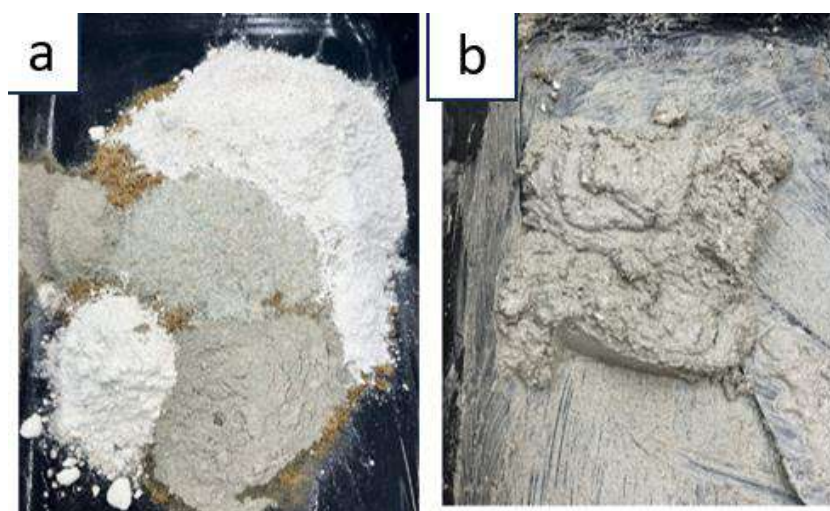
Figura 15 – Materiais necessários para a moldagem ideal dos corpos de prova (a) fluído desmoldante; (b) moldes de corpos de prova (5X10) posicionados e vedados na face inferior



(Fonte: autoria própria)

De acordo com Pádua (2024), a mistura dos elementos se inicia pelos elementos secos, ou seja, aglomerantes e agregados, em busca de uma coloração homogênea, enfim adicionando a água dimensionada até atingir a consistência necessária para sua função.

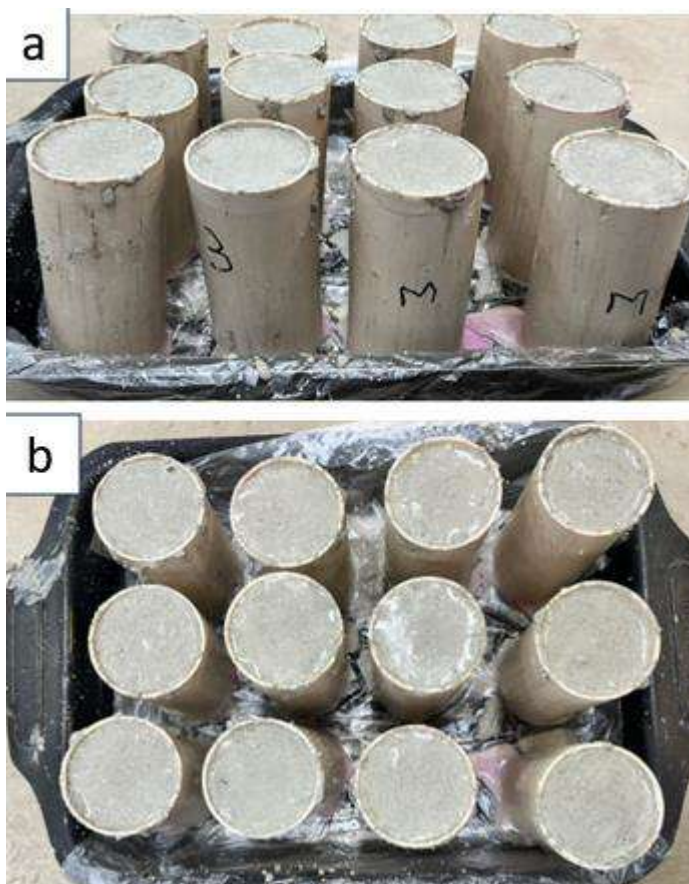
Figura 16 - Processo de mistura de uma argamassa (a) elementos secos da argamassa antes da adição de água; (b) argamassa misturada



(Fonte: autoria própria)

A partir da conclusão do amassamento, é imprescindível o enchimento dos moldes imediatamente, promovendo a proximidade entre a masseira e os corpos de prova. Com o auxílio de uma espátula, colocou-se a massa em uma quarta parte do molde, em seguida provendo o abatimento para expulsar o ar presente, 12 golpes foram distribuídos uniformemente pela camada posta, em sequência o processo se repete até a conclusão dessa etapa. O passo final para o enchimento foi a rasadura, feito a partir de régua, expeliu-se a massa excedente, nivelando-a com a altura do corpo de prova.

Figura 17 - Corpos de prova modelados (a) vista frontal; (b) vista superior



(Fonte: autoria própria)

4.5.3. Cura da argamassa

Processo indicativo do ganho de resistência, hidratação e capilaridade dos poros, a cura indica fundamentabilidade da idealização da rigidez da argamassa, conforme Garcia (2011). Para o ideal ganho de propriedades, é necessário a passagem por duas etapas, sendo elas a aérea e hidráulica, respectivamente.

4.5.3.1. Em ar (inicial)

A NBR 9479 (1994) estabelece a cura inicial em ambiente úmido e fechado, com a face superior protegida para a inibição da ação de intempéries por um período de 48 ± 24 . Mediante a confirmação da firmeza da massa, procede com o desmolde e o encaminhamento para a cura final.

Figura 18 - Corpos de prova remanescente após desmolde (4 do traço modelo, 2 do traço com 10% de substituição e 3 do com 20%, totalizando 9)



(Fonte: autoria própria)

Devido à ação de forças externas nos corpos de prova não enrijecidos, ocorreram-se perdas de 3, sendo estes 2 com substituição de 10% de vidro e 1 com substituição de 20%, porém ainda se capacita os ensaios remanescentes.

4.5.3.2. Em água

Em conformidade com a NBR 9479 (1994), a preparação do ambiente é essencial para a próxima etapa, sendo necessária uma umidade relativa mínima de 95% atingindo toda sua extensão, portanto, devido à dificuldade de manter o ambiente em tal condição, foi preferível o uso de uma cuba cheia d'água saturada com cal.

A cura se inicia com imersão total dos corpos de prova na mistura, a qual deve ser substituída quinzenalmente.

Figura 19 - Corpos de prova em cura final em cuba saturada em água e cal



(Fonte: autoria própria)

4.6 Ensaio mecânico

4.6.1 Determinação de resistência à compressão (NBR 7215: 1996)

A argamassa geralmente não apresenta grande resistência mecânica, principalmente por não ser admitida em funções estruturais, como é o caso do concreto, porém ainda pode apresentar consideráveis, equiparando ou até superando a marca de 25Mpa dependendo da agregação dos elementos e da quantidade de aglomerante na massa, de acordo com Ribeiro (2011).

Os ensaios foram realizados utilizando uma prensa hidráulica manual, com capacidade máxima de 100 toneladas e equipada com leitor digital para registro da carga aplicada. Apesar do acionamento manual, o equipamento apresentou estabilidade e precisão compatíveis com os requisitos técnicos exigidos para o ensaio.

A prensa possuía platôs com superfícies paralelas, permitindo a aplicação uniforme da carga. A taxa de carregamento foi mantida no intervalo de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, garantindo a aplicação contínua e progressiva da carga até a ruptura dos corpos de prova, conforme recomendado pelas normas técnicas.

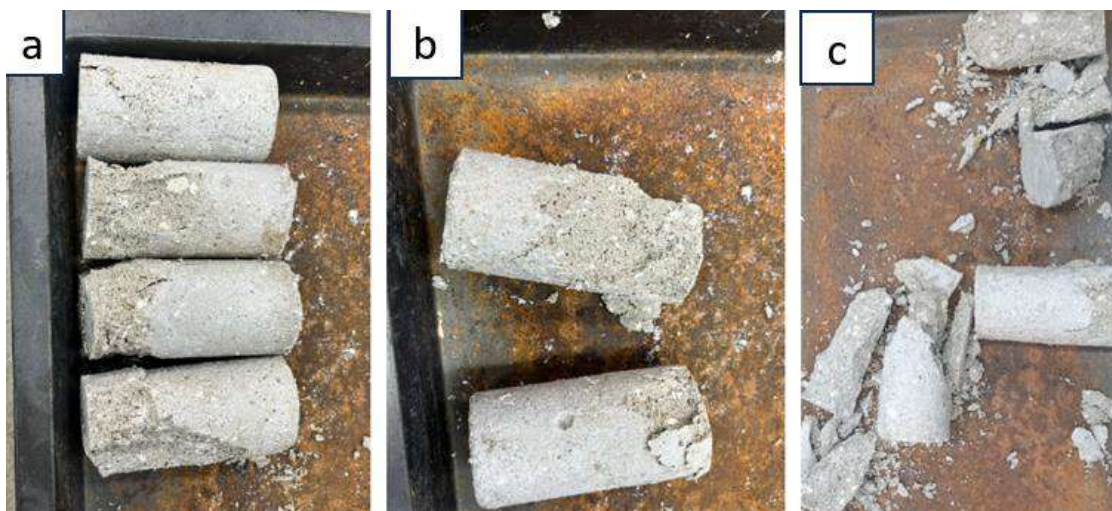
Para iniciar o ensaio é necessário dimensionar o diâmetro e altura das amostras ensaiadas. Em seguida, a preparação dos corpos de prova é essencial, com a secagem e limpeza do exterior destes. A ruptura destes foi atingida por meio do posicionamento apropriado de cada amostra, analisando o momento de diminuição da tensão aplicada a partir do estudo.

Equação [5]

$$f_c = \left[\frac{4 \times F}{\pi \times D^2} \right] \times 100$$

O rompimento começou a partir da argamassa de modelo, tanto por ser um parâmetro de comparação quanto por ser a única que não foi quebrada durante a retirada do corpo de prova, em sequência as amostras com 10 e 20% de substituição, respectivamente.

Figura 20 - Corpos de prova rompidos (a) argamassa modelo; (b) argamassa com 10% de substituição de vidro moído pelo agregado miúdo; (c) argamassa com 20% de substituição de substituição de vidro moído pelo agregado miúdo



(Fonte: autoria própria)

5. Caracterização dos materiais

5.1. Cimento Portland

O cimento Portland composto com adição de filler calcário apresentou massa específica real $3,48 \frac{g}{cm^3}$, conformando com as especificações da Votorantim (2009). É necessário ressaltar que há uma possibilidade de variação entre o resultado correto

devido a disposição irregular do cimento nas paredes do frasco Le Chatelier ou algum erro durante o cálculo, pelo líquido movimentado.

Figura 21 – Ensaio de massa específica real do cimento (NBR 16605 – 2017)

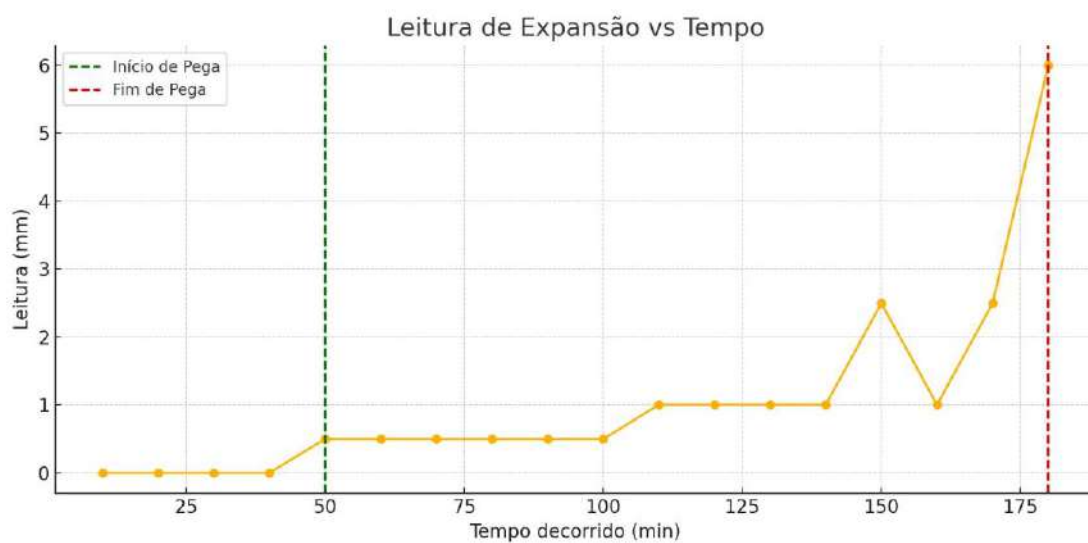


(Fonte: autoria própria)

Em virtude do tempo de trabalhabilidade do aglomerante hidráulico, a normatização do pó cimentício durou a 2 (duas) horas, período em que alcançou a resistência e o impedimento padrão do deslocamento do aparelho de Vicat, que foi de 4mm.

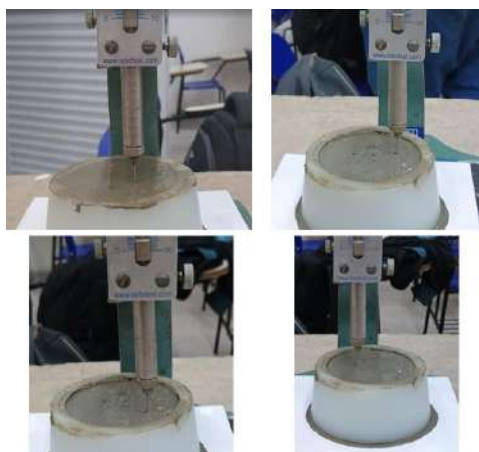
Com início às 19:40 e término às 22:40, segue o gráfico correspondente a perda de trabalhabilidade:

Gráfico 1 - Progresso do ensaio de tempo de pega



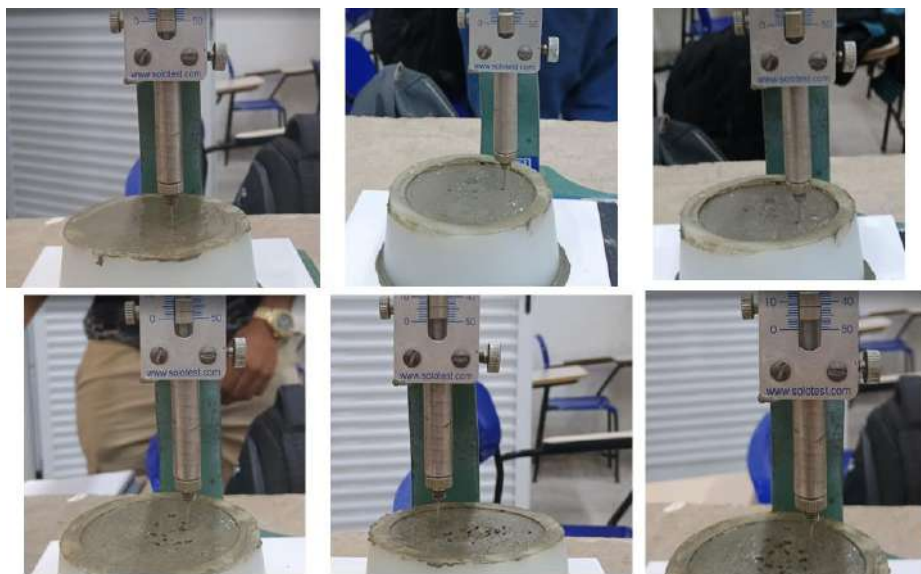
(Fonte: autoria própria)

Figura 22 - Ensaio 1 a 4



(Fonte: autoria própria)

Figura 23 – Resultados máximos adquiridos no ensaio com aparelho de Vicat



(Fonte: autoria própria)

5.2. Cal hidratada (CH III)

A cal hidratada tipo III apresentou uma massa específica real de $2,72 \frac{g}{cm^3}$, conformando com as especificações trazidas pela norma (ABNT).

Figura 24 - Resultado do ensaio de massa específica da cal hidratada



(Fonte: autoria própria)

5.3. Agregados

Ambos os agregados apresentaram granulometria grossa, de acordo com a NM 248 (2003), com a areia mediando a aproximadamente 3,6 no módulo de finura, já o vidro, em 4,6.

Figura 25 - Amostras retidas em cada série de peneira granulométrica



Amostra detida em cada série da peneira, decrescentemente: 0,6g, 9,3g, 79,6g, 556,7, 259,6g, 97,8g, 17,3g e 6,2g. (Fonte: autoria própria)

Gráfico 2 - Representação da massa de areia retida acumulada (NM 248)



(Fonte: autoria própria)

Figura 26 - Granulometria do vidro



Massa retida em cada série da peneira, decrescentemente: 25,8g; 302g; 276,3g; 225,8g; 75,1g; 61,4g; 33,3g; 11,2g. (Fonte: autoria própria)

Gráfico 3 - Representação da massa de areia retida acumulada (NM 248)



(Fonte: autoria própria)

Em consideração a massa específica, analisou-se que a areia e o vidro apresentaram, respectivamente, $2,52 \frac{g}{cm^3}$ e $2,58 \frac{g}{cm^3}$, valores que demonstram tanto a proximidade da regularização dos materiais quanto a sua passividade de substituição, conformando ao objetivo do trabalho.

5.4. Argamassas

Considerando a diferença das cargas admitidas pelos corpos de prova, a comparação entre ambos os traços utilizados se deu a partir de uma média aritmética (M.A) obtida pela razão da soma das tensões analisadas no traço sobre a quantidade de amostras daquele modelo.

Equação [6]

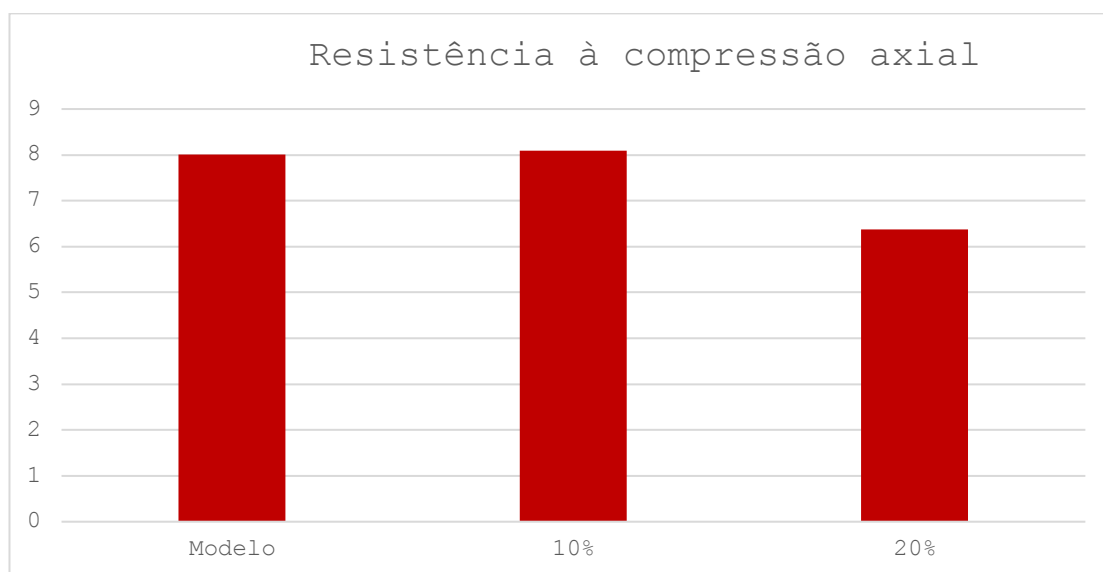
$$M.A = \left[\frac{\sum f_c}{\sum Amostras} \right]$$

Mediante a obtenção da M.A das resistências à compressão em tonelada-força (tf), seguiu-se com a transformação dessa unidade de medida (U.M) em força propriamente dita, com a multiplicação de todas pela aceleração gravitacional ($9,81 \frac{m}{s^2}$). Obtendo assim, 1,60, 1,61 e 1,27, aproximadamente, respectivamente.

O próximo elemento necessário para a análise da pressão necessária para o rompimento dos corpos de prova é a medição da área de aplicação do módulo, em m^2 , portanto pudemos considerar as dimensões do próprio molde como princípio para o cálculo, logo, se o diâmetro era de 5cm, o raio será sua metade, 2,5cm. $A = \pi \left(\frac{2,5m}{100} \right)^2$, findando em $0,001963m^2$.

Logo, foi possível compreender que apresentaram resistências à compressão, medida em Mpa, de 8.007, 8.089 e 6.372, respectivamente.

Gráfico 4 - Comparação entre as resistências dos respectivos traços



(Fonte: autoria própria)

A partir da análise dos corpos de prova rompidos, foi possível visualizar a grande porosidade que foi prevalecendo conforme o aumento da substituição dos agregados miúdos.

6. Considerações finais

Como citado anteriormente, a busca por novos meios de aderir à tecnologia atual vem se intensificando proporcionalmente à demanda por maiores resistências e menor custo. Considerando isso, a substituição parcial de um dos elementos principais de uma argamassa de assentamento por vidro moído revelou-se convergente à ambos os valores buscados.

Dentre as argamassas analisadas, a que apresentou maior desempenho físico-mecânico foi a argamassa com 10% de substituição de vidro (Traço 2), enquanto a com 20% de substituição de vidro (Traço 3), o menor. A argamassa modelo (Traço 1) apresentou resultado intermediário entre as demais.

Mesmo sendo viável em ambos os objetivos apresentados, não houve uma crescente na performance da argamassa em questão de resistência à compressão, inclusive demonstrando uma queda de 20%, o que se pode atribuir a dois fatores principais: a granulometria do vidro e sua angulosidade e a desproporção da massa de material carbonático considerando o material substituído.

Em primeiro lugar, o preenchimento de vazios performedo pelo agregado miúdo, no caso a areia grossa, foi atribuído a um elemento de faces predominantemente lisas e anguloso, propondo assim uma base de difícil aglutinação com o CP II F 32, aglomerante hidráulico que torna a argamassa resistiva. Contudo, o Traço 2 acabou tendo uma relação diferente do Traço 3 devido à má distribuição da porção mais fina do vidro, que foi majoritariamente utilizada durante a segunda argamassa de assentamento.

Em segundo lugar, a massa máxima de filler advinda do cimento utilizado era de 17,5g, conforme o traço, entretanto a massa de agregado miúdo substituído com os traços de experimentação foram, respectivamente, 140 e 280g, portanto, demonstrando uma cobertura de 12,5% e 6,25% com os traços 2 e 3, mostrando a insuficiência de cobertura do material carbonático aos poros.

Conclui-se a partir dos resultados analisados que ainda não é viável estabelecer uma indicação de confiabilidade do uso do vidro moído como agregado miúdo em argamassas, fazendo-se necessários outros fatores de preparação dos materiais e o estudo de mais fatores de substituição. Entretanto, a partir deste trabalho, uma razão entre 10 e 20% ainda apresentaria características físico-mecânicas correspondentes a argamassa sem substituição, ou seja, modelo. O uso de materiais inconventionais para possível diminuição da extração de matérias-primas proporcionaria tanto a um aumento na sustentabilidade do Brasil quanto na rotatividade econômica desses recursos, o que é perdido ao estabelecer aqueles passíveis de reciclagem em aterros sanitários e lixões.

Sugestões para estudos futuros:

- recorrer a métodos mecanizados de moagem, para buscar a padronização dos grãos;
- manter os moldes dos corpos de prova retificados para não adulterar a aplicação de pressão durante o ensaio de resistência mecânica;
- priorizar o armazenamento correto dos materiais para a mínima mudança em suas propriedades;
- reger a mistura da argamassa a partir de um maquinário, evitando a formação de patologias devido à irregularidade no conjunto.

REFERÊNCIAS

- ARCH GLASS BRASIL - **Vidro float ou plano** (2023) - Disponível em: <https://archglassbrasil.com.br/dicionario/vidro-float-ou-plano/>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em 03 de maio de 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS (Abravidro) - **Mercado vidreiro em números** (edição 2020) - p.5
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6453 — **Cal virgem para construção civil** (2003) - CENWEB - Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/nbr-06453-2003-cal-virgem-para-construc3a7c3a3o-civil.pdf>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6473 - NBR 06473 - 2003 - Cal Virgem E Cal Hidratada - Análise Química - Disponível em: www.abnt.org.br/cal_virgem_e_cal_hidratada_analise_quimica/
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR NM 52: **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e da massa específica aparente**. Método de ensaio, 2009. Rio de Janeiro, 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14725-4 (2009). **Votorantim Cimentos Portland; Propriedades físico-químicas**. Disponível em: <https://cimento.org/wp-content/uploads/2013/09/FISPQ-Cimento-Portland-VOTORANTIM.pdf> Acesso em: 05 de maio de 2025
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT NBR 7211 - **Agregados para concreto - Especificação (2005)** - Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NB 1 - **Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado**. Disponível em: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2018/04/ABNTNB1_1960.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13276. 2005.
Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, NBR 13276

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13279. 2005.
Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, NBR 13279.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15113 - **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação** (2004). Disponível em:
https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15113_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15114 - **Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Disponível em:
http://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15114_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 248: **Agregado – Determinação da composição granulométrica.** Método de ensaio, 2003. Rio de Janeiro, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16605:2017 - **Cimento Portland e Outros Materiais em Pó - Determinação Da Massa Específica**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16606 - **Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16606: **Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16607: **Cimento Portland – Determinação do tempo de pega, utilizando o aparelho utilizando o aparelho de Vicat.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6156 - **Máquina de ensaio de tração e compressão - Verificação - Método de ensaio**. Brasil. 1983

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7175- **Cal hidratada para argamassas – Requisitos**. Brasil, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479:1994 - **Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto – Especificação**. Brasil, 1994

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 65:2003 — **Cimento Portland — Determinação do tempo de pega com pasta de consistência normal**

BARBOSA, M.T.G. **Materiais de Construção Civil 1**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Jun. 2011.

BARDINI, I. S.; MARCHIORO, T. B. **Um estudo exploratório de uso de vidro reciclado como agregado de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade do Sul de Santa Catarina. Santa Catarina, Tubarão, SC, Brasil, 2007. Disponível em:
<http://www.unisul.br/content/navitacontent_/userFiles/File/pagina_dos_cursos/Engenharia_Civil_Tubarao/TCC_Ivan.pdf> Acesso em: 25 de abril de 2025

BUENO, C. F. H. (2000) - **Tecnologia de materiais de construções** - Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Agrícola, Construções Rurais e Ambiente - 2000.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI (2017) – **Construção Sustentável: a mudança em curso**. Brasília, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) - **Relação de áreas contaminadas** (2020) - Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>

CRUZ, F. R. (2024). **Cimentos - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET)**. Pág. 6. Acesso em: 06 de maio de 2025.

CURTI, Rubens. **Dosagem do concreto pelo método ABCP**; Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em 30 de abril de 2025.

de Construção Civil. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 112 p.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ) - **Cal Hidratada (CH III)** Pág. 1 a 1.2. 24 de fevereiro de 2022. Acesso em: 05 de maio de 2025.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **"O que é o vidro?"**(2017); *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/o-que-vidro.htm>. Acesso em 29 de abril de 2025.

GARCIA, G. C. R.; SANTOS, E. M. B.; RIBEIRO, S. Efeito do tempo de cura na rigidez de argamassas produzidas com cimento Portland. **Cerâmica**, v. 57, p. 94-99, 2011.

GUIARRARA, P. (2021) - **Imigração brasileira** - Brasil Escola. Acesso em: 13 de abril de 2025, disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/brasil/imigracao-no-brasil.htm>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>."

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria e da Construção (2022)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html>

ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. Editora IBRACON. V. 2. 2 volumes. São Paulo. 2011.

KADRI, E; DUVAL, R.. **Effect of ultrafine particles on heat of hydration of cement mortars**. ACI Materials Journal, Pag. 138-142, Mar.-Abr., 2002.

KIHARA, Y. **"Reação álcali-agregado: aspectos mineralógicos."** *Anais* (1988).

- KOCH, R. H; JÚNIOR, L. G S. **Influência da granulometria da areia natural nas propriedades do concreto e argamassas na construção civil.** Revista Novos Desafios - v. 4, n. 2, 2024, p. 176-183 (ISSN 2764-1724)
- NOGUEIRA, K. A. (2010). **Reação álcali-agregado: requisitos e diretrizes da NBR 15577/2008.** Universidade Federal de Minas Gerais, p.32.
- OLIVEIRA, N. L. (2023) - **Substituição parcial da areia pelo vidro moído na argamassa** - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - 2023
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU - 1948) - **Declaração Universal dos Direitos Humanos** - Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>
- PÁDUA, M. A. C. (2025). **Traço (Superestruturas)** Pág. 4. Acesso em: 05 de maio de 2025.
- PAES, I. N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação.** Universidade de Brasília, 2004.
- PENA, R. P. A. **Geografia da informação e da tecnologia.** Edição Nosso Conhecimento, 2021.
- PEREIRA, C. **Cal: O que é, tipos e aplicações.** Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/cal/>. Acesso em: 28 de abril de 2025.
- PEREIRA, Mirian Dayane. **Análise do tempo de pega dos cimentos com o uso de calorímetro e termografia.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais**
- ROSA, S. E. S.; COSENSA, J. P.; BARROSO, D. V. **Considerações sobre a indústria do vidro no Brasil.** BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, 2007, p. 101-138.
- SANTOS, W. J. (2014). **Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento.** Tese (Pós-graduação em engenharia civil) - Universidade Federal de Viçosa.

SERVIÇO DE LIMPEZA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). **Recolhimento de resíduos descartados de forma irregular é intensificado** (2024) - Disponível em: <https://www.slu.df.gov.br/recolhimento-de-residuos-descartados-de-forma-irregular-e-intensificado/>

SILVA, L. H. P.; TAMASHIRO, J. R.; ANTUNES, P. A.; PEREIRA, D. R. (2020). **Caracterização da cinza de forno de olaria para aplicação em cimento pozolânico.** *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(1), e-12567.

TRENTIN, Priscila Ongaratto et al. **Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa.** *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 25, p. e-12576, 2020.

ANEXOS – MATERIAIS

A.1. Resultado dos Ensaios de Caracterização de Materiais

Neste anexo, os valores obtidos a partir dos ensaios laboratoriais dos elementos que compõem a argamassa executada no experimento: cimento, cal, areia e vidro, trazidos nos seguintes quadros.

Quadro 6 - Resultado obtido a partir da determinação do tempo de trabalhabilidade do CP II F 32

Nº	Horário	Leitura (mm)	Tempo decorrido (min)
0	19:40	Tempo que água foi acrescentada a mistura	0
1	19:50	0.0	10
2	20:00	0.0	20
3	20:10	0.0	30
4	20:20	0.0	40
5	20:30	0.5	50
6	20:40	0.5	60
7	20:50	0.5	70
8	21:00	0.5	80
9	21:10	0.5	90
10	21:20	0.5	100
11	21:30	1.0	110
12	21:40	1.0	120
13	21:50	1.0	130
14	22:00	1.0	140
15	22:10	2.5	150
16	22:20	3.0	160
17	22:30	2.5	170
18	22:40	6.0	180

(Fonte: autoria própria)

Quadro 7 - Representação das massas retidas de areia nas peneiras propriamente estabelecidas. NM 248 (2003)

Peneiras (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada
4,8	0,6	0,06	0,06
2,4	9,3	0,9	0,96
1,2	79,6	7,75	8,71
0,6	556,7	54,2	62,91
0,3	259,6	25,27	88,18
0,15	97,8	9,52	97,7
0,075	17,3	1,68	99,38
Fundo	6,2	0,62	100
Σ	1027,1	100	457,9

Quadro 8 - Representação das massas retidas de vidro nas peneiras propriamente estabelecidas. NM 248 (2003)

Peneiras (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada
4,8	25,8	2,55	2,55
2,4	302,0	29,87	32,42
1,2	276,3	27,33	59,75
0,6	225,8	22,33	82,08
0,3	75,1	7,43	89,51
0,15	61,4	6,07	95,58
0,075	33,3	3,29	98,87
Fundo	11,2	1,1	100
Σ	1010,9	100	560,76