

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Programa de Pós Graduação em Construção Civil**

**Dissertação de Mestrado**

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE REJUNTE**  
**FABRICADO COM AGREGADO DE**  
**MICROESFERAS DE VIDRO.**

Pedro Paulo Ponciano

Belo Horizonte

2011

**PEDRO PAULO PONCIANO**

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE REJUNTE  
FABRICADO COM AGREGADO DE  
MICROESFERAS DE VIDRO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de Concentração: Materiais de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Co-orientadora: M. Sc. Tereza Cristina Miranda de Magalhães.

Belo Horizonte

2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE REJUNTE FABRICADO COM AGREGADO DE MICROESFERAS DE VIDRO.**

**Pedro Paulo Ponciano**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Comissão Examinadora

---

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior  
DEMC/UFMG (Orientador)

---

Profa. M. Sc. Tereza Cristina Miranda de Magalhães  
NEWTON PAIVA (Co-Orientadora)

---

Prof. Dr. Eduardo Chahud  
DEMC/UFMG

---

Prof. Dr. Antônio Alves Dias  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS/USP

Belo Horizonte, 29 de Junho de 2011.

*À Aparecida de Souza Lemos-Minha querida mãe,  
Ao Professor Antônio Júnior-Orientador, companheiro e amigo,  
A Tereza-Co-orientadora, colaboradora e amiga,  
A Suely-Minha amável esposa,  
Aos funcionários e professores do Departamento de Materiais de Construção.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer é reconhecer a ajuda que tantas pessoas ofereceram a mim em vários momentos nesta caminhada.

Agradeço a Deus pela oportunidade de aprender um pouco mais.

A minha esposa Suely por me ajudar e sempre me compreender nos momentos em que eu mais precisei de concentração e principalmente estar ao meu lado a todo o momento. Amo-te eternamente.

A minha mãe pelo incentivo e companheirismo.

Aos meus irmãos que sempre se orgulharam de mim, principalmente a minha querida irmã Marinete que sempre acreditou e me apoiou em todas as coisas que fiz e sonhei em fazer.

À equipe do Laboratório da PRECON S.A., em Pedro Leopoldo, principalmente ao Alberto Luciano, Leandro, Ricardo e Valquíria pelo grande desempenho e ajuda na elaboração dos ensaios.

Ao colega Alexandre Lopes Vieira por me incentivar no curso de Mestrado em construção civil.

Ao amigo Rafael Martins dos Santos e a Empresa Persinal Ltda por me informar e doar as microesferas de vidro.

A Tereza Cristina a minha Co-orientadora que sempre me apoiou, foi amiga e insistente mesmo tendo que se dividir no momento mais sublime de uma mulher que é a gravidez.

Ao meu orientador e amigo, Antônio Júnior que aos poucos fui aprendendo a admirar pela sua forma harmoniosa de conduzir a vida. Considerei uma honra inexplicável ser orientado e auxiliado por uma pessoa de extrema educação e simplicidade.

*“Utilize os talentos que tiver:*

*haveria silêncio nos bosques se só os pássaros que cantam bem cantassem”.*

*Henry Van Dyke*

## **RESUMO**

Os sistemas e revestimentos têm adotado inúmeras inovações para melhorar o desempenho dos seus componentes nas mais variadas situações de aplicação. No entanto são constantes os estudos para buscar novas tecnologias que vão atender cada vez mais a enorme demanda que os sistemas de revestimentos necessitam em relação ao tipo de ambiente de aplicação, materiais e tipos de rejuntas. Neste trabalho foram estudadas três amostras com substituição de dolomita por microesferas de vidro em proporções de 5,10 e 15%. Estas amostras foram desenvolvidas com intuito de verificar as propriedades do rejunte fabricado com agregados de microesferas de vidro utilizadas para demarcação viária. Ao comparar os resultados obtidos com os requisitos exigidos pela norma, foi possível verificar que a argamassa com a introdução das microesferas de vidro na argamassa de rejuntamento influenciou no aumento da resistência à compressão e tração e a capacidade de retenção de água na amostra. O fator de maior destaque foi à redução na absorção de água por capilaridade nas amostras com substituição parcial de dolomita por microesferas de vidro.

Palavras-chave: Microesferas de vidro, rejunte e dolomita.

## **ABSTRACT**

The systems and coatings have adopted several innovations to improve the performance of its components in various application situations. However the studies are listed to seek new technologies that will increasingly meet the huge demand that the coating systems need for the type of application environment, materials and types of sealants. In this study three samples with replacement of dolomite by glass microspheres in proportions of 5.10 and 15%. These samples were developed in order to verify the properties of the grout made with clusters of glass beads used for road marking. By comparing the results with the standards required by the standard, we observed that the mortar with the introduction of glass beads in a grout influence the increased resistance to compression and tension and the ability to retain water in the sample. The most prominent factor was the reduction in water absorption by capillarity in the samples with partial substitution of dolomite for glass beads.

Key-Word: glass beads, grout and dolomite.

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b> .....	12
<b>Lista de Tabelas</b> .....	16
<b>Lista de Quadros</b> .....	17
<b>Siglas e abreviaturas</b> .....	18
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1.Justificativa do trabalho.....	20
1.2.Objetivos.....	22
1.2.1.Objetivo Geral.....	22
1.2.2.Objetivos Específicos.....	22
<b>Capítulo 2 – ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO</b> .....	23
2.1.Definição e Histórico.....	24
2.2.Tipos de rejuntas.....	26
2.3.Modelo de Aplicação do Rejunte.....	31
2.4.Componentes do Rejunte.....	34
<b>Capítulo 3 – NBR 14992-ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO</b> .....	39
3.1.Requisitos Exigíveis.....	40
3.2.Ensaio Específicos da NBR 14992.....	41

3.2.1.Preparo da Mistura.....	41
3.2.2.Determinação da Retenção de água .....	43
3.2.3.Determinação da Variação Dimensional.....	44
3.2.4.Determinação da Resistência à compressão.....	46
3.2.5.Determinação da Resistência à tração na flexão.....	46
3.2.6.Determinação da absorção de água por capilaridade.....	48
3.2.7.Determinação da permeabilidade.....	49
<b>Capítulo 4 –O VIDRO.....</b>	<b>51</b>
4.1.Histórico.....	52
4.2.Definição.....	53
4.3.Propriedades.....	53
4.4.Resistência Química.....	55
4.5.Composição do vidro.....	57
4.6.O processo de Produção.....	58
<b>Capítulo 5 –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>61</b>
5.1.Microesferas de vidro.....	62
5.1.1.Histórico.....	62
5.1.2.Definição.....	62
5.1.3.Microesferas de vidro sólidas.....	62

5.1.4. Microesferas de vidro ocas .....	63
5.1.5. Aplicação.....	64
5.1.5.1. Microesferas de vidro sólidas .....	64
5.1.5.2. Microesferas de vidro ocas .....	68
5.1.6. Vantagens da Aplicação das Microesferas de Vidro.....	69
5.1.6.1. Melhoria do Fluxo.....	69
5.1.6.2. Maior capacidade de carregamento.....	70
5.1.6.3. Revestimento de Pisos.....	71
5.2. Sinalização viária –Microesferas de vidro.....	73
5.2.1. Objetivo.....	73
5.2.2. Classificação.....	73
5.2.3. Requisitos para utilização das Microesferas de Vidro.....	75
5.3. Agregados do rejunte.....	78
5.3.1. Calcita.....	78
5.3.2. Dolomita.....	80

<b>Capítulo 6 –PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>82</b>
6.1.Materiais e Métodos .....	82
6.1.1.Materiais .....	82
6.1.2. Métodos.....	85
6.1.2.1.Levantamento de dados.....	86
6.1.2.2.O processo experimental.....	86
<b>Capítulo 7–RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>107</b>
7.1.Retenção de água.....	109
7.2.Variação dimensional.....	111
7.3.Resistência à compressão.....	113
7.4.Resistência a tração na flexão.....	115
7.5.Absorção de água por capilaridade.....	117
7.6.Permabilidade aos 240 min.....	118
<b>Capítulo 8 –CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>121</b>
<b>Capítulo 9–SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>123</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>125</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1-Assentamento de placas cerâmicas com excesso de argamassa nas juntas.....	32
Figura 3.1-Misturador Mecânico utilizado na mistura de argamassas.....	43
Figura 3.2-Demarcação da mancha no ensaio de retenção de água.....	44
Figura 3.3-Suporte para medir a variação dimensional.....	45
Figura 3.4-Forma metálica para execução de corpos de prova para ensaio de tração na flexão.....	47
Figura 3.5-Coluna de vidro utilizada no ensaio de permeabilidade.....	50
Figura 4.1-Fluxograma de locais atingidos pelo vidro por ação de agentes.....	56
Figura 4.2-Quantidade de sílica removida pela ação da água (ARKEMAN 1990).....	56
Figura 4.3-Tijolos de vidro com cores variadas .....	57
Figura 4.4-Processo de produção de vidros para janela no ano de 1800.....	59
Figura 5.1-Microesferas de vidro para demarcação viária.....	63
Figura 5.2-Tratamento superficial de peças metálicas (POTTERS, 2010).....	64

Figura 5.3- Microesferas Ocas de Vidro (Glass Bubbles® tipo K-37); micrografia eletrônica de varredura (aumento de 100 vezes) (BARBOZA E PAOLI, 2010).....	65
Figura 5.4-Microesferas de vidro com resina(POTTERS,2010).....	66
Figura 5.5-Retrorrefletividade da microesfera de vidro (SCHWAB, 1999).....	67
Figura 5.6 - Comparação da geometria de diferentes materiais (b, c e d) com as microesferas de Vidro (a) (3M,2010) .....	70
Figura 5.7 - Preenchimento com material esférico (3M, 2010).....	71
Figura 5.8-Calcita utilizada na fabricação do rejunte.....	79
Figura 5.9-Calcitas com várias cores (ZIMBRES, 2010).....	79
Figura 6.1-Aditivo retentor de água.....	84
Figura 6.2-Pesagem das microesferas de vidro a) 150 g (5% de substituição) b) 300 g (10% de substituição) c) 450 g(15% de substituição).....	90
Figura 6.3-Execução do ensaio de retenção de água: a) confecção do corpo de prova. b) amostra sobre o papel filtro (10 min.).....	92
Figura 6.4-Execução do ensaio de variação dimensional: a) medição do corpo de prova; b) aferição do aparelho; b) pinos inferior e superior.....	94
Figura 6.5-Execução do ensaio de variação dimensional: a) confecção da amostra; b) confecção da amostra; c) equipamento para controlar a. temperatura e umidade relativa do ar.....	96

Figura 6.6-Execução do ensaio de resistência à compressão: a) montagem da célula de carga; b) célula de carga; c) rompimento do corpo de prova.....	98
Figura 6.7-Dispositivo para apoio do corpo de prova-Ensaio de resistência a tração na flexão.....	100
Figura 6.8-Rompimento do corpo de prova-Ensaio de resistência da tração na flexão.....	101
Figura 6.9-Aplicação de água para o ensaio de absorção.....	102
Figura 6.10: a) limpeza da estufa b) secagem dos corpos de prova em estufa.....	103
Figura 6.11- Coluna de vidro sobre os corpos de prova-Ensaio de permeabilidade.....	106
Figura 6.12-Preenchimento da Coluna de vidro usada como testemunho.....	106
Figura 7.1–Comparação dos resultados de retenção de água aos 10 minutos entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....	110
Figura 7.2–Comparação dos resultados da variação dimensional entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....	112
Figura 7.3–Comparação dos resultados da resistência à compressão aos 14 dias entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....	114

Figura 7.4—Comparação dos resultados da resistência à tração na flexão aos 7 dias entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....116

Figura 7.5—Comparação dos resultados da absorção de água por capilaridade aos 300 min. entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....117

Figura 7.6—Comparação dos resultados da permeabilidade aos 240 min. entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.....119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tipos de A.R. e requisitos mínimos conforme NBR14992 .....	41
Tabela 4.1 - Óxidos utilizados para a coloração do vidro.....	58
Tabela 6.1-Propriedades físicas e químicas da água utilizada no trabalho fornecida pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) no período de 09/2010 a 12/2010 do município de Pedro Leopoldo).....	85
Tabela 6.2-Substituição de dolomita por microesferas de vidro.....	87
Tabela 7.1-Valores de Retenção de água para as quatro amostras ensaiadas.....	109
Tabela 7.2-Valores de variação dimensional para as quatro amostras ensaiadas.....	111
Tabela 7.3-Valores de Resistência à compressão para as quatro amostras ensaiadas.....	113
Tabela 7.4-Valores de resistência a tração na flexão das quatro amostras ensaiadas.....	115
Tabela 7.5-Valores de absorção de água por capilaridade para as quatro amostras ensaiadas.....	117
Tabela 7.6-Valores de permeabilidade aos 240 min. para as quatro amostras ensaiadas.....	118

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1-Seleção de materiais pra rejuntamento (ASCER, 2008).....	29
Quadro 6.1 – Dosagens das amostras.....	88

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A/C: fator água/cimento.

ABIVIDRO: Associação Técnica das Indústrias automáticas de vidro.

$Al_2O_3$ : Alumina ou óxido de alumínio.

A.R: Argamassa de rejuntamento.

ASCER: Associação Espanhola de fabricantes de Azulejos, pisos e telhas cerâmicas.

CP: Corpo de prova.

$CO_2O_3$ : Óxido de cobalto.

$Cr_2O_3$ : Óxido de cromo.

$CuO$ : Óxido de cobre.

DRX: Difração de Raios-X.

EDS: Energia Dispersive X - Ray Detector (Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X).

$FeO$ : Óxido de ferro.

$Al_2O_3$ : Óxido de alumínio.

FRX: Fluorescências de Raios-X.

HEMC: Hidroxietil Metil Celulose

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

$Na_2O$ : Óxido de sódio.

NBR: Norma Brasileira Registrada

MEV: Microestrutura Eletrônica de Varredura.

pH: Potencial hidrogeniônico.

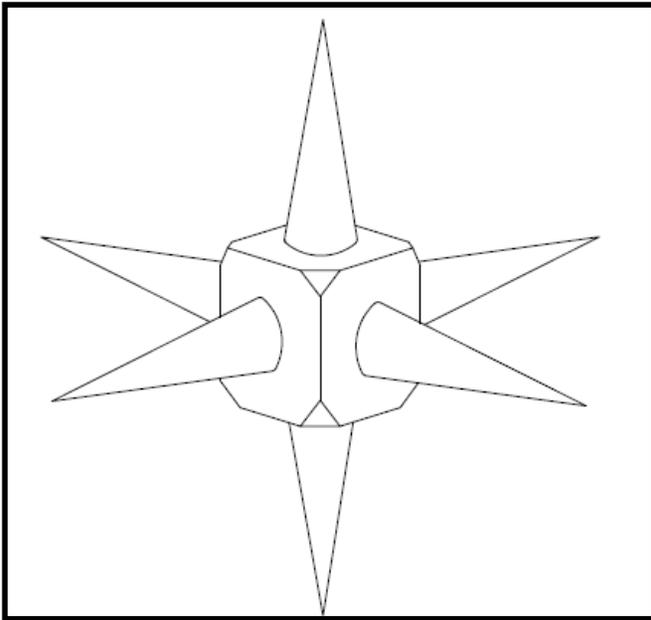
U.R : Umidade relativa (%).



# ***INTRODUÇÃO***

---

---



# CAPÍTULO 1-INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa do trabalho

O setor da construção civil no Brasil, assim como praticamente todos os setores, passa atualmente por um sólido crescimento e estão se expandindo em decorrência de uma melhoria da economia. Atrelado a este fato, todos os segmentos da construção civil vêm atualmente demandando profissionais qualificados, novas tecnologias e produtos que permitam oferecer projetos cada vez mais ousados e inovadores.

Dentre o processo existente na construção civil o de revestimento é de grande importância, uma vez que a sua falha pode levar a problemas diversos dentro da edificação. Atualmente no Brasil utiliza-se variado tipo de revestimentos tais como placas cerâmicas, pintura e paredes com texturas que são utilizados na parte interna e externa das edificações. O revestimento cerâmico é largamente utilizado pela sociedade brasileira e oferece no mercado uma grande variação de produtos e preços para a construção de sistemas de revestimentos como forma decorativa e modelo de impermeabilização.

Com a grande demanda de produtos voltados para o revestimento cerâmico o fabricante de componentes associados a este sistema, cada vez mais propõe soluções que possam ser adaptadas a situações variadas buscando a melhoria do aspecto final e assegurando a funcionalidade do produto, sem alterar as características e propriedades previstas pela norma.

A utilização de revestimentos cerâmicos possui várias vantagens que são perfeitamente adequadas ao clima brasileiro. Além disso, existe uma característica relacionada com a facilidade de limpeza que, se corretamente especificada de acordo com os ambientes, torna sua manutenção simples. Os revestimentos cerâmicos, se bem especificados em função do local de uso e bem assentados, apresentam excelente durabilidade, pois são materiais considerados inertes. Também, podem proteger as estruturas dos edifícios,

com relação a incêndio, pois são materiais não inflamáveis e de baixa condutibilidade térmica (GASTALDINI e SICHIERI, 2010).

Entretanto, o grande número de manifestações patológicas no sistema de revestimento cerâmico vem ocasionando desconforto e aumento de custos na manutenção de empreendimentos que utilizam este tipo de revestimento, ou seja, a vida útil de um revestimento cerâmico vem a ser atingido ainda em uma fase prematura o que leva a um diagnóstico errôneo de todo o modelo de revestimento.

JUNGINGER (2003) relata que o rejunte bem como as placas cerâmicas quando estão submetidos ao ciclo de variação de temperatura reagem a uma constante retração e expansão. Como os materiais possuem os coeficientes de dilatação e contrações diferentes o rejunte sofre as tensões e rupturas na interface dos materiais. O rejunte não é capaz de resistir ao constante ciclo de tensões e começa a manifestar micro fissuras e até mesmo trincas que permitem a passagem de água. Uma vez que essa água penetra na parede ela busca caminhos para retornar, mas como o revestimento externo impossibilita tal ato à umidade se manifesta na parede e no revestimento no lado de dentro das edificações.

As pesquisas voltadas para melhoria do desempenho dos materiais utilizados na construção civil bem como o seu processo de execução tem estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias nesta área. A argamassa de rejuntamento é um tema pouco estudado, mas já se sabe que é um fator influenciador no surgimento de patologias em revestimentos, às vezes por ações externas como temperatura e umidade e em outros momentos por situações como execução, projeto e comportamento dos materiais que ali são utilizados.

Com o intuito de melhorar as propriedades da argamassa de rejuntamento será apresentada neste trabalho a proposta de substituição parcial do agregado dolomita utilizado na composição do rejunte por microesferas de vidro em proporções definidas de 5,10 e 15% em rejunte Tipo II, que é indicado para

todos os locais internos e externos inclusive fachadas e piscinas. Com as tentativas de respostas para soluções ainda indefinidas quanto às argamassas de rejuntamento o estudo apresenta-se de valia para o desenvolvimento de rejunte fabricado com agregados de microesferas de vidro, considerando que pode haver modificações favoráveis quanto à resistência à abrasão, aumento de resistência à compressão, aumento na retenção de água, diminuição da absorção de água e melhor trabalhabilidade.

## **1.2 objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral:**

Avaliação das propriedades das argamassas de rejuntamento com a utilização de microesferas de vidro em proporções pré-definidas como agregado na fabricação de rejunte.

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

Para que o objetivo geral tenha êxito é preciso que os seguintes objetivos específicos sejam alcançados:

- Analisar o desempenho das propriedades mecânicas dos rejuntes fabricados com agregados de microesferas de vidro.
- Analisar o desempenho das propriedades físicas dos rejuntes fabricados com agregados de microesferas de vidro.

# 2 ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO

---

---



Este capítulo descreve informações sobre a argamassa de rejuntamento, que é o principal foco de estudo deste trabalho. A abordagem direciona aos tipos de rejunte, métodos de aplicação e elementos constituintes do mesmo.

---

---

## CAPÍTULO 2 - ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO

### 2.1 Definição e histórico

Conforme CARASEK (2007) as argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água podendo ainda conter aditivos e adições minerais.

As argamassas são materiais bastante empregados no setor da construção civil, utilizadas no assentamento de alvenaria e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de paredes e tetos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra.

Segundo a NBR 14992 (2003), a Argamassa de Revestimento (A.R.) é considerada uma mistura industrializada de cimento Portland e outros componentes homogêneos e uniformes, para aplicação nas juntas de assentamento de placas cerâmicas, classificada segundo o ambiente e requisitos mínimos.

Os primeiros registros de emprego de argamassa como material de construção são da pré-história, há cerca de 11.000 anos. No sul da Galiléia, próximo de Yiftah'el, em Israel, foi descoberto em 1985, um piso em bom estado de conservação com aproximadamente 180m<sup>2</sup>, feitos com pedra e uma argamassa de cal e areia, o qual se estima ter sido produzido entre 7000 a.C e 9000 a.C. A partir desta data existem vários registros do emprego de argamassas de cal e gesso pelos egípcios, gregos, estrucos e romanos (CARASEK,2007).

A partir de 1945 houve um grande impulso em relação aos estudos de argamassas colantes e de rejuntamento, principalmente nos Estados Unidos e Europa o que conseqüentemente acelerou a produção de revestimento cerâmico. O desenvolvimento de novas tecnologias para determinado

componente do sistema de revestimento proporcionou melhorias para todo o sistema, considerando que todos os elementos possuem uma interdependência em produção, aplicabilidade e padronização.

Até a década de 50 começaram a surgir na Europa e Estados Unidos elevado crescimento e desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e métodos de construção. Este fato surgiu mediante as várias necessidades como, por exemplo, a introdução de novos materiais na construção civil, a busca para a redução de tempo no processo construtivo e ainda e exigência de um alto padrão de qualidade (MAGALHÃES, 2008).

Segundo GOMES et al. (2008) os estudos para verificação da qualidade e desempenho do sistema de revestimentos cerâmicos tiveram início, no Brasil em 1964 devido às preocupações decorrentes dos problemas de descolamento de revestimentos cerâmicos.

Em 1994, o Brasil era o segundo maior produtor mundial de revestimento cerâmico e a produção brasileira de revestimentos cerâmicos foi, de forma estimada, de 216 milhões de m<sup>2</sup>/ano e o consumo interno de 15 milhões e 300 mil de m<sup>2</sup>/ano. Em 2006 e 2007 o Brasil caiu para a terceira posição (atrás da China e Espanha), mas aumentou a produção para 637 milhões de m<sup>2</sup>/ano em 2007 e vendeu para o mercado interno 534,7 milhões de metros quadrados no mesmo ano. Para efeito de projeção da demanda nacional de A.R., com base na venda de cerâmica para o mercado interno em 2007, um cálculo estimativo, tomando como base uma média de 0,5kg de argamassa para rejuntamento por metro quadrado de cerâmica, resulta em uma demanda média nacional de 267,35 milhões de kg/ano, que corresponde a 267 mil toneladas por ano (GOMES, 2008).

A argamassa para rejuntamento é o componente do sistema de revestimento menos estudado dentro de um sistema de revestimento, apesar da sua grande parcela de responsabilidade para o desempenho adequado de todo o conjunto.

Assim como ocorre com a indústria de argamassas colante a indústria de argamassa de rejuntamento procura manter uma relação com as proporções de produção e solicitações da indústria de revestimento cerâmico (GOMES, 2008).

De acordo com JUNGINGER (2003) o rejunte e rejuntamento pode ser definido como:

- **Rejunte:** composto destinado a preencher as juntas entre as placas cerâmicas, apresentando-se trabalhável durante a etapa de aplicação e endurecimento;
- **Rejuntamento:** ato ou ação de preencher as juntas entre as placas cerâmicas com um composto específico para tal função, ou seja, o rejunte.

## 2.2 Tipos de rejuntas

CARASEK (2008) relaciona as principais propriedades e requisitos das argamassas de rejuntamento para diferentes funções. Para essas argamassas das juntas de assentamento de peças cerâmicas a autora propõe que:

- A função é de vedar as juntas, permitir a substituição de peças cerâmicas, ajustarem os defeitos do alinhamento e absorver pequenas deformações do sistema;
- Os requisitos e propriedades são a trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial), baixa retração, aderência e capacidade de absorver deformações (flexibilidade) principalmente para fachadas.

As definições a seguir possibilitam a compreensão da vasta utilização de agregados e aglomerantes na composição dos rejuntas industrializados. Considerando que este estudo é direcionado a substituição parcial do agregado dolomita por microesferas de vidro, será priorizado neste trabalho os rejuntas monocomponentes de base cimentícia.

- **Rejuntas cimentícios monocomponentes:** apresentam-se como uma parte em pó que necessita apenas de adição de água imediatamente antes da aplicação. Como este é o tipo de rejunte mais comum, o termo monocomponente não acompanha sua especificação. Embora não recebam aditivos líquidos durante o preparo, podem incorporar aditivos em pó na sua formulação;
- **Rejuntas cimentícios bicomponentes:** apresentam-se como duas partes distintas, com uma fração granular seca e outra na forma de emulsão aquosa (aditivo líquido), bastando efetuar a mistura na hora da aplicação;
- **Rejuntas de base orgânica:** são materiais geralmente compostos por dois ou mais componentes pré-dosados que, quando misturados, formam uma pasta homogênea pronta para a aplicação. Como exemplos mais comuns existem os selantes elastoméricos, as resinas epóxi e as resinas furânicas. (JUNGINGER, 2003, p.12).

Os rejuntas industrializados passam por um rigoroso controle de produção e ensaios, por isso oferecem menor variação quando dosados. Os fabricantes adicionam informações em suas embalagens que norteiam a aplicação do produto em relação ao local, condições climáticas e condições de uso. O rejunte é basicamente composto por cimento, agregados minerais, germicidas, fungicidas, polímeros e aditivos. Cada elemento, com a sua devida propriedade, será responsável por uma ação com o objetivo de melhorar algumas características do rejunte no momento da aplicação e nas condições finais do rejunte endurecido.

Através da tradução do guia de revestimentos cerâmicos publicados pela ASCER (Associação Espanhola de fabricantes de Azulejos, pisos e telhas cerâmicas) proposta por GOMES (2008), a recomendação para a especificação da argamassa de rejuntamento resume-se em:

- O tipo de aplicação, que pode ser na parede ou piso;
- Tipo de ambiente, que pode ser interno ou externo;
- Características das placas, para locais que exigem maior higiene (H);
- Placas que não são escorregadias (A);
- Aplicação em áreas externas (E);

Quanto ao tipo de rejunte o mesmo poderá ser:

- Com mistura fraca de cimento (JC);
- Rejunte cimentício (J1);
- Rejunte cimentício com adição de polímero (J2);
- Com resina reativa ou rejunte epóxi (JR).

O Quadro 2.1 aborda os aspectos para a seleção de materiais para rejuntamento com as diversas variantes no qual o rejunte poderá se submeter. Além dos aspectos propostos pela ASCER (Associação Espanhola de fabricantes de Azulejos, pisos e telhas cerâmicas) alguns fabricantes informam inclusive o tempo de aplicação, a temperatura do ar ambiente e da superfície da base e ainda oferecem produtos que aplicados antes do assentamento do rejunte, evita o acúmulo de argamassa, proporcionando maior facilidade na hora da limpeza evitando que as peças sejam danificadas por ação de atrito.

A ASCER (Associação Espanhola de fabricantes de Azulejos, pisos e telhas cerâmicas) ainda relaciona os diferentes tipos de argamassas com os locais de aplicação às características das placas e a situação de exposição.

É possível observar a importância dada as condições que o rejunte poderá submeter em relação ao local e aplicação. Os fabricantes de rejunte informam em suas embalagens e fichas técnicas alguns dados importantes como, por exemplo, o local a ser aplicado e exposição no qual o rejunte será submetido.

Quadro 2.1-Seleção de materiais pra rejuntamento (ASCER, 2008).

SELEÇÃO DE MATERIAL PARA REJUNTAMENTO				
APLICAÇÃO	AMBIENTE	CARACTERÍSTICA DA PLACA	TIPO DE REJUNTE	OBSERVAÇÕES
Piso	Interno	-	JC J1	Recomendado para locais úmidos.
		A	J1 J2	Locais persistentemente expostos à água.
		AH, H	J1 JR	Locais para alimentação, cuidados com a saúde e expostos a produtos quimicamente agressivos.
	Externo	E, AE	J1 J2	Locais expostos ao congelamento ou mudança brusca de temperatura.
		EH, AEH	J2 JR	Locais para alimentação, cuidados com a saúde e expostos a produtos quimicamente agressivos.
Parede	Interno	-	JC J1	Recomendado para locais úmidos.
		H	J2 JR	Locais para alimentação, cuidados com a saúde e expostos a produtos quimicamente agressivos.
	Externo	E, EH	J2 JR	Locais para alimentação, cuidados com a saúde e expostos a produtos quimicamente agressivos.

De acordo com a NBR 14992(2003) as argamassas de rejuntamento são classificadas levando em conta o local de aplicação e o tipo de placa cerâmica:

- Tipo I

Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas às seguintes condições:

(a) aplicação restrita aos locais de trânsito de pedestres transeuntes, não intenso;

(b) aplicação restrita a placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% (grupos II e III – segundo NBR13817);

(c) aplicação em ambientes externos, piso ou paredes, desde que não excedam 20m<sup>2</sup> e 18m<sup>2</sup>, respectivamente, limite a partir do qual são exigidas as juntas de movimentação, segundo NBR13753 e NBR13755.

- Tipo II

Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas, para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas às seguintes condições:

(a) todas as condições do tipo I;

(b) aplicação em locais de trânsito intenso de pedestres/transeuntes;

(c) aplicação em placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3% (grupo I – segundo NBR13817);

(d) aplicação em ambientes externos, piso ou parede, de qualquer dimensão, ou sempre que se exijam as juntas de movimentação;

(e) ambientes internos ou externos com presença de água estancada (piscinas, espelhos d'água etc).

Para ambientes agressivos quimicamente ou mecanicamente e outros tipos de revestimentos, assim como ambientes com temperaturas acima de 70°C ou abaixo de 0°C (estufas ou câmaras frigoríficas), a NBR 14992 recomenda consultar o fabricante do rejunte para esclarecer qual o produto adequado.

Conforme MAGALHÃES (2008) os rejuntas Tipo I estão praticamente abolidos por conter variadas restrições, além de ter características incompletas em relação aos rejuntas Tipo II como a flexibilidade e maior resistência a tensões.

## **2.3 Modelo de aplicação dos rejuntas**

Os critérios para aplicação do rejunte são fatores de extrema importância que podem influenciar desde as idades prematuras até os momentos em que o rejunte é solicitado em suas condições mais diferenciadas. Não somente as observâncias são voltadas para a argamassa de rejuntamento, mas também para o local, o tipo de material de revestimento e ferramentas adequadas.

No preparo da junta e do material de revestimento, ambas devem estar seca e limpa sem resíduos de óleo e pó ou ainda de outros materiais que comprometam a aderência da argamassa de rejunte com o material de revestimento.

A mistura do rejunte deverá ter a sugestão descrita pelo fabricante que normalmente é indicada na embalagem. Em uma obra visitada pelo autor verificou-se que a embalagem do rejunte às vezes sofria avarias como umidade e choque e era substituída por outro tipo de embalagem qualquer o que gerava incertezas nas informações básicas em relação ao produto. O maior controle

das informações favorece a correta aplicação do produto principalmente em construções que possuem diferentes tipos de rejuntas.

Em alguns casos o excesso de argamassa de assentamento utilizado para a aplicação do revestimento tende a ser expulsa pelas juntas quando pressionado pelo assentador. Esta ação diminui a área de aplicação da argamassa de rejuntamento podendo comprometer todo o sistema. No caso quando se aplica um rejunte flexível a presença de argamassa de assentamento nas juntas (figura 2.1) ocasiona uma maior rigidez no local havendo ruptura direcionada ao rejunte, e não a argamassa de assentamento, quando o sistema for direcionado por tensões.

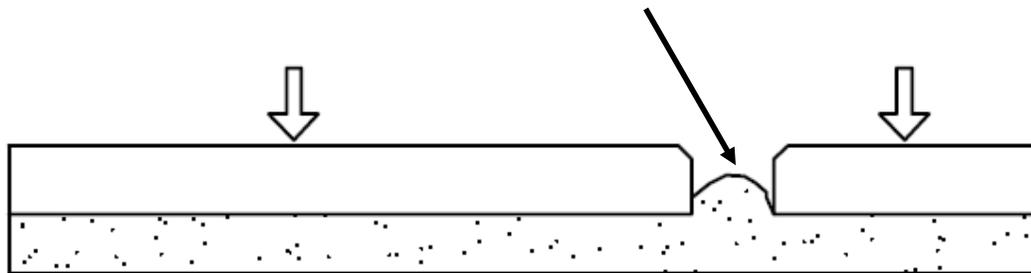


Figura 2.1-Assentamento de placas cerâmicas com excesso de argamassa nas juntas.

As argamassas para rejuntamento à base de cimento Portland utilizadas para preenchimento das juntas de assentamento das placas cerâmicas, também têm sido causa de constantes manifestações patológicas no sistema de revestimento cerâmico, tais como (a) aparecimento de mofo, fungos e bactérias que causam contaminação, odores, alteração na cor do rejuntamento e manchas prejudiciais à estética do revestimento; (b) descoloração da argamassa de rejuntamento pelo desbotamento do pigmento; (c) aparecimento de fissuras em decorrência das constantes movimentações devido à dilatação térmica das placas cerâmicas e dos materiais componentes do revestimento. O

alto valor do módulo de elasticidade, que contribui para o aumento da rigidez da argamassa para rejuntamento, pode ser o fator que dificulta a absorção dos movimentos da estrutura e provoca o aparecimento das fissuras e descolamento (GOMES, 2008).

Outro fator que devemos observar é a temperatura de trabalho para o assentamento do rejunte (conforme o quadro 2.2). Em alguns casos quando o rejunte é aplicado em condições de temperaturas elevadas, poderá ocorrer à retração prematura da A.R comprometendo, inclusive, a durabilidade do sistema de revestimento.

Quadro 2.2-Temperatura de aplicação do rejunte.

TEMPERATURA PARA APLICAÇÃO DO REJUNTE	
TEMPERATURA	SITUAÇÃO
10°C até 30°C	Ar ambiente
10°C até 23°C	Superfície da base

A A.R deverá ser aplicada buscando o máximo de utilização dentro das juntas para evitar que ocorram manchas nas placas e ainda diminuir ou eliminar a dificuldade de remoção do material excedente contido nas placas. No caso de placas cerâmicas que são fabricadas para evitar o escorregamento (antiderrapante) as saliências são maiores e conseqüentemente a remoção se torna mais difícil.

A A.R deverá ser preparada em recipiente que não absorva sua água de amassamento. A quantidade de água deverá ser respeitada conforme a orientação de cada fabricante. A procedência da água utilizada na argamassa

de rejuntamento deverá ser levada em conta uma vez que esta água poderá ter elementos que acelerem o fenômeno de eflorescência.

De acordo com o GUIA WEBER DA QUARTZOLIT (2005) a aplicação do rejunte deverá seguir a seguintes recomendações:

- Aplicar o rejunte com desempenadeira emborrachada, evitando o atrito excessivo com a superfície das placas, procurando pressionar o rejuntamento para dentro das juntas de assentamento das placas;
- Aguardar de 15 a 20 minutos antes de remover o excesso do rejuntamento com esponjas macias, úmidas e limpas, alisando o material, sem comprimi-lo, ou utilizar um frisador plástico;
- Para acabamento final deverá ser aplicada uma esponja levemente umedecida sobre as juntas ainda úmidas;
- A limpeza rotineira das cerâmicas deverá ser iniciada 14 dias após a aplicação do rejuntamento com pano, água limpa e detergente líquido neutro.

## 2.4 Componentes do rejunte

Os elementos que compõem uma argamassa de rejuntamento podem variar de fabricante para fabricante sendo que as variações envolvem tipo de componentes e quantidades, uma vez que o mercado exige cada vez mais opções de aplicação. Os elementos constituintes do rejunte de base cimentícia são descritos da seguinte forma:

- **Aglomerante:**

Os aglomerantes são materiais pulverulentos que se hidratam em presença de água formando uma pasta resistente capaz de aglutinar agregados, dando origem às argamassas e concretos (MAGALHÃES *apud* RIBEIRO, 2000).

- **Agregado:**

Agregado é a denominação genérica dada aos materiais para se obterem as argamassas e concretos. Os agregados apresentam-se em forma de grãos, tais como areias e britas, sendo que devem ser inertes, ou seja, não devem provocar reações indesejáveis. Os agregados constituem da ordem de 70% do volume total dos produtos em que são utilizados, desempenhando, em consequência, um importante papel do ponto de vista do custo total dos mesmos. Além disto, propiciam uma menor retração das pastas formadas por cimento e água e aumentam a resistência ao desgaste superficial das argamassas e concreto (MAGALHÃES, 2008).

MEHTA e MONTEIRO (2008) relatam que os agregados são relativamente baratos e não entram em complexas reações químicas com a água. Por isso, têm sido comumente tratados como material de enchimento inerte no concreto. No entanto, devido a uma melhor compreensão do papel desempenhado pelos agregados na determinação de muitas propriedades importantes do concreto, a visão tradicional do agregado como um material inerte é seriamente questionável.

Ainda segundo MEHTA e MONTEIRO (2008) as características relevantes do agregado para a composição do concreto incluem:

- Porosidade;
- Composição ou distribuição granulométrica;
- Absorção de água;
- Forma e textura superficial;
- Resistência à compressão;
- Módulo de elasticidade.

Essas características observadas para o concreto se aplicam na sua maioria em argamassas de rejuntamento.

- **Polímeros**

Segundo ANDRADE (2007) os polímeros são materiais compostos de origem natural ou sintética que apresentam massas molares elevada, formadas pela repetição de um grande número de unidades estruturais básicas. Tais materiais apresentam como características principais:

- A boa resistência à corrosão;
- Baixa massa específica;
- Boas características de isolamento térmico e elétrico.

Os polímeros são encontrados na forma de pós redispersíveis. Os polímeros atuam nas argamassas pré-fabricadas como aglutinante polimérico seco e são os principais responsáveis por uma boa aderência entre o substrato e o revestimento. Isso assume uma importância decisiva quando são utilizados materiais de baixa porosidade, onde não é possível uma fixação mecânica ou cimentação da argamassa cimentícia necessitando da colagem química através da formação do filme polimérico colante.

Os dois sistemas de aglutinantes, ou seja, o aglutinante mineral cimento e o aglutinante polimérico constituem complementos ideais. A combinação desses dois elementos dentro de uma argamassa pré-fabricada proporciona propriedades e características cinéticas excelentes que não seriam conseguidas por nenhum deles sozinhos (MAGALHÃES, 2008).

- **Aditivos**

MEHTA e MONTEIRO (2008) comentam que a ASTM C 125 define o aditivo como qualquer material que não seja água, agregados, cimentos hidráulicos ou

fibras e que sejam usados como ingredientes do concreto ou argamassa e adicionado à massa imediatamente antes e durante a mistura.

Ainda de acordo com MEHTA e MONTEIRO (2008), o Comitê ACI 212 relaciona certas finalidades importantes para os quais os aditivos são usados, como por exemplo:

- Aumentar a plasticidade do concreto sem aumentar o teor de água;
- Reduzir a exsudação<sup>1</sup> e segregação<sup>2</sup>;
- Retardar ou acelerar o tempo de pega;
- Acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades;
- Reduzir a taxa de evolução do aquecimento e aumentar a durabilidade do concreto em condições específicas de exposição.

MAGALHÃES (2008) ressalta que, nas argamassas industrializadas (revestimento, assentamento, colantes e rejuntamento), o aditivo geralmente é adicionado e misturado no momento da fabricação das argamassas, não sendo adicionado na betoneira ou argamassadeira instantes antes ou durante a mistura no local. As argamassas industrializadas, assim como o rejunte, são geralmente ensacadas já com todas as matérias primas misturadas na fábrica, bastando adicionar água no momento da sua utilização.

- **Pigmentos**

O pigmento é um particulado sólido, orgânico ou inorgânico, branco, preto, colorido ou fluorescente insolúvel no substrato no qual venha a ser

---

<sup>1</sup> Exsudação é um fenômeno cuja manifestação externa é o surgimento de água na superfície após o concreto ter sido lançado e adensado. (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

<sup>2</sup> Defini-se segregação como a separação dos componentes de uma mistura de concreto fresco de tal forma que sua distribuição deixe de ser uniforme. (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

incorporado, que não reaja quimicamente ou fisicamente com este (MAGALHÃES, 2008).

MAGALHÃES (2008) comenta que segundo estes autores, a classificação dos pigmentos pode ser realizada segundo vários modos:

- Com base na origem;
- Cor;
- Constituição química;
- Método de preparação e uso.

As propriedades mais importantes a serem consideradas são a capacidade do pigmento de desenvolver cor (capacidade pigmentante). Outros numerosos fatores devem ser levados em consideração na seleção de um pigmento para uma aplicação específica entre estes, os mais restritivos são os requisitos de estabilidade química impostos pelo processo industrial. A tendência de um pigmento a solubilizar-se na matriz durante a aplicação industrial depende da área superficial específica, e, portanto, da distribuição granulométrica do pigmento. Quanto mais fino é o pigmento, tanto maior é a sua tendência a solubilizar-se na matriz. A determinação da distribuição granulométrica ótima torna-se, portanto, um compromisso entre as considerações de velocidade de dissolução e capacidade pigmentante. Para a maior parte das aplicações industriais, as partículas de pigmentos devem ter dimensões compreendidas entre 0,1 e 10  $\mu\text{m}$ . (MAGALHÃES *apud* OLIVEIRA, 1998).

# 3

## ***NBR 14992-ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO***

---

---



Este capítulo faz considerações à norma NBR 14992 que é a instrução normativa para argamassas de rejuntamento.

---

---

## CAPÍTULO 3- NBR14992/2003-ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO.

### 3.1 Requisitos exigíveis

A NBR 14992 (2003) especifica os requisitos exigíveis no recebimento de A.R-argamassa a base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas no revestimento de pisos e paredes.

Os requisitos exigíveis pela norma são:

- Ensaios;
- Embalagem e marcação;
- Armazenamento;
- Prazo de validade;
- Composição e água de amassamento;
- Amostragem e inspeção;
- Aceitação ou rejeição.

A tabela 3.1 descreve os requisitos que servirão de referência para a análise dos resultados dos ensaios de retenção de água, variação dimensional, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, absorção de água por capilaridade aos 300 min. e permeabilidade aos 240 min. Estão disponíveis as idades no quais os ensaios serão realizados e o tipo de rejunte que pode ser tipo I e tipo II.

Tabela 3.1 - Tipos de A.R. e requisitos mínimos conforme NBR14992.

Anexos	Método/propriedade	Unidade	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
B	Retenção de água	Milímetro (mm)	10 min	$\leq 75$	$\leq 65$
C	Varição dimensional	Milímetro por metro (mm/m)	7 dias	$\leq  2,00 $	$\leq  2,00 $
D	Resistência à compressão	Megapascal (MPa)	14 dias	$\geq 8,0$	$\geq 10,0$
E	Resistência à tração na flexão	Megapascal (MPa)	7 dias	$\geq 2,0$	$\geq 3,0$
F	Absorção de água por capilaridade aos 300 min	Grama por centímetro quadrado (g/cm <sup>2</sup> )	28 dias	$\leq 0,60$	$\leq 0,30$
G	Permeabilidade aos 240 min	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	28 dias	$\leq 2,0$	$\leq 1,0$

## 3.2 Ensaio Específicos da NBR 14992/2003.

### 3.2.1 Preparo da mistura

Para a execução dos ensaios laboratoriais o ambiente do laboratório deve apresentar as seguintes condições:

- Umidade relativa do ar de  $(60 \pm 5) \%$ .
- Temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Os equipamentos necessários para obtenção da mistura são:

- Misturador mecânico.
- Espátula metálica com lâmina de aproximadamente 25 mm de largura e 200 mm de comprimento.
- Balança com resolução de 1 g e capacidade mínima de 3000 g.

- Cronômetro com precisão de 0,5 s.

Para realizar a mistura do material anidro <sup>3</sup> com a água deve seguir os seguintes critérios:

- a) Os materiais e a aparelhagem devem permanecer na sala de ensaio durante pelo menos 12 h antes do início do ensaio;
- b) Pesar uma porção de massa A.R. com massa igual a 2,5 kg com aproximação de 1,0 g mais próximo;
- c) Medir o volume ou pesar a massa de água de amassamento de acordo com as indicações do fabricante, com aproximação de 1,0 g ou 1 mL;
- d) Verter a água do fundo do recipiente da mistura e pesar uma porção de massa a A.R. com massa igual a 2,5 kg com aproximação de 1,0 g mais próximo;
- e) Colocar o material seco sobre o líquido de modo contínuo registrando a hora da adição;
- f) Após um período de 30 s desligar o equipamento;
- g) Misturar por 30 s e desligar o equipamento;
- h) Retirar a pá da mistura e raspar toda a superfície interna do recipiente e da pá, reunificar a amassada em um intervalo de 60 s;
- i) Colocar a pá e misturar por mais 60 s;

---

<sup>3</sup> Material que não contém água.

j) Caso haja indicação do fabricante, deixar o material em maturação<sup>4</sup>, coberto com pano úmido, durante intervalo de tempo especificado, caso não haja esta informação, adotar 15 min. Em seguida ligar o equipamento e misturar por mais 15 s.

Deve-se observar que o tempo decorrido desde o término da mistura até o início dos demais ensaios deve ser o mais breve possível e nunca superior a 15 min.



Figura 3.1- Misturador Mecânico utilizado na mistura de argamassas.

### 3.2.2 Determinação de retenção de água

O ensaio consiste em determinar a quantidade de água que uma argamassa em seu estado fresco, consegue manter quando está em contato com materiais ou ambientes que tenham a capacidade de absorção de água.

O ensaio visa determinar a medida do diâmetro delimitada pela umidade migrada da argamassa para o papel-filtro com auxílio de paquímetro depois de colocar a amostra de boca para baixo e deixar em repouso durante 10 minutos. O diâmetro, em milímetros, é a média aritmética dos quatro diâmetros

---

<sup>4</sup> Tempo de maturação é o tempo necessário para que os aditivos comecem a reagir, exercendo a função para a qual foram designados.

ortogonais igualmente espaçadas entre si arredondando a unidade mais próxima.



Figura 3.2-demarcação da mancha no ensaio de retenção de água.

### 3.2.3 Determinação da variação dimensional.

A possível variação das argamassas em relação a sua dimensão pode ocorrer por causa da expansão ou retração. As principais causas que contribuem para que estes fenômenos ocorram são:

- Absorção de água pela base;
- Absorção de água pelo agregado;
- Perda rápida de água por evaporação.

Para realização dos ensaios são necessários no mínimo três corpos de prova e a leitura inicial deverá ocorrer após as 48 horas e em seguida, deverão ser realizadas leituras nas idades de 24 horas e 168 horas.

Segundo a NBR 14992(2003) na apresentação dos resultados deve constar se os valores são correspondentes à expansão ou retração por secagem (&), e

deve ser calculada a diferença entre a leitura quando da remoção das fôrmas em milímetros por metro.

Para efeitos de cálculo considera-se que:

*A*-leitura efetuada na idade “*i*” em milímetros.

*B*-leitura efetuada após desfôrma em milímetros.

*&i*-retração (quando negativo) ou expansão (quando positivo) na idade “*i*” em milímetros por metro.

Dada pela equação:

$$\&i = \frac{Ai - B}{0,25}$$



Figura 3.3-Suporte para medir a variação dimensional.

### **3.2.4 Determinação da resistência à compressão.**

A norma recomenda que sejam executados no mínimo quatro corpos de prova e que os mesmos devam permanecer nas fôrmas por um período de  $(48 \pm 2)$  horas sempre com a umidade relativa do ar de  $(60 \pm 5) \%$  e temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Após a desforma os corpos de prova deverão permanecer no ambiente sobre as mesmas condições de umidade relativa e temperatura durante 12 dias.

A ruptura dos quatro corpos de prova deverá ser realizada após os 14 dias de idade, e depois de anotado os resultados, calcular as médias das resistências individuais onde o resultado será determinado em Megapascal (MPa).

### **3.2.5 Determinação da resistência à tração na flexão**

Segundo MEHTA e MONTEIRO (2008) a resistência de um material é definida como a capacidade para resistir à tensão sem se romper. Segundo (GOMES, 2003) em certas situações a resistência à tração pode influenciar positivamente no controle da fissuração, onde o movimento de retração por secagem está restringido. Os autores afirmam que ao executar revestimentos com maior rigidez e com alta resistência à tração, também podem causar fissuração, já que a diminuição da capacidade de alívio das tensões poderá superar facilmente a resistência à tração.

A norma recomenda que sejam executados no mínimo três corpos de prova e que os mesmos devam permanecer nas fôrmas por um período de  $(48 \pm 2)$  horas sempre com a umidade relativa do ar de  $(60 \pm 5) \%$  e temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Após a desforma os corpos de prova deverão permanecer no ambiente sobre as mesmas condições de umidade relativa e temperatura durante 05 dias (totalizando 07 dias). A curva de carga x deformação pode ser plotada ou traçada ou feita simultaneamente caso a máquina esteja equipada com um

*plotter* para determinar a resistência a flexão (módulo de ruptura). Deve-se calcular a média das resistências individuais em megapascal sendo que o resultado deve ser arredondado ao décimo mais próximo. A resistência à tração na flexão é calculada conforme fórmula a seguir :

$$S = \frac{3xPxL}{2xbxd^2}$$

onde:

*S*- é o esforço no corpo de prova no meio do vão entre apoios em Megapascal;

*P*-é a carga no momento da ruptura em newtons;

*L*-é a distância entre cutelos de apoio em milímetros;

*b*-é a largura do corpo de prova em milímetros;

*d*-é a altura do corpo de prova em milímetros.



Figura 3.4-Forma metálica (seção quadrada de 25 (±)1 mm e comprimento mínimo de 250 mm) para execução de corpos de prova para ensaio de tração na flexão.

### 3.2.6 Determinação da absorção de água por capilaridade.

A norma recomenda que sejam executados no mínimo três corpos de prova e que os mesmos devam permanecer nas fôrmas por um período de  $(48 \pm 2)$  horas sempre com a umidade relativa do ar de  $(60 \pm 5) \%$  e temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  até a data do ensaio, aos 28 dias de idade. Após a desforma os corpos de prova deverão permanecer no ambiente sobre as mesmas condições de umidade relativa e temperatura durante 12 dias.

O procedimento inicial recomendado pela NBR 14992 é que seja determinada a massa de corpo de prova ao ar e secá-lo em estufa a temperatura de  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  durante no mínimo 24 h até constância de massa (A). Considera-se que a massa é constante quando a diferença entre duas pesagens consecutivas do mesmo corpo de prova entre períodos de 2 h de permanência na estufa, não exceder 0,5% do menor valor obtido.

Após resfriar o corpo de prova em dessecador deve-se determinar a massa (B), e logo após imergir parcialmente os corpos de prova em um recipiente com água. Os corpos de prova devem ser posicionados com a face superior (a face que não teve contato com o molde e que foi rasada com a espátula) sobre os suportes (garantindo que no mínimo 90% da face do corpo de prova estejam em contato com a água), preenchendo com água o recipiente de ensaio de modo que o nível de água permaneça constante a  $(5 \pm 1)\text{mm}$  acima da face em contato com a água evitando a molhagem de outras superfícies.

A massa dos corpos de prova deve ser medida com uma balança de resolução mínima de 0,1 g e capacidade mínima de 500 g. Os intervalos deverão ser de 60 min contados a partir da inserção destes em contato com a água, até completar 300 min. A absorção de água por capilaridade deve ser registrada a cada intervalo de tempo e deve ser expressa em gramas por centímetro quadrado, calculada dividindo o aumento de massa pela área da superfície do corpo de prova em contato com a água de acordo com a seguinte equação:

$$C = \frac{A - B}{S}$$

Onde:

*C* - é a absorção de água por capilaridade em gramas por centímetro quadrado, aproximando o centésimo mais próximo.

*A* - é a massa do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo específico em gramas.

*S* - é a área da seção transversal em centímetros quadrados.

*B* - é a massa do corpo de prova seco em estufa.

GOMES (2003) comenta que no ensaio de absorção de água por capilaridade é determinada a quantidade de água absorvida pelo corpo de prova por meio da ascensão capilar. Essa propriedade pode classificar a argamassa quanto à sua capacidade de absorver a água do substrato.

### **3.2.7 Determinação de permeabilidade.**

A permeabilidade tem forte relação com a incapacidade que a A.R tem em reter soluções aquosas em sua superfície. Os possíveis acontecimentos que podem influenciar na permeabilidade da argamassa são:

- Tipo de agregado;
- Cura da argamassa;
- Propriedades dos materiais que a compõe;
- Condições de aplicação;
- Dosagem da argamassa.

A norma recomenda que sejam executados no mínimo três corpos de prova para cada amostra ensaiada. O procedimento consiste em afixar uma coluna

de vidro sobre a face do prisma (corpo de prova) que não teve contato com o molde e que foi rasada com a espátula. A NBR 14992 (2003) determina que deva ser fixada também uma coluna de vidro sobre uma placa de vidro para servir de testemunho onde será introduzida a água destilada no tubo até a graduação zero e em no máximo 10 s.

Em seguida deve-se registrar a hora do início da medição e as alturas no período de 60 min, 120 min, 180 min e 240 min.

O resultado é o valor lido no corpo de prova, descontando-se o valor lido no testemunho no mesmo tempo. Em seguida deve-se registrar a média dos resultados individuais, em centímetros cúbicos com a aproximação de  $0,1 \text{ cm}^3$ .

Segundo a norma, o relatório de ensaio para determinação da permeabilidade deve indicar expressamente os seguintes dados e informações:

- a) Características do material submetido a ensaio (tipo, cor, lote ou data da fabricação);
- b) Marca comercial do produto;
- c) Proporção água/AR anidro em massa;
- d) Resultados individuais e a média aos 240 min;

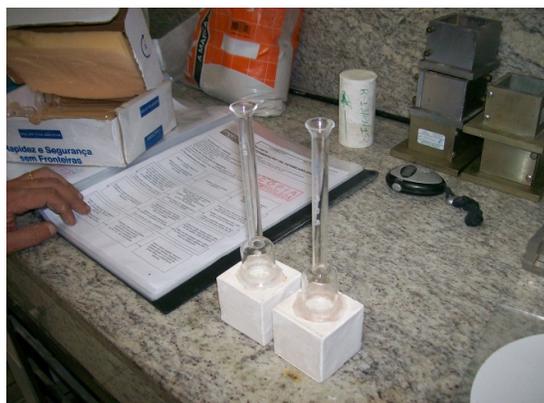


Figura 3.5-Coluna de vidro utilizada no ensaio de permeabilidade.

# 4

## ***O VIDRO***

---



Fonte: <http://fotosdecasas.info>

Este capítulo descreve informações sobre o vidro que é o material do qual são originadas as microesferas. O trabalho apresenta a substituição parcial da dolomita por microesferas de vidro ambos como agregados para a fabricação do rejunte.

---

## CAPÍTULO 4-O VIDRO

### 4.1-Histórico

O surgimento do vidro é incerto, mas registros do historiador romano Plínio atribuem esta descoberta aos navegadores fenícios, que acenderem fogueiras nas areias do rio Belo. O que se sabe com certeza é que sírios, fenícios e babilônios já utilizavam vidro desde 7.000 a.C., mas foi no Egito antigo, por volta do ano 1.500 a.C., que o vidro começou a crescer, utilizado como adorno pessoal, jóia e embalagem para cosméticos. Algumas dessas peças foram encontradas, em perfeito estado de conservação, no sarcófago. Por ser naquela época a civilização dominante, os egípcios acabaram difundindo o vidro e a sua técnica de fabricação para outros povos (ABIVIDRO, 2010).

A revolução na produção aconteceu em 100 a.C. , quando os fenícios inventaram o tubo de sopro, permitindo a fabricação da maioria dos objetos. Na mesma época, os romanos massificaram o uso do vidro, com a produção de objetos de uso cotidiano e a sua utilização em janelas. Com o declínio do Império Romano, o vidro passou por uma fase de pouco desenvolvimento, mas voltou à evidência no começo da Idade Média, quando as igrejas católicas começaram a usar vitrais coloridos (ABIVIDRO, 2010).

Em seguida, Veneza assumiu o papel de centro vidreiro do mundo ocidental. A importância econômica dessa indústria levou à proibição de artesãos estrangeiros na cidade, culminando com a transferência, em 1291, de toda a indústria vidreira para Murano, com o propósito de preservar as fórmulas secretas, transmitidas de pai para filho.

De acordo com a ABIVIDRO (2010) a era de modernidade do vidro começou no século XVII, com a contribuição de vários países no aperfeiçoamento tecnológico, como a utilização em instrumentos ópticos, a descoberta do vidro

"float"<sup>5</sup>, técnica de produção de vidros em chapas com absoluta perfeição. Em 1650 houve o aperfeiçoamento da técnica, aumentando o uso do vidro como recipiente para acondicionar bebidas.

## 4.2-Definição

Segundo SICHIERI (2007) o vidro é um produto fisicamente homogêneo obtido pelo resfriamento de uma massa inorgânica em fusão, que enrijece sem cristalizar através de um aumento contínuo de viscosidade. Excluindo-se as substâncias orgânicas que possuam propriedades análogas (polímeros termoplásticos), industrialmente pode-se restringir o conceito de vidro aos produtos resultantes da fusão pelo calor de óxidos inorgânicos ou seus derivados e misturas, tendo como constituinte primordial à sílica (óxido de silício) que, por resfriamento, enrijece e cristaliza. Assim, em função da temperatura, o vidro pode passar a tomar os aspectos: líquido, viscoso e frágil (quebradiço).

## 4.3-Propriedades

De acordo com MAIA (2003) o vidro pertence a um estado particular da matéria conhecido como Estado Vítreo, que tem as seguintes propriedades:

- Ausência de estruturas cristalinas: as substâncias pertencentes ao Estado Vítreo são amorfas;
- Não tem Ponto de Fusão definido. O vidro quando é aquecido vai amolecendo gradualmente até a sua viscosidade tão reduzida, que se comporta como um líquido;
- Não desvia o plano da luz polarizada quando é por este atravessado;
- Não é estável a altas temperaturas. Mantido por longo tempo a uma

---

<sup>5</sup> O processo *float* é utilizado desde 1959 para laminação de vidros. É o processo no qual a massa de vidro sai do forno e passa flutuando sobre estanho fundido (MAIA, 2003).

temperatura acima do seu ponto de amolecimento, pode cristalizar, e a esse fenômeno se dá o nome de desvitrificação;

- Geralmente transparentes, se bem que existiam vidros translúcidos e até opacos;
- Mal condutor de calor e eletricidade.

De acordo com ARKEMAN (1990) as propriedades dos vidros, assim como de todos os outros materiais, dependem de suas características estruturais. A estrutura por sua vez, está condicionada principalmente pela composição química, e em menor escala também pela história térmica.

Esse mesmo autor relata que a variação das propriedades com a composição pode ser avaliada, com certa aproximação, em função da concentração dos componentes, mediante expressões lineares nas quais intervêm fatores de proporcionalidade obtidos experimentalmente para cada óxido e para cada propriedade. Entretanto, deve-se advertir que as faixas de aplicação destas fórmulas aditivas são mais ou menos restritas, já que perdem sua validade quando as mudanças de composição provocam mudanças estruturais no vidro, ou deem lugar à interação entre seus componentes.

Ainda de acordo com ARKEMAN (1990) as propriedades dos vidros podem variar à medida que aumenta um de seus óxidos constituintes. Por exemplo:

- Quando aumenta o  $\text{Na}_2\text{O}$  (óxido de sódio) do vidro, aumenta-se a sua fluidez, expansão e solubilidade, mas por outro lado diminui a sua durabilidade;
- Quando aumenta o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina ou óxido de alumínio), ao contrário do  $\text{Na}_2\text{O}$ , aumenta a durabilidade e faz aumentar a viscosidade;

- Quando aumenta o BaO (óxido de bário) e o PbO (óxido de chumbo) aumentam a densidade e reduzem a viscosidade, além de aumentarem a expansão térmica;
- Quando aumenta o CaO (óxido de cálcio) favorece a desvitrificação.

#### **4.4-Resistência química**

De acordo com MAIA (2003) a resistência química ou durabilidade é a propriedade dos vidros resistirem mais ou menos à ação de agentes naturais ou artificiais.

O vidro tem elevada durabilidade química, no entanto quando colocados em soluções aquosas poderão sofrer alterações. No caso das microesferas de vidro que serão inseridas na composição do rejunte, estarão sempre em contato com soluções aquosas com diferentes intensidades.

MAIA (2003) atribui à sílica a principal razão da grande resistência do vidro a ataques químicos. O mesmo autor descreve ainda que:

- A sílica é praticamente insolúvel em água e nas soluções neutras, exceto as altas temperaturas;
- Os ácidos têm pouco efeito sobre a sílica, com exceção do ácido fluorídrico, e a altas temperaturas ao ácido fosfórico;
- A solubilidade da sílica aumenta com a alcalinidade das soluções.

A figura 4.1 representa os principais locais atingidos pelo vidro quando submetidos à ação de certos agentes como a água, ácidos, soluções alcalinas e ácido fluorídrico.

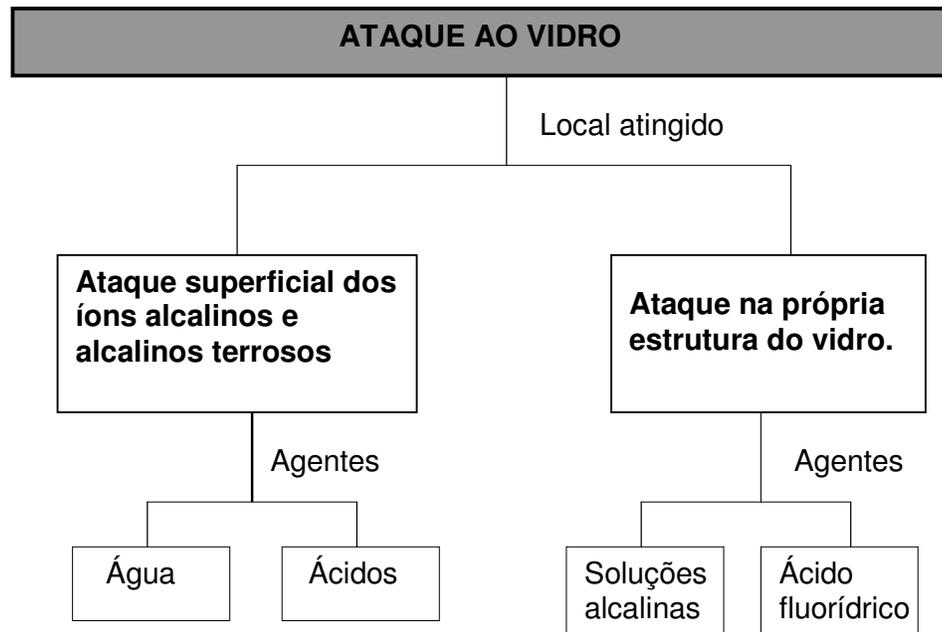


Figura 4.1-Fluxograma de locais atingidos pelo vidro por ação de agentes.

A quantidade de sílica removida de um vidro pode ser vista na figura 4.2. Os diferentes valores do pH podem influenciar na aceleração da sílica removida. No caso do pH >9 os valores são maiores.

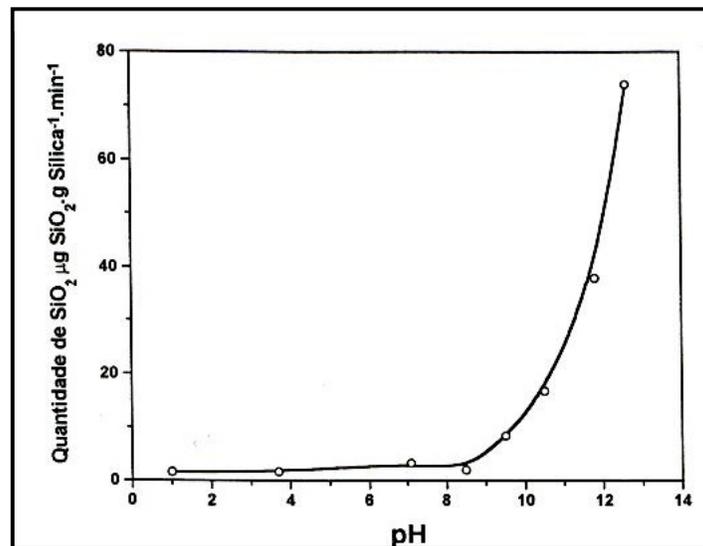


Figura 4.2-Quantidade de sílica removida pela ação da água (adaptado de ARKEMAN, 1990).

## 4.5-Composição do vidro

De acordo com MAIA (2003) a composição dos vidros é evidenciada pela análise química e praticamente são constituídos de óxidos com exceção de vidros especiais como, por exemplo, o opalino.

Este autor comenta que os óxidos componentes do vidro combinam entre si formando silicatos simples e complexos e, a sílica presente na mistura, se dissolve nos silicatos fundidos, dando origem ao vidro. Os óxidos têm diversas funções dentro do processo de fabricação do vidro e em relação ao seu uso, que podem ser:

- Estabilizadores;
- Acessórios;
- Vidros-formadores;
- Fundentes.

Ainda segundo MAIA (2003) os óxidos acessórios, por exemplo, são sempre introduzidos no vidro em pequenas quantidades e tem a função de corantes quando os óxidos constituintes são metais pesados.

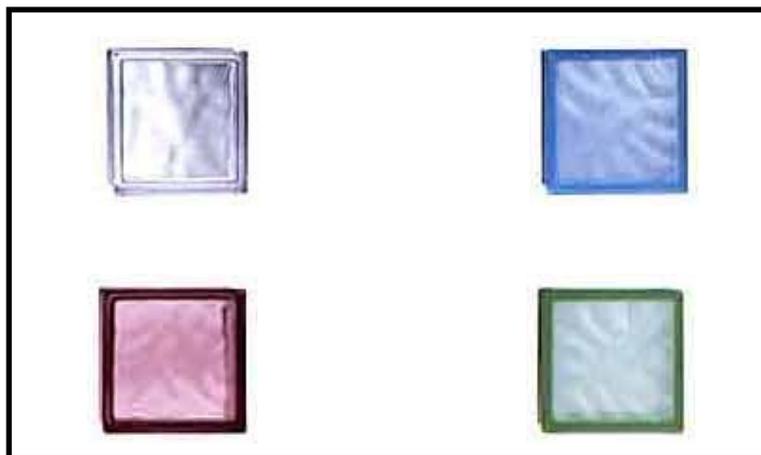


Figura 4.3-Tijolos de vidro com cores variadas (<http://www.tijolosdevidro.com.br>).

A tabela 4.1 demonstra o resultado da aplicação de alguns óxidos na composição do vidro.

Tabela 4.1 – Óxidos utilizados para a coloração do vidro.

<b>ÓXIDOS</b>	<b>COLORAÇÃO</b>
FeO (óxido de ferro)	cor verde azulada
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (óxido de alumínio)	cor verde amarelada
CO <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (óxido de cobalto)	cor azul
CuO (óxido de cobre)	cor azul esverdeada
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (óxido de cromo)	cor verde

Adaptado de MAIA (2003)

#### **4.6-O processo de produção**

Para a fabricação de vidro são utilizadas diversas matérias primas que na sua maioria podem ser:

- Sílica (SiO<sub>2</sub>) 70%;
- Calcário (CaO) 10%;
- Dolomita (MgO) 2%;
- Feldspato (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 2%;
- Barrilha (NaO) 15%;
- Sulfato de Sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>) 0,2%.

O processo de fabricação tem o seu início quando a mistura das matérias-primas é elevada a uma temperatura de 1500 °C a 1650°C, formando uma massa viscosa.



Figura 4.4-Processo de produção de vidros para janela no ano de 1800  
(<http://www.pilkington.com>)

De acordo com MAIA (2003) as altas temperaturas são necessárias para que se realizem as reações químicas entre as matérias-primas, e também para reduzir a viscosidade do vidro fundido, a fim de que se liberte das bolhas num tempo comercialmente viável.

MAIA (2003) comenta que os principais processos para a fabricação do vidro são:

- **Sopro manual:** O processo onde o ar aplicado ao vidro é feito pelo vidreiro, ao contrário do automático em que o ar é fornecido por equipamentos mecânicos. Através deste processo são feitos os bulbos das lâmpadas incandescentes, garrafas e frascaria;
- **Estiragem:** É o processo usado para fabricar os tubos e bastões;

- **Laminação:** É o processo usado para fabricação do vidro plano;
- **Prensagem:** É o processo usado para fabricação de travessas, pratos isoladores, blocos etc;
- **Fibragem:** É o processo utilizado para fabricação de fibras de vidro;
- **Centrifugação:** É o processo usado para fabricação de cenescópio para televisão.

# 5

## ***REVISÃO BIBLIOGRÁFICA***

---

---



Fonte: 3M(2010)

## **5.1 Microesferas de vidro**

### **5.1.1 Histórico**

As microesferas de vidro possuem um vasto campo de aplicação e podem ser divididas em microesferas de vidro ocas e sólidas. Segundo SCHWAB (1999) as microesferas sólidas são utilizadas principalmente em sinalização viária e iniciaram a sua aplicação por volta de 1934 com a concessão de patente adquirida por Fred Kert, de Bay Side, Nova Iorque, onde a proposta era utilizar as microesferas de vidro na retrorrefletorização das faixas de sinalização. Só em 1935 é que surgiria nos Estados Unidos da América um manual que recomendava a utilização de sinalização viária. As microesferas de vidro ocas têm parede fina e é composta por borossilicato, que conferem ao produto estabilidade química e resistência às altas temperaturas e a água.

### **5.1.2 Definição**

As microesferas de vidro ocas e sólidas possuem diferentes tipos de aplicação, e possuem características similares, no entanto, o conceito de ambas é diferente principalmente em relação à composição química. Neste trabalho o foco será nas microesferas de vidro sólidas para demarcação viária.

### **5.1.3 Microesferas de vidro sólidas.**

Segundo SCHWAB (1999) as microesferas utilizadas em demarcação viária são fabricadas de vidro tipo solda-cal-sílica ( $\text{Na}_2\text{O-Cao-SiO}_2$ ), com teor de sílica superior a 65%. A sucata de vidro é limpa, moída e submetida à temperatura de  $1200^\circ\text{C}$ , à velocidade regulada, em fornos verticais com correntes ascendentes de gás aquecido, transformando-a por tensão superficial, em esferas.



Figura 5.1-Microesferas de vidro para demarcação viária.

#### **5.1.4 Microesferas de vidro ocas**

Essas microesferas são de baixíssima densidade e são utilizadas como cargas de enchimento visando à redução de peso e custo, bem como o atendimento de determinadas propriedades dos produtos finais. Dentre elas, destaca-se sua alta resistência à compressão, permitindo que o material seja processado e utilizado em condições extrema. Além disso, as microesferas de vidro ocas possuem vazios em seu interior os quais resultam em baixa condutividade térmica e constante dielétrica do produto (catálogo da 3M, 2010).

## 5.1.5-Aplicação

### 5.1.5.1 Microesferas de vidro sólidas

De acordo com a POTTERS (2010) as microesferas de vidro podem ser utilizadas das seguintes formas:

**-Tratamento superficial:** O tratamento de superfícies por impacto de microesferas de vidro assegura a melhor relação custo-benefício nas operações de limpeza e acabamento de superfícies metálicas.

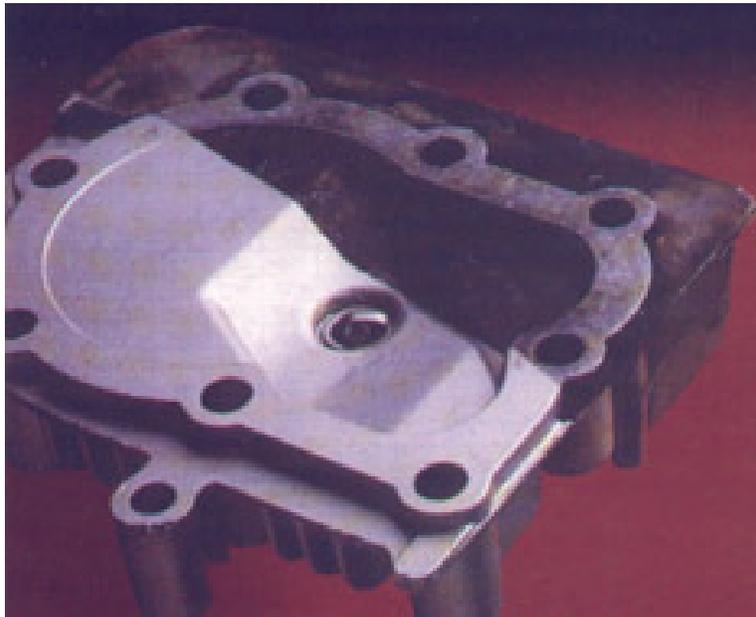


Figura 5.2-Tratamento superficial de peças metálicas (POTTERS, 2010).

O uso de microesferas de vidro oferece para o tratamento de superfícies as seguintes vantagens (POTTERS, 2010):

- A limpeza é feita com rapidez;

- As tolerâncias dimensionais das peças ficam inalteradas, pois não há remoção significativa de metal;
- Não contaminam a superfície;
- Permitem acessos a mínimas reentrâncias das peças (as microesferas de vidro são oferecidas em muitas faixas de diâmetro uniformes);
- Permitem ampla seleção de acabamentos;
- Permitem limpeza e acabamento em uma única operação.

**-Reforço plástico:** as características do vidro, a forma esférica e as granulometrias precisas tornam as microesferas de vidro um singular aditivo de reforço dos sistemas de resinas termoplásticas e termofixas.

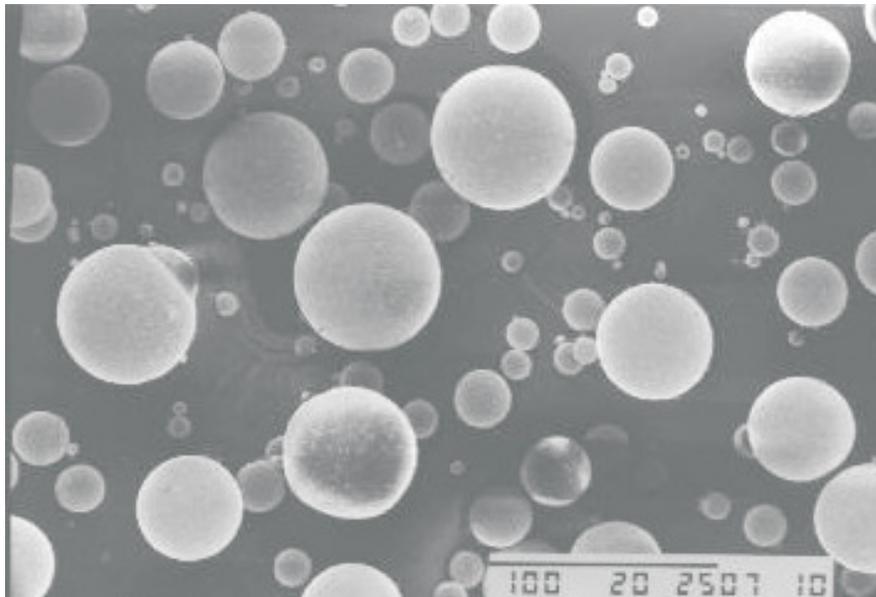


Figura 5.3-Microesferas Ocas de Vidro (Glass Bubbles® tipo K-37); micrografia eletrônica de varredura (aumento de 100 vezes) (BARBOZA E PAOLI, 2010).

Os múltiplos benefícios para o processo e qualidade das peças acabadas podem ser resumidos como se apresenta a seguir:

-Melhor dispersão:

- Melhora a distribuição das fibras nas resinas;
- Permite produzir peças mais complexas - peças de alta qualidade.

-Maior fluidez (Efeito Rolamento):

- Menor viscosidade do sistema de resinas;
- Melhor enchimento dos moldes;
- Aumento de produção.

-Forma esférica:

- Comportamento isotrópico<sup>6</sup>;
- Contrações uniformes em todas as direções;
- Menos deformações, ocorrendo maior estabilidade dimensional.

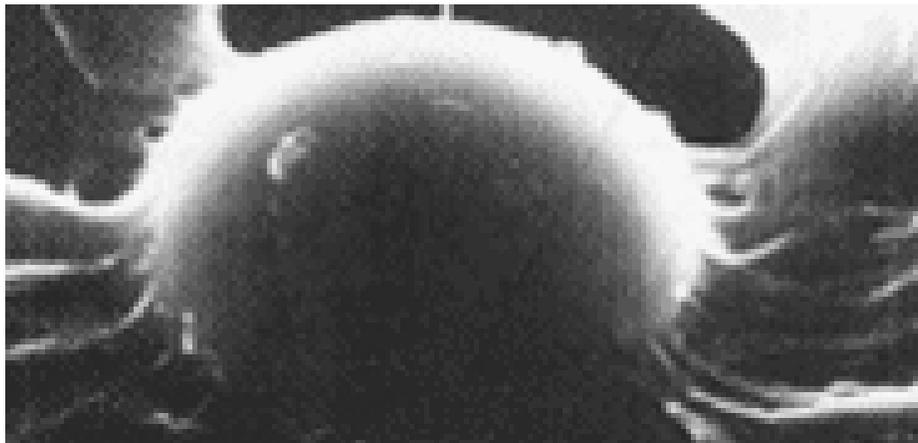


Figura 5.4-Microesferas de vidro com resina (POTTERS, 2010).

---

<sup>6</sup> Defini-se isotrópico como qualquer meio transparente em que a luz pode atuar igualmente em todas direções.

**-Sinalização viária:** as microesferas de vidro destinadas à sinalização viária garantem a visibilidade noturna, devolvendo a luz emitida pelos faróis dos veículos, com alto grau de retrorrefletividade, proporcionando ao motorista uma condução segura, em qualquer tempo (VIMASTER, 2010).

As microesferas de vidro podem ser incorporadas à massa termoplástica permitindo a retrorrefletorização. Segundo SCHWAB (1999) as esferas atuam como lentes côncavas concentrando os raios de luz num único ponto focal, localizado na parte posterior da esfera e próximo ao seu plano médio. Os raios de luz provenientes dos faróis de veículos automotores quando atingem o material de demarcação são refletidos de forma difusa pelos pigmentos, conforme mostra a figura 5.5 Com a ausência do material de demarcação, a luz seguiria sua trajetória. SCHWAB (1999) comenta que uma nova refração ocorre com o feixe de luz ao emergir da esfera (vidro-ar) que retorna em direção a fonte de incidente, em forma de um feixe cônico de luz.

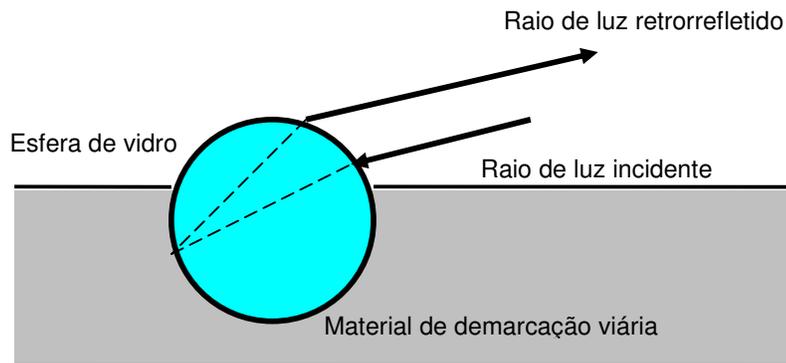


Figura 5.5.-Retrorrefletividade da microesfera de vidro

(Adaptado de SCHWAB, 1999).

De acordo com SCHWAB (1999) as propriedades físicas das microesferas de vidro mais utilizadas na demarcação viária são as seguintes:

- Índice de refração: 1,5 mínimo;
- Densidade de massa: 2,3 a 2,6 g/cm<sup>3</sup>;
- Esfericidade: 75% mínimo;
- Distribuição granulométrica: diâmetros variam de 2,36 a 0,063 mm.

### 5.1.5.2 Microesferas de vidro ocas

De acordo com o catálogo da 3M (2010) as microesferas de vidro ocas podem ser utilizadas nos seguintes segmentos:

#### ***-Tintas e Revestimentos.***

Possibilita a redução de peso, baixa demanda de resina e isolamento térmico ao seu material. Em massa corrida proporciona melhor enchimento, menor tempo de secagem e menor retrabalho, por evitar a contração e o inchamento do produto.

#### ***-Segmento automotivo.***

Com o intuito de buscar materiais mais leves as microesferas oca de vidro oferecem um custo benefício excelente na redução do peso de peças como adesivos, plásticos moldáveis, plastissol, espumas estruturais, termoplásticos e borrachas.

#### ***-Segmento da mineração.***

Com a utilização das microesferas oca de vidro nos explosivos obtêm-se um aumento no poder de detonação devido à excelente fragmentação do material.

Isso proporciona como benefício à redução do consumo de energia, uma vez que não há a necessidade de uma segunda detonação, além de diminuir o custo por tonelada de rocha processada.

#### ***-Segmento Petroquímico.***

Na exploração, produção e transporte do petróleo as microesferas de vidro ocas podem ser utilizadas como redutor de densidade nos fluídos de perfuração e na fabricação de cimentos leves para poços, além de estar presente nas formulações de flutuadores. As microesferas de vidro ocas também podem ser aplicadas em revestimentos de tubulações, auxiliando no isolamento térmico do petróleo.

#### ***-Segmento Eletrônico.***

As microesferas ocas de vidro podem ser utilizadas em placas de circuito impresso para reduzir sua constante dielétrica.

#### ***-Segmento de Plásticos.***

As microesferas vidro ocas podem ser utilizadas como aditivos em plásticos para reduzir à densidade dos compostos, mantendo uma alta resistência à compressão. Além disso, podem melhorar o desempenho de produtos esportivos e de materiais utilizados nas indústrias aeroespacial, marinha, entre outras.

### **5.1.6-Vantagens da aplicação das microesferas de vidro**

#### **5.1.6.1 Melhoria do fluxo**

Segundo o catálogo da 3M(2010) as microesferas escoam facilmente umas sobre as outras e sobre as superfícies. Através desta propriedade os materiais

nos quais as microesferas estão incorporadas tendem a ter menor viscosidade. Na verdade acontecerá o efeito de rolamento sobre a superfície de contato, melhorando o fluxo, conforme figura 5.7. O catálogo da 3M (2010) relata que devido a sua conformação as microesferas se tornam menos abrasivas quando utilizadas em produtos que necessitam trabalhar com o constante escoamento. Consequentemente a durabilidade dos materiais (tubulações, por exemplo) é prolongada.

A figura 5.6 compara a geometria de diferentes materiais comumente utilizados como agregados em diferentes composições. Nota-se que as microesferas de vidro possuem a geometria mais arredondada enquanto que os materiais b, c e d possuem superfícies lamelares.



Figura 5.6-Comparação da geometria de diferentes materiais (b, c e d) com as microesferas de vidro (a) (3M, 2010).

#### 5.1.6.2 Maior capacidade de carregamento

As cargas utilizadas nos diferentes produtos têm a função de reduzir à densidade dos compostos dentre outros fatores. Vários materiais podem ser adotados para servir de carga, no entanto o material deve manter propriedades que não afetarão o comportamento do produto final. Resumidamente cada

material de carga deverá ser aplicado atendendo as solicitações do material, influenciando ou não no seu desempenho.

De acordo com o catálogo da 3M(2010) as microesferas de vidro possuem a mais baixa área superficial por razão de volume que qualquer outra carga logo, possui uma capacidade maior de carregamento e por isso os produtos possuem uma maior quantidade de sólidos em sua composição.

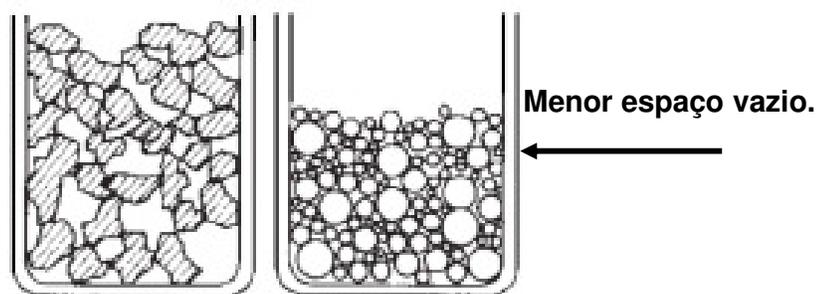


Figura 5.7-Preenchimento com material esférico (3 M, 2010).

### 5.1.6.3 Revestimentos de pisos

FONTEYNE (2010) comenta que os primeiros tipos de revestimentos em indústrias farmacêuticas foram os revestimentos de base cimentícia, os conhecidos granilite, Korodur, granitina. Sobre estes revestimentos tiveram que ser aplicadas ceras acrílicas, poliuretânicas, epoxídicas, até que se eliminassem os poros e se formasse uma camada impermeabilizante. Mas este tipo de revestimento apresentava dois inconvenientes:

- Uma grande quantidade de fissuras, pelo seu excesso de rigidez;
- Alto custo da manutenção com ceras e mão de obra.

Uma variação deste tipo de revestimento eram os pisos revestidos com pedras naturais como granito, mas também, este tipo de revestimento necessitava de uma grande quantidade de ceras.

FONTEYNE (2010) comenta que a resistência à abrasão ou riscos está relacionada à presença de materiais de alta dureza na superfície do revestimento. Estes materiais são normalmente quartzos, esferas de vidro, óxidos ou materiais cerâmicos. Esta característica é desejada quando se tem muito arraste de caixas, equipamentos ou alto tráfego.

O revestimento Multicamadas é o mais versátil, com várias possibilidades de acabamento e que equilibra as características do revestimento auto-nivelante e o espatulado. Sua característica é de um revestimento em várias camadas com acabamentos variados, podendo ir de uma simples pintura até um selador translúcido com microesferas de vidro. Suas vantagens são as altas resistências a impacto e a riscos, inúmeras possibilidades de textura e acabamentos, alta planicidade, baixa variabilidade na espessura, menor custo, longa durabilidade e fácil manutenção (FONTEYNE, 2010).

O mercado de revestimento de pisos tem apresentado novas tecnologias com o emprego de materiais com melhor desempenho e métodos de aplicação inovadores. Dentre as inovações em materiais temos as resinas metacrílicas, os agregados cerâmicos, as fibras de carbono e as microesferas de vidro (FONTEYNE, 2010).

Os revestimentos executados com microesferas de vidro vêm ganhando rapidamente mercado por apresentarem alta resistência a impacto, abrasão, riscos e por serem esteticamente superiores. Por possuir em sua última camada exclusivamente microesferas de vidro e resinas, este revestimento não tem poros ou características de absorção, apresentam uma superior resistência a ataques químicos e estabilidade na cor.

## 5.2-Sinalização Viária-Microesferas de vidro.

### 5.2.1 Objetivo

O objetivo da norma é especificar as características das microesferas de vidro usadas em material para sinalização horizontal viária.

### 5.2.2 Classificação

Segundo a NBR 6831(2001) as microesferas de vidro classificam-se quanto ao seu uso em:

- **Tipo I-A**

São aquelas incorporadas às massas termoplásticas durante a sua fabricação, de modo que, permanecerem internas a película aplicada, permitindo a retrorrefletorização<sup>7</sup> apenas após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas.

- **Tipo I-B**

São aquelas incorporadas à tinta antes de sua aplicação, de modo a permanecerem internas as películas aplicadas, permitindo a retrorrefletorização apenas após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas;

O tipo I-A é utilizado nas massas termoplásticas e o tipo I-B nas tintas de demarcação viária.

---

<sup>7</sup>A retrorrefletorização é o fenômeno que ocorre quando os raios de luz incidem numa superfície e são redirecionadas de volta para fonte de luz. (SCHAWAB, 1999).

- **Tipo II-A, II-B e II-C.**

São aquelas aplicadas por aspersão, concomitante com a tinta ou termoplástico que podem ser por aspersão e extrusão, de modo a permanecerem na superfície da película aplicada, permitindo sua imediata retrorrefletorização.

A norma ainda cita que:

- A utilização das microesferas de vidro tipo II-A e II-B são definidas por critérios técnicos;
- Quando exigido pelo comprador, as microesferas de vidro tipo II-A e II-B devem receber um revestimento para melhorar algumas características como as resinas e reforço mecânico do sistema de demarcação e aumento da retrorrefletividade inicial;
- As microesferas de vidro tipo II-A e II-B devem ser tratadas para aumentar a sua fluidez durante a sua utilização;
- As microesferas de vidro tipo II-C devem receber um revestimento para melhorar a aderência a cada tipo de sistema de demarcação;
- As microesferas de vidro tipo II-C podem ser aplicadas seguidas e concomitantemente à aplicação de microesferas de vidro II-A ou II-B para maximizar a retrorrefletividade;
- A utilização das microesferas de vidro tipo II-C em tintas, associadas ou não a aplicação concomitantemente de microesferas de vidro do tipo II-A e II-B, requer o uso de microesferas de vidro tipo I-B.

### **5.2.3 Requisitos para utilização das microesferas de vidro.**

As microesferas de vidro para a sinalização viária são submetidas a ensaios que determinam a sua aceitação para aplicação. Estes ensaios são determinantes para obtenção dos requisitos para a utilização da microesferas, e podem ser descritos da seguinte forma:

#### ***-Resistência ao cloreto de cálcio***

- Requisitos: não devem apresentar superfície embaçada.
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

#### ***-Resistência ao ácido clorídrico***

- Requisitos: não devem apresentar superfície embaçada.
- Métodos de ensaio: NBR 15199

#### ***-Resistência à água***

- Requisitos: não devem apresentar superfície embaçada e não devem gastar mais do que 4,5 mL de HCl, 10 N para neutralização da solução.
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

#### ***-Resistência ao sulfeto de sódio***

- Requisitos: não devem apresentar superfície embaçada.
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**-Teor de sílica**

- Requisitos: mínimo de 65%.
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**-Aparência e defeitos (tipos I-A; I-B; II-A; II-B).**

- Requisitos:
  - a) Devem estar limpas, claras, redondas, incolores e isentas de matérias estranhas;
  - b) No máximo 3% podem ser quebradas ou conter partículas de vidro não fundido e elementos estranhos;
  - c) No máximo 30% podem ser fragmentos ovóides deformados, germinados ou bolhas gasosas.
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**Aparência e defeitos (tipo II-C)**

- Requisitos:
  - d) Devem estar limpas, claras, redondas, incolores e isentas de matérias estranhas;
  - e) No máximo 1% pode ter quebras ou conter partículas de vidro não fundido e elementos estranhos;
  - f) No máximo 10% podem ser fragmentos ovóides deformados, germinados ou bolhas gasosas;
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**-Índice de refração**

- Requisitos: mínimo de 1,5;
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**-Densidade de massa**

- Requisitos: 2,4 a 2,6 g/cm<sup>3</sup>;
- Métodos de ensaio: NBR 15199.

**-Granulometria**

- Requisitos:
  - a) Tipo I-A varia de 0,850 mm a 0,075 mm;
  - b) Tipo I-B varia de 0,300 mm a 0,063 mm;
  - c) Tipo II-A varia de 1,000 mm a 0,075 mm;
  - d) Tipo II-B varia de 0,600 mm a 0,150 mm;
  - e) Tipo II-C varia de 1,000 mm a 0,300 mm.
- Métodos de ensaio:
  - a) NBR 6827 (Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento);
  - b) NBR NM-ISO 2395 (Ensaio de peneiramento);
  - c) NBR NM-ISO 3310-1 (Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico);
  - d) NBR NM-ISO 3310-2 (Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada).

## 5.3-AGREGADOS DO REJUNTE

### 5.3.1 Calcita

De acordo com o DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIA (2010) a Calcita é um mineral que possui em sua composição o carbonato de cálcio que é a base constituinte das rochas carbonáticas<sup>8</sup>. Além de branca, as cores mais comuns, podem ser:

- Incolor;
- Azul;
- Amarela;
- Esverdeada;
- Vermelha;
- Cinza.

A calcita é um mineral de baixa dureza e é vulnerável ao ataque de soluções ácidas e em relação à água que possuem. A acidez devido ao gás carbônico na sua dissolução não é representativa.

---

<sup>8</sup> Rocha sedimentar onde a composição básica é constituída de carbonatos.



Figura 5.8-Calcita utilizada na fabricação do rejunte.

De acordo com o DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIA (2010) a calcita quando está em contato com soluções mais ácidas, entra em efervescência por causa da ação do gás carbônico.



Figura 5.9-Calcitas com várias cores (ZIMBRES 2010).

A calcita possui um brilho vítreo e clivagem<sup>9</sup> em 3 direções dando origem as formas romboédricas<sup>10</sup> e sua dureza na escala Mohs é de 3. Possui uma densidade de 2,71 g/cm<sup>3</sup> e é da classe dos carbonatos. É utilizada para fabricação de cimento, cal e rejunte sendo que na construção pode ser usada como mármore e na agricultura pode ser usada para a correção de acidez.

### 5.3.2 Dolomita

A dolomita é um produto 100% natural, composto por carbonato de cálcio, carbonato de magnésio e outros minerais, sendo extraído de jazidas. Possuem germinação lamelar paralela as diagonais e é basicamente um mineral branco. A rocha assemelha-se de perto ao calcário, e é composta principalmente do mineral dolomita (MARSSETTI, 2010).

A dolomita pode ser utilizada como coadjuvante em misturas com polímeros e a sua principal característica é oferecer uma maior compactação na fabricação de mármore sintéticos e revestimentos de paredes. A Dolomita integra o grupo dos carbonatos sendo de cálcio e magnésio. Cristaliza-se no sistema trigonal e normalmente se apresenta com seis lados paralelos (MARSSETTI, 2010).

A dolomita é assim chamada em homenagem ao mineralogista francês Déodat de Dolomieu (1750-1801) o primeiro a identificá-la como mineral distinto. Até 1791, a dolomita era confundida com Calcita, porque os cientistas achavam que o magnésio era apenas uma inclusão fortuita e não parte integrante de estrutura de um mineral diferente. Graças ao trabalho pioneiro de Dolomieu, sabemos agora que a calcita é carbonato de cálcio, cuja fórmula química é  $\text{CaCO}_3$ , ao passo que a dolomita é carbonato duplo de cálcio e magnésio.

---

<sup>9</sup> A clivagem são propriedades que certos minerais têm de se dividirem mais facilmente segundo certos planos, do que segundo outras direções. (Dicionário MICHAELIS, 2010).

<sup>10</sup> Entendem-se como sólidos cuja seis faces são iguais (Dicionário MICHAELIS, 2010).

A dolomita é composta por

- 30,40% de cálcio;
- 21,70% de magnésio;
- 47,9% de carbono.

A dolomita pode ser aplicada na fabricação de :

- Borracha;
- Rejunte;
- Mármore sintético;
- Piso de marmorite;
- Tinta texturizada.

# 6 **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

---

---



O capítulo 6 narra os métodos e materiais utilizados no procedimento experimental de substituição parcial de dolomita por microesferas de vidro.

## CAPÍTULO 6-PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 6.1-Materiais e Métodos

#### 6.1.1 Materiais

Na execução deste trabalho foram realizadas quatro amostras de rejuntas adotando uma substituição parcial de dolomita por microesferas de vidro utilizadas em demarcação viária. O rejunte de referência é do tipo II fabricado por uma indústria do Estado de Minas Gerais onde, inclusive, foram realizados os ensaios de caracterização do material.

As principais características dos constituintes do rejunte de referência e com substituição são:

##### 1) Aglomerante

Para confecção das amostras de rejunte desenvolvidas neste trabalho foi utilizado o cimento Portland branco estrutural.

##### 2) Agregado

Os agregados utilizados para a execução das amostras foram:

- Dolomita;
- Microesferas de vidro utilizadas em demarcação viária do tipo I-B cujo diâmetro varia de 0,300 mm a 0,063 mm.

### 3) Polímero hidrofugante

Material pulverulento que tem a função de aumentar a flexibilidade da argamassa e aderência e ainda combate o ataque de fungos.

### 4) Aditivo retentor de água

O aditivo retentor com o qual foram realizadas as amostras é do tipo hidroxietil metil celulose (HEMC) que tem a função de melhorar a trabalhabilidade e retenção de água.



Figura 6.1-Aditivo retentor de água.  
(<http://www.dowconstructionchemicals.com>)

### 5) Aditivo hidrorrepelente

Aditivo composto de éster proveniente de ácidos graxos. Possui propriedades de repelência da água e auxilia na aderência. Neste trabalho será utilizado o Estearato de Zinco.

## 6) Aditivo fluidificante

Aditivo que melhora a fluidez da argamassa permitindo uma melhora na trabalhabilidade e aumento da capacidade de penetração nas juntas.

## 7) Água

A água de amassamento utilizada nas amostras atendeu a NBR 14992, sendo potável e mantida a todo o momento a uma temperatura constante de  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . A quantidade de água adicionada à mistura manteve-se dentro da proposta do fabricante para todas as amostras.

Tabela 6.1-Propriedades físicas e químicas da água utilizada no trabalho fornecida pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) no período de 09/2010 a 12/2010 do município de Pedro Leopoldo).

Parâmetro	Unidade	Número de amostras		Valor Médio
		Mínimo	Analisados	
Cloro	Mg/L Cl	260	320	0,56
Coliformes totais	NMP/100mL	260	320	99,06%
Cor	UH	56	97	0,07
Escherichia Coli	NMP/100mL	0	22	-
Fluoreto	Mg/LF	28	65	0,72
Turbidez	UT	56	97	0,23
PH	-	56	97	8,70

## 6.1.2 Métodos

### 6.1.2.1 Levantamento de dados

Inicialmente foram coletadas informações sobre as microesferas de vidro para poder adequar qual o tipo que mais se aproximava da granulometria da dolomita.

Foram feitas três visitas em uma empresa de demarcação viária com o acompanhamento de técnicos, onde foi visualizado o material e recolhidas as amostras.

Em relação ao rejunte a preocupação maior foi em escolher um fabricante que tivesse um potencial de venda significativo e ainda que pudesse realizar todos os ensaios prescritos na norma para evitar o deslocamento de materiais para outros laboratórios o que poderia afetar os resultados.

### 6.1.2.2 O processo experimental

O processo experimental consistiu em produzir quatro amostras de rejunte branco flexível tipo II com as substituições parciais do agregado dolomita por microesferas de vidro. Os ensaios foram realizados de acordo com a NBR 14992.

Foram produzidas amostras com a substituição de 5,10 e 15% de dolomita por microesferas de vidro. Estas amostras foram comparadas a uma amostra de referência padrão (68,3% de dolomita) produzida pela empresa fabricante de rejunte.

Com relação aos materiais utilizados no trabalho, houve um cuidado no armazenamento, manuseio, procedência e informações quanto ao lote e origem de fabricação para evitar que variáveis imprevistas pudessem desviar os resultados. Os ensaios foram elaborados com as seguintes considerações:

Tabela 6.2 – Substituição de dolomita por microesferas de vidro.

<b>AMOSTRAS</b>	<b>%</b>
Referência	68,3 % de dolomita e 0% de microesferas de vidro.
Amostra 1	63,3 % de dolomita e 5% de microesferas de vidro.
Amostra 2	58,3 % de dolomita e 10% de microesferas de vidro.
Amostra 3	53,3 % de dolomita e 15% de microesferas de vidro.

Para as amostras foram produzidos 12 Kg de rejuntas com formulação padrão, contendo as seguintes quantidades de materiais:

**Cimento Portland branco estrutural = 3600 g.**

- **Dolomita = 7296 g;**
- **Microesferas de vidro= 900 g;**
- **Polímero= 144 g;**
- **Aditivo retentor de água=12 g;**
- **Aditivo hidrorrepelente= 12 g;**
- **Aditivo fluidificante = 36 g.**

A dosagem das amostras foi executada considerando a amostra de referência e substituições de 5,10 e 15% de dolomita por microesferas de vidro, conforme a quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Dosagens das amostras.

REJUNTE BRANCO-Tipo II								
MATERIAIS	PADRÃO		AMOSTRA 1		AMOSTRA 2		AMOSTRA 3	
	%	g	%	g	%	g	%	g
CIMENTO	30,0	900,0	30,0	900,0	30,0	900,0	30,0	900,0
DOLOMITA # 100	68,3	2049,0	63,3	1899,0	58,3	1749,0	53,3	1599,0
MICROESFERAS	0,0	0,0	5,0	150,0	10,0	300,0	15,0	450,0
POLÍMERO	1,2	36,0	1,2	36,0	1,2	36,0	1,2	36,0
ADITIVO 1	0,1	3,0	0,1	3,0	0,1	3,0	0,1	3,0
ADITIVO 2	0,1	3,0	0,1	3,0	0,1	3,0	0,1	3,0
ADITIVO 3	0,3	9,0	0,3	9,0	0,3	9,0	0,3	9,0
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>3000,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3000,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3000,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3000,0</b>

Ao verificar o quadro 6.1 observa-se que a somatória dos componentes é de 3000 g com o total de 12 KG.

A descrição de forma resumida dos ensaios realizados conforme a NBR 14992 (2003) é:

- **Preparo da mistura**

Para realização da composição do rejunte com 5,10 e 15% de microesferas de vidro foram seguidas a seguinte sequência:

- 1) Separação e conservação dos materiais no laboratório durante 12 horas antes do início dos ensaios;
- 2) Pesagem dos constituintes do rejunte gerando uma porção final de A.R. igual a 3,0 Kg;
- 3) Separação de 2,5 kg da amostra pronta (quantidade ideal para execução dos ensaios);

- 4) Medição da massa da água de amassamento para cada mistura executada (5,10 e 15% de microesferas de vidro);
- 5) Colocação do material seco sobre o líquido registrando a hora de adição;
- 6) Mistura do material 30s e, depois de reunificada e amassada foi executada nova mistura por mais 60 s.

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

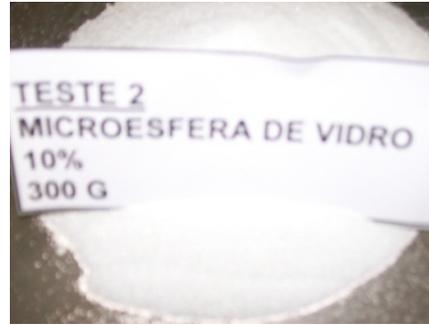
- Foi necessário utilizar recipientes com identificação para evitar a utilização incorreta dos materiais. No caso da dolomita, por exemplo, que tem grande semelhança com um dos aditivos constituinte da mistura foi preciso separá-la e identificá-la.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de retenção de água foram:

- Espátula de metal;
- Misturador mecânico marca Pavitest, 127 V;
- Balança de precisão marca Adventure com resolução de 0,01 g;
- Cronômetro com precisão de 0,5s;



a)



b)



c)

Figura 6.2-Pesagem das microesferas de vidro.

- a) 150 g (5% de substituição).
- b) 300 g (10% de substituição).
- c) 450 g (15% de substituição).

- **Ensaio de determinação da retenção de Água.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

- 1) Foram moldados quatro corpos de prova de forma cilíndrica e metálica;
- 2) Foi executado em cada corpo de prova o rasamento com espátula no topo do cilindro para retirar o excesso de argamassa;
- 3) Os cilindros foram colocados virados (argamassa em contato com o papel filtro) no eixo do papel filtro;
- 4) Foi acionado o cronômetro no momento em que a amostra foi depositada no papel filtro;

- 5) Foi delimitada a mancha com caneta esferográfica após 10 minutos;
- 6) Foi medido e anotado o diâmetro da mancha em quatro pontos diferentes;
- 7) Foi calculada a média aritmética das quatro medidas

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

- Deve-se evitar colocar o papel filtro sobre a placa de vidro úmida;
- Na medição com o paquímetro manual deve ser utilizada a trava, e a leitura nunca pode ser executada com a visão lateral a escala graduada para evitar erros de paralaxe<sup>11</sup>;
- Aferir sempre os paquímetros.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de retenção de água foram:

- Espátula de metal;
- Placa de vidro quadrada, com 200 mm de cada lado;
- Copo cilíndrico, metálico, diâmetro interno de 42 mm, altura de 12 mm e espessura da parede de 2 mm;
- Disco de papel filtro (83±2) g/m<sup>2</sup> e 185 mm de diâmetro;
- Cronômetro com precisão de 0,5s;
- Paquímetro com escala em milímetros.

---

<sup>11</sup> Erro de paralaxe é o erro cometido na leitura de uma escala graduada, que ocorre normalmente quando o raio de visão do leitor não está frontal ou perpendicular ao plano da escala graduada.



a)



b)

Figura 6.3-Execução do ensaio de retenção de água:

a) confecção do corpo de prova.

b) amostra sobre o papel filtro (10 min.).

- **Ensaio de determinação da variação dimensional.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

- 1) Foram moldados doze corpos de prova para as quatro amostras desenvolvidas;
- 2) A argamassa foi acomodada na fôrma até a metade da sua altura;
- 3) Foram aplicados com a espátula 25 golpes para a retirada de bolhas de ar e vazios;
- 4) Repetiu-se o item 3 com a quantidade necessária para preencher toda a fôrma;
- 5) Elevou-se o lado transversal da fôrma a uma altura de 3 cm e soltou-se por 10 vezes repetindo a mesma ação para o outro lado com o objetivo de melhorar o adensamento da mistura de A.R.;
- 6) Os corpos de prova foram mantidos 48 horas na fôrma;

7) Efetuou-se depois da desforma, a leitura inicial e em seguida nas idades de 24 horas e 168 horas a contar da primeira leitura;

8) Anotaram-se os resultados e realizaram-se os cálculos.

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

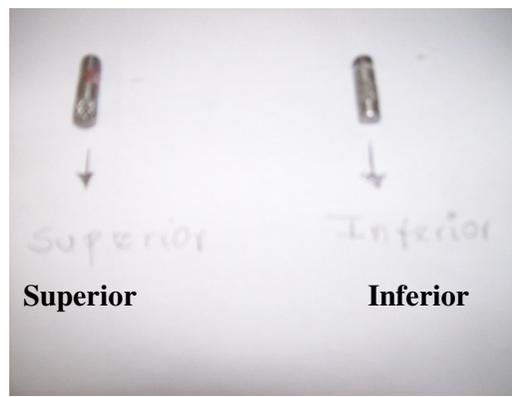
- Os materiais e aparelhagem foram mantidos na sala de ensaio durante 12 horas;
- Deve-se evitar a contaminação dos pinos das fôrmas com óleo utilizado para auxiliar a desforma;
- Os moldes foram colocados em uma superfície plana onde não havia choque e /ou vibrações;
- Deve-se ter o cuidado de manter a umidade relativa em  $(50\pm 5)\%$  para efetuar as leituras.
- Utilizar um termômetro para verificar a temperatura a cada medição.
- Evitar o trânsito constante entre o lado externo e interno da sala no momento das medições;
- Aferir o instrumento antes da medição;
- Acomodar os corpos de prova sempre na mesma posição e sentido (marcar com uma seta o sentido dos pinos conforme figura 8.5).



a)



b)



c)

Figura 6.4-Execução do ensaio de variação dimensional:

- a) medição do corpo de prova;
- b) aferição do aparelho;
- c) pinos inferior e superior.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de determinação da variação dimensional foram:

- Três jogos de fôrmas metálicas com capacidade para confeccionar três amostras todas em formato retangular com seção transversal de 25 x 25 mm e com o comprimento de 285 mm;

- Espátula metálica com lâmina de 25 mm de largura e 200 mm de comprimento.
- Dispositivo composto por um suporte e relógio comparador digital<sup>12</sup>.
- 12 pinos inferiores;
- 12 pinos superiores;
- Gabarito metálico<sup>13</sup> com a altura de 3 cm.

---

<sup>12</sup> De acordo com a NBR 14992 o dispositivo também é utilizado para realizar ensaios de retração por secagem de argamassas endurecidas para alvenaria estrutural, (conforme NBR 8490);

<sup>13</sup> O gabarito metálico não é citado na norma, no entanto foi um elemento facilitador para determinar a altura de 3 cm no qual a forma é elevada e solta 10 vezes.



a)



b)



c)

Figura 6.5-Execução do ensaio de variação dimensional:

a e b) confecção das amostras;

c) equipamento para controlar a temperatura e umidade relativa do ar.

- **Ensaio de determinação da resistência à compressão.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

1) Foram moldados dezesseis corpos de prova para as quatro amostras desenvolvidas;

- 2) A argamassa foi acomodada nas fôrmas formando três camadas de alturas iguais;
- 3) Foram aplicados, com a espátula ,25 golpes no sentido vertical;
- 4) Posteriormente foram aplicados cinco golpes com o soquete;
- 5) Elevou-se a fôrma a uma altura de 3 cm e soltou-se por 10 vezes com o objetivo de melhorar o adensamento da mistura;
- 6) Rasou-se a superfície superior dos moldes;
- 7) Os corpos de prova foram mantidos 48 horas na fôrma;
- 8) Realizou-se o capeamento dos corpos de prova;
- 9) Realizou-se a ruptura dos corpos de prova aos 14 dias e anotou os resultados;
- 10) Calculou-se a média das resistências individuais;
- 11) Calculou-se o desvio relativo máximo;

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

- Os materiais e aparelhagem foram mantidos na sala climatizada durante 12 horas antecedentes ao ensaio;
- A perpendicularidade dos corpos de prova no momento do rompimento;
- Evitar quedas e choques dos corpos de prova, porque podem gerar trincas causadoras de ruptura prematura.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de determinação da resistência à compressão foram:

- Fôrmas cilíndricas com diâmetro interno de  $(50 \pm 0,1)$  mm e altura de  $(100 \pm 0,2)$  mm;
- Espátula metálica com lâmina de 25 mm de largura e 200 mm de comprimento;
- Soquete metálico;
- Máquina de ensaio a compressão classe II com célula de carga marca ALFA, conforme figura 6.6;
- Paquímetro com escala em milímetros.



a)



b)



c)

Figura 6.6-Execução do ensaio de resistência à compressão: a) montagem da célula de Carga; b)célula de carga; c) rompimento do corpo de prova.

- **Ensaio de determinação da resistência à tração na flexão.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

- 1) Foram moldados doze corpos de prova para as quatro amostras desenvolvidas;
- 2) A argamassa foi acomodada nas fôrmas até a metade da sua altura;
- 3) Foram aplicados, com a espátula, 25 golpes no sentido vertical;
- 6) Rasou-se a superfície superior dos moldes;
- 7) Elevou-se o lado transversal da forma a uma altura de 3 cm e soltou-se por 10 vezes com o objetivo de melhorar o adensamento da mistura de A.R.;
- 8) Os corpos de prova foram mantidos 48 horas na fôrma;
- 9) Realizou o capeamento dos corpos de prova;
- 10) Realizou-se a ruptura dos corpos de prova aos 7 dias anotando os resultados;
- 11) Calculou-se a média das resistências individuais;
- 12) Calculou-se a resistência à tração na flexão.

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

- Os materiais e aparelhagem foram mantidos na sala climatizada durante 12 horas antecedentes ao ensaio;
- De acordo com a NBR 14992 os elementos de apoio e de aplicação de carga devem apresentar rigidez tal que permitam a distribuição uniforme de carga ao longo do seu comprimento.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de determinação da resistência à tração na flexão foram:

- Três jogos de fôrmas metálicas com capacidade para confeccionar três amostras em formato retangular com seção transversal de, 25 x 25 mm e com o comprimento de 285 mm;
- Espátula metálica com lâmina de 25 mm de largura e 200 mm de comprimento;
- Máquina de ensaio a compressão classe II com célula de carga marca ALFA.



Figura 6.7-Dispositivo para apoio do corpo de prova – Ensaio de resistência à tração na flexão.



Figura 6.8-Rompimento do corpo de prova-Ensaio de resistência da tração na flexão.

- **Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

- 1) Foram moldados doze corpos de prova para as quatro amostras desenvolvidas;
- 2) A argamassa foi acomodada nas fôrmas formando três camadas de alturas iguais;
- 3) Foram aplicados ,com a espátula, 25 golpes no sentido vertical;
- 4) Posteriormente foram aplicados cinco golpes com o soquete;
- 5) Elevou-se a fôrma a uma altura de 3 cm e soltou-se por 10 vezes com o objetivo de melhorar o adensamento da mistura;

- 6) Rasou-se a superfície superior dos moldes;
- 7) Os corpos de prova foram mantidos 48 horas na fôrma;
- 8) Desformou-se os corpos de prova e os manteve a uma temperatura de  $23,7^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 62% durante 28 dias;
- 9) Determinou-se a massa de cada corpo de prova e em seguida os mesmos foram secados em estufa a uma temperatura de  $102^{\circ}\text{C}$  no período de 24 h;
- 10) Determinou-se a massa de cada corpo de prova depois de resfriado a uma temperatura de  $23,7^{\circ}\text{C}$ ;
- 11) Os corpos de prova foram colocados em um recipiente com água;
- 12) Determinou-se a massa de cada corpo de prova no intervalo de 60 min a 300 min;
- 13) Calculou-se a absorção de água por capilaridade.



Figura 6.9-Aplicação de água para o ensaio de absorção por capilaridade.

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

- De acordo com a NBR 14992 os corpos de prova devem estar isentos de óleo ou outros materiais aderidos na moldagem;
- Deve-se ter cuidado para não ultrapassar a altura de água de cinco cm.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade foram:

- Espátula metálica com lâmina de 25 mm de largura e 200 mm de comprimento;
- Fôrmas cilíndricas com diâmetro interno de  $(50 \pm 0,1)$  mm e altura de  $(100 \pm 0,2)$  mm;
- Soquete metálico;
- Balança de precisão marca Adventure com resolução de 0,01 g;
- Estufa com capacidade de 105°C marca Nova Ética (Figura 6.10);



a)



b)

Figura 6.10: a) limpeza da estufa.

b) secagem dos corpos de prova em estufa.

- **Ensaio da determinação de permeabilidade.**

O procedimento sequencial para a execução do ensaio é descrito a seguir:

- 1) Foram moldados doze corpos de prova para as quatro amostras desenvolvidas;
- 2) A argamassa foi acomodada nas fôrmas formando três camadas de alturas iguais;
- 3) Foram aplicados, com a espátula, 25 golpes no sentido vertical;
- 4) Posteriormente aplicados cinco golpes com o soquete;
- 5) Elevou-se a fôrma a uma altura de 3 cm e soltou-se por 10 vezes com o objetivo de melhorar o adensamento da mistura;
- 6) Rasou-se a superfície superior dos moldes;
- 7) Os corpos de prova foram mantidos 48 horas na fôrma;
- 8) Desformou-se os corpos de prova e os manteve a uma temperatura de 23,7°C e umidade relativa de 62% durante 28 dias;
- 9) Afixou-se, com a vedação de silicone, a coluna de vidro em cima da face que foi rasada;
- 10) Afixou-se uma coluna de vidro em cima de uma placa de vidro para servir de testemunho. Essa coluna de testemunho controla a possível evaporação da água, por isso o sistema tem que ter uma vedação isenta de falhas;
- 11) Colocou-se a água destilada, com auxílio de uma pinceta até a graduação zero;
- 12) Em seguida foi registrada à hora de início da medição e as suas respectivas alturas aos 60 min, 120 min, 180 min e 240 min;

13) Calculou-se a permeabilidade dos corpos de prova.

Em relação às precauções para a execução do ensaio é importante citar que:

- Utilizar sempre água destilada para preencher a coluna de vidro;
- Verificar se não tem vazamentos na coluna de vidro que serve como testemunho;
- Armazenar as colunas de vidro (tubos Karsten<sup>14</sup>) em recipientes fechados para evitar quebras.

Os equipamentos disponibilizados para a realização do ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade foram:

- Espátula metálica com lâmina de 25 mm de largura e 200 mm de comprimento;
- Fôrmas cúbicas de 50 mm de aresta;
- Coluna de vidro com diâmetro interno de base de  $(28 \pm 2)$  mm e altura máxima de  $(200 \pm 0,1)$  mm;
- Soquete metálico.

---

<sup>14</sup> Tubos Karsten são as colunas de vidro utilizadas para o ensaio de permeabilidade aos 240 min.



Figura 6.11-Coluna de vidro sobre os corpos de prova-Ensaio de permeabilidade.



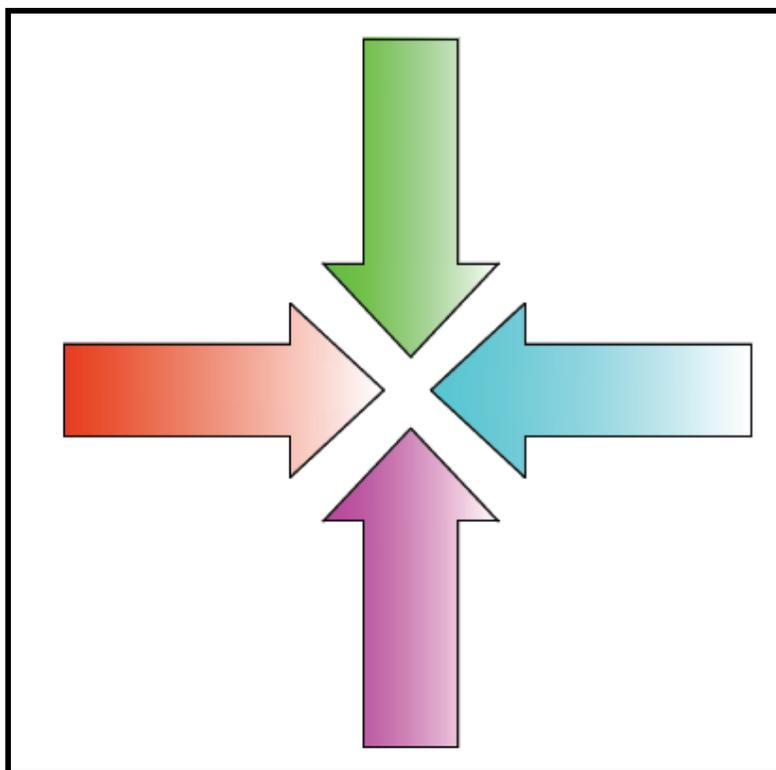
Figura 6.12-Preenchimento da Coluna de vidro usada como testemunho.

# 7

## ***RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS***

---

---



Este capítulo relata sobre os resultados obtidos com os ensaios preconizados pela NBR 14992. A análise é acerca de todos os comportamentos que possam caracterizar o novo compósito.

---

---

## CAPÍTULO 7- RESULTADOS E ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com os traços da amostra padrão e com as substituições de dolomita por microesferas de vidro estão descritos nas tabelas de 7.1 a 7.6.

A correlação entre os testes e a proporção da substituição é:

- **Ar (amostra de referência):** 0% de substituição;
- **A5:** amostra com 5% de substituição de dolomita por microesferas de vidro;
- **A10:** amostra com 10% de substituição de dolomita por microesferas de vidro;
- **A15:** amostra com 15% de substituição de dolomita por microesferas de vidro;

Os resultados obtidos com os traços da amostra de referência e com as substituições de dolomita por microesferas de vidro podem ser comparados verificando as tabelas 7.1 a 7.6 e figuras de 7.1 a 7.5. Em cada figura são apresentados os resultados de acordo com cada ensaio exigido pela NBR 14992. A análise é feita comparando as amostras com o requisito exigido pela norma e em seguida uma correlação entre as amostras de referência e as amostras A5, A10 e A15.

## 7.1-Retenção de água

Tabela 7.1-Valores de Retenção de água para as quatro amostras ensaiadas.

Retenção de água						
Diâmetro da mancha						
Requisito: $\leq 65$ mm						
Amostra	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Média	Desvio Padrão
Ar	49	50	49	49	49,3	
A5	46	48	48	47	47,3	1,4686
A10	45	46	46	45	45,5	
A15	44	47	47	46	46,0	

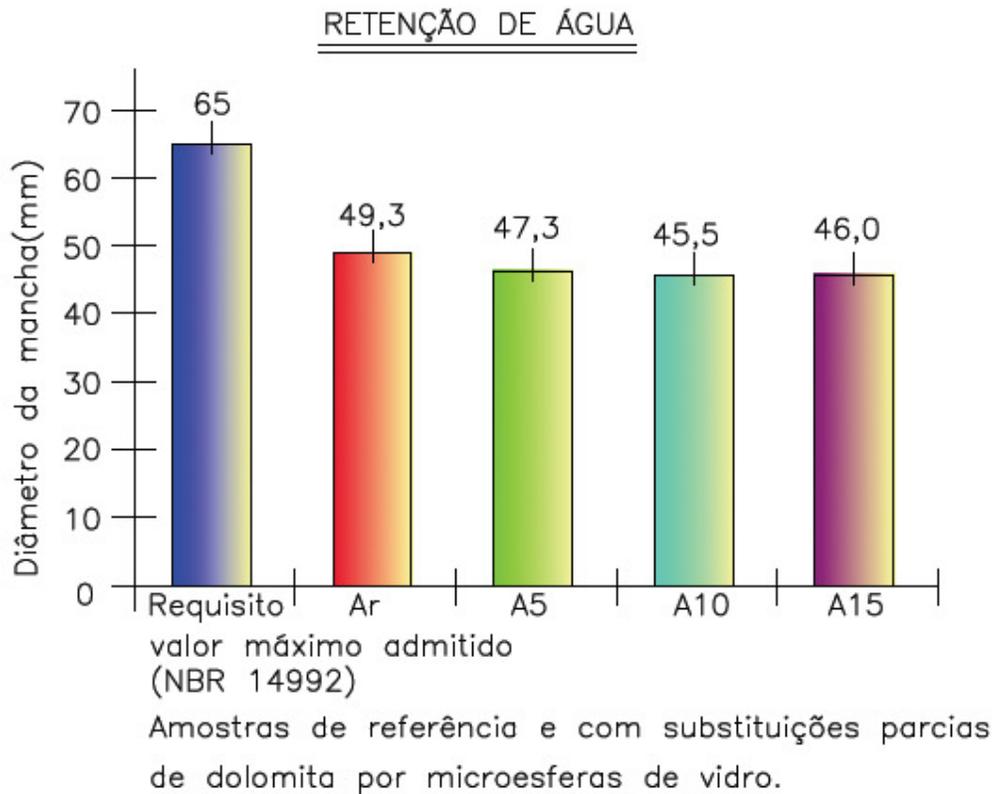


Figura 7.1—Comparação dos resultados de retenção de água aos 10 minutos entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Ao analisar a figura 7.1 que compara os resultados em relação à retenção de água em cada amostra, nota-se que a amostra de referência está 24% abaixo do requisito mínimo exigido pela norma e que ao analisarmos as amostras A5, A10 e A15 verifica-se que há um decréscimo de 4 % a 8 % em relação à amostra de referência seguido de um decréscimo de 27% a 30 % se comparado as amostras A5, A10 e A15 com o requisito mínimo exigido pela norma. Pode-se observar também que o maior valor de retenção de água expresso pelo menor valor da mancha de umidade medida no papel filtro apresentado é referente à amostra A10 que tem 10% de substituição de dolomita por microesferas de vidro.

Em relação à retenção de água, nota-se que houve um aumento com as substituições de 5 a 15% em relação à amostra padrão. A princípio era de se

esperar que as microesferas de vidro causassem um efeito contrário, porque a dolomita possui maior potencial de retenção de água.

O aumento da retenção de água proporciona a mistura uma melhor hidratação podendo evitar a retração, principalmente nas primeiras idades. Outro fator preponderante é que a microesfera de vidro possui menor superfície específica e mesmo assim apresentou maior retenção de água do que a dolomita que tem maior superfície específica.

Provavelmente o ocorrido pode estar relacionado à rugosidade superficial dos produtos. Essa propriedade não consta na NBR 14992 e não foi avaliada nesta pesquisa.

## 7.2-Variação dimensional

Tabela 7.2-Valores de variação dimensional para as quatro amostras ensaiadas.

Amostra	Variação dimensional (mm/m)				Desvio Padrão
	CP 1	CP 2	CP 3	Média	
Ar	0,14	0,04	0,17	0,12	0,0287
A5	0,10	0,14	0,11	0,12	
A10	0,13	0,13	0,18	0,15	
A15	0,19	0,18	0,19	0,19	

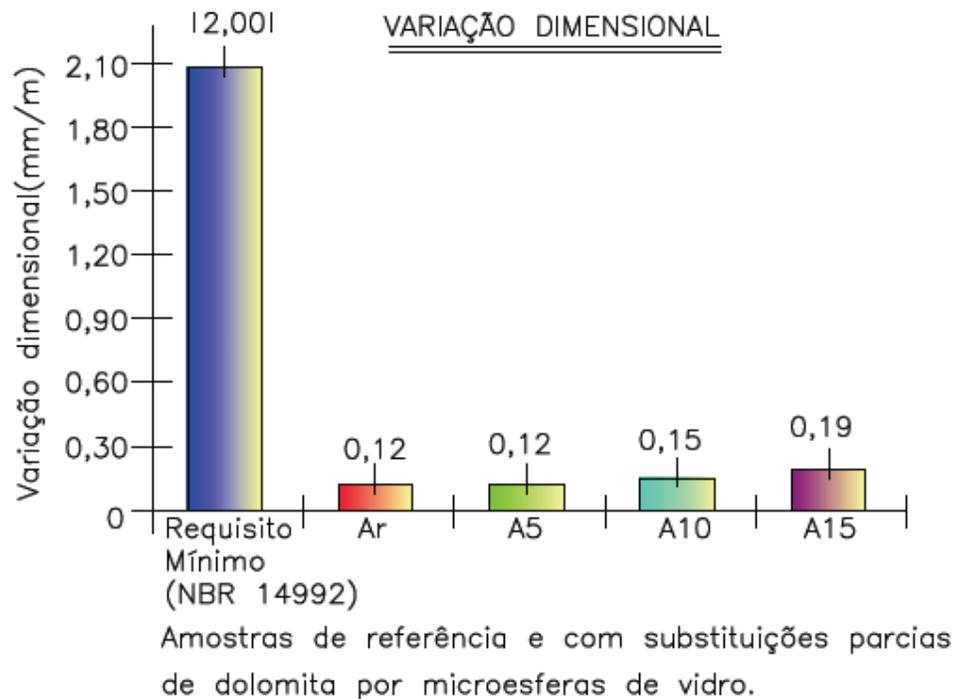


Figura 7.2—Comparação dos resultados da variação dimensional entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Os resultados da variação dimensional apresentaram uma grande discrepância das amostras em relação ao requisito mínimo exigido pela norma que variaram de 90% a 94% de redução. (A amostra A15 apresentou maior variação dimensional e mesmo assim atingiu apenas 10% do limite exigido pela norma) No momento da execução das amostras, notou-se que houve exsudação quando da aplicação de 15% de microesferas de vidro causando consequentemente maior retração linear.

De acordo com o catálogo da 3M (2010) as microesferas de vidro quando incorporada a outros materiais possibilita a redução de peso e isolamento térmico, proporcionando melhor preenchimento, menor tempo de secagem e menos retrabalho por evitar a contração e expansão do material.

### 7.3-Resistência à compressão

Tabela 7.3-Valores de Resistência à compressão para as quatro amostras ensaiadas.

Amostra	Resistência à compressão (MPa) (após 14 dias)				Média	Desvio Padrão
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4		
Ar	14,5	15,1	14,8	14,6	14,75	
A5	15,8	15,6	15,5	15,6	15,63	0,4544
A10	15,5	15,5	16,1	15,9	15,75	
A15	16,1	16,2	15,8	15,6	15,93	

### RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

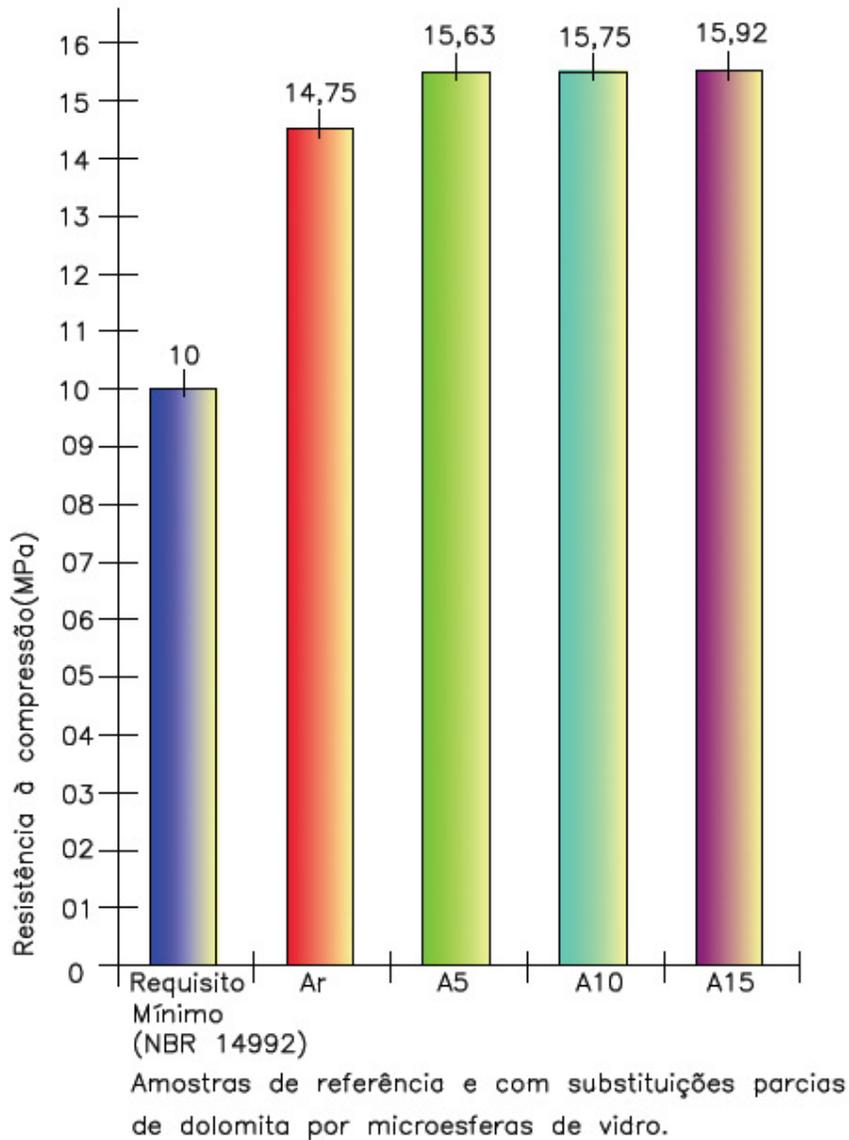


Figura 7.3—Comparação dos resultados da resistência à compressão aos 14 dias entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Na figura 7.3, nota-se que os corpos de prova confeccionados com a microesfera de vidro tiveram um aumento da resistência à compressão de 47 %

a 59 % se comparadas com o requisito mínimo exigido pela norma e um aumento de 5% a 7% se compararmos às amostras A5, A10 e A15 com a amostra de referência (0% de microesferas de vidro).

Com esse resultado, poder-se-ia rever a formulação das amostras (com substituição de dolomita por microesferas de vidro), reduzindo a porcentagem de cimento a fim de obter rejuntas com resistências adequadas, porém, com menor custo. Entretanto a quantidade de água deve ser uma variável que se alterada em proporções elevadas poderá afetar na trabalhabilidade e aderência da argamassa.

## 7.4-Resistência à tração na flexão

Tabela 7.4-Valores de resistência à tração na flexão das quatro amostras ensaiadas.

Resistência à tração na flexão (MPa) Após 7 dias Requisito: $\geq 3,0$ MPa					
Amostra	CP 1	CP 2	CP 3	Média	Desvio Padrão
Ar	5,3	5,4	5,3	5,3	0,1581
A5	5,4	5,4	5,4	5,4	
A10	5,6	5,5	5,6	5,6	
A15	5,6	5,7	5,7	5,7	

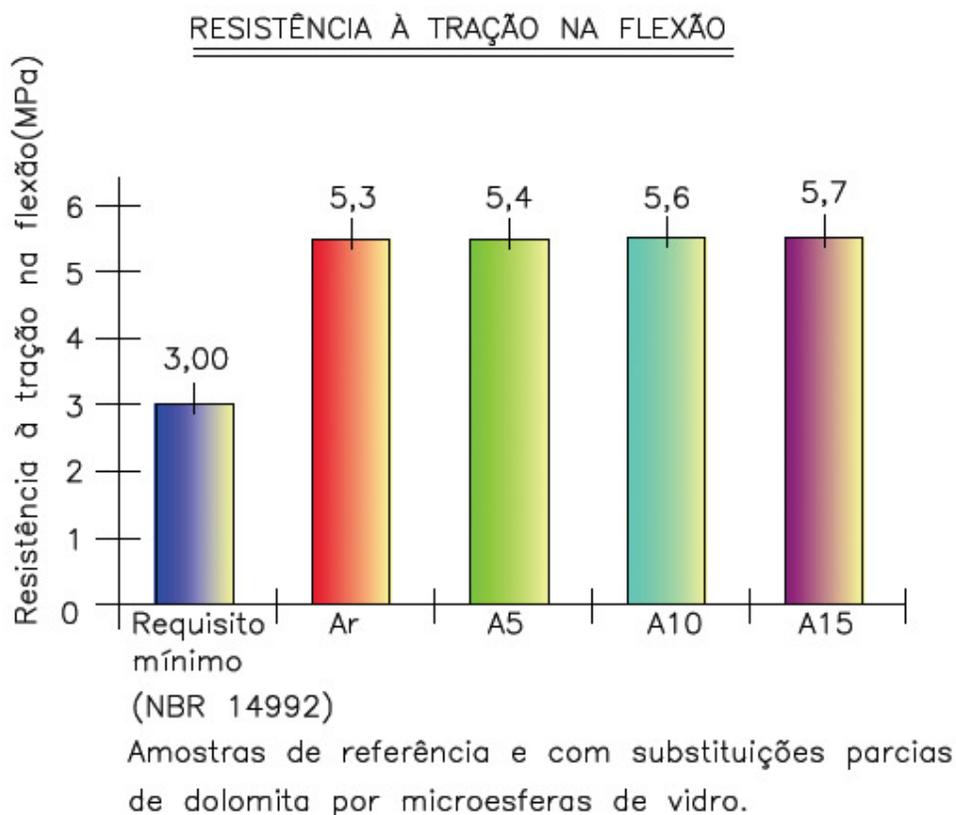


Figura 7.4—Comparação dos resultados da resistência à tração na flexão aos 7 dias entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Estudando os valores obtidos para a resistência à tração na flexão é possível observar que houve um aumento de 76 % a 90% em relação ao requisito mínimo exigido pela norma. Em relação à amostra de referência e as amostras com substituições de dolomita por microesferas de vidro o aumento foi gradativo, pequeno, atingindo um máximo de 7,5% no caso da amostra A15.

## 7.5-Absorção de água por capilaridade

Tabela 7.5-Valores de absorção de água por capilaridade para as quatro amostras ensaiadas.

Amostra	Absorção aos 300 min.(g /cm <sup>2</sup> )			Média	Desvio Padrão
	CP 1	CP 2	CP 3		
Ar	0,24	0,22	0,24	0,24	0,0618
A5	0,11	0,14	0,14	0,13	
A10	0,09	0,09	0,11	0,10	
A15	0,08	0,06	0,1	0,08	

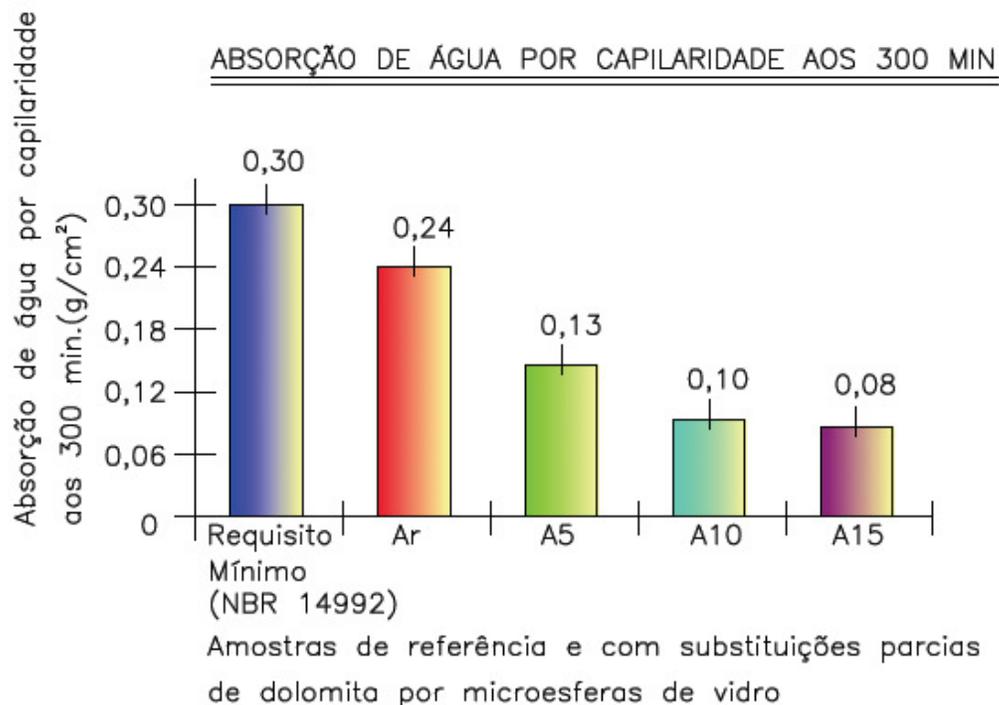


Figura 7.5—Comparação dos resultados da absorção de água por capilaridade aos 300 min. entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Ao analisar os resultados de absorção de água por capilaridade aos 300 min. Verificou-se que as amostras A5, A10 e A15 tiveram respectivamente reduções próximas de 20% se comparadas com a amostra de referência (0% de microesferas de vidro).

No caso de argamassas que absorvem grande quantidade de água podem ocorrer expansões indesejadas seguidas de rupturas causando microfissuras na argamassa, permitindo a entrada de agentes externos. Outro fator importante é que, quanto menos água absorvida menor a possibilidade de aparecimento de mofo e proliferação de fungos no rejunte.

## 7.6-Permeabilidade aos 240 min

Tabela 7.6-Valores de permeabilidade aos 240 min. para as quatro amostras ensaiadas.

Amostra	Permeabilidade (g / cm <sup>3</sup> )				Média	Desvio Padrão
	CP 1	CP 2	CP 3	Testemunho		
Ar	0,7	0,6	0,7	0	0,70	
A5	0,6	0,6	0,7	0	0,60	0,0500
A10	0,5	0,6	0,7	0	0,60	
A15	0,7	0,7	0,6	0	0,70	

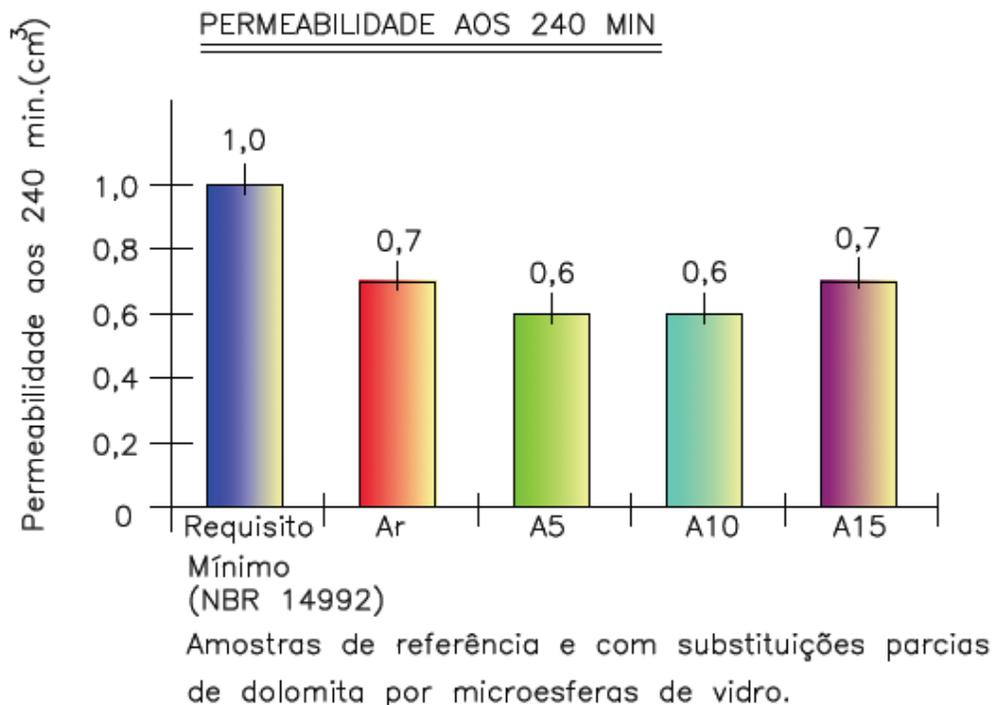


Figura 7.6—Comparação dos resultados da permeabilidade aos 240 min. entre as amostras de referência e as amostras com substituições parciais de dolomita por microesferas de vidro.

Analisando a figura 7.6, observa-se que ocorreu uma redução de permeabilidade de 30% a 40% da amostra de referência e as amostras A5, A10 e A15 em relação ao requisito exigido pela norma.

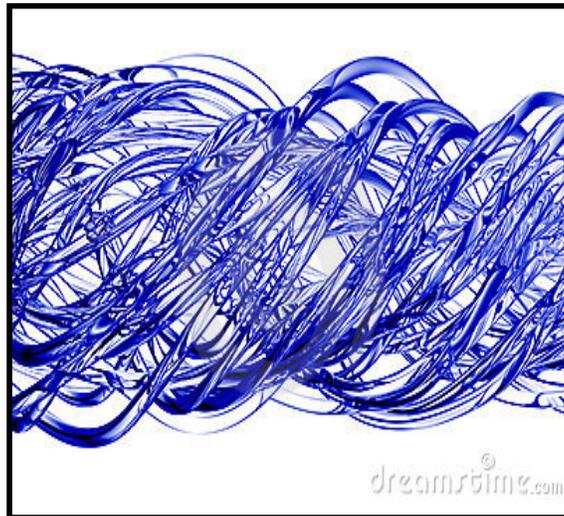
Nota-se, no entanto que a substituição da dolomita por microesferas de vidro pouco influenciou nos resultados se comparar às amostras A5, A10 e A15 (5,10 e 15% de substituição) com a amostra de referência (0% de substituição).

# 8

## ***CONSIDERAÇÕES FINAIS***

---

---



Fonte: dreamstime.com

---

---

## CAPÍTULO 8-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos resultados obtidos com a substituição parcial de dolomita por microesferas de vidro pôde-se concluir que:

1- Todos os requisitos mínimos exigidos pela norma 14992 foram alcançados.

2- Os resultados para a retenção de água apresentaram comportamentos adversos à literatura. Esperava-se que as amostras executadas com microesferas de vidro fossem reter menos água. No entanto nota-se que as microesferas podem criar uma película capaz de dificultar a migração da água da amostra para outros materiais. Supõe-se também que apesar de não ter sido avaliada a rugosidade superficial ela pode ter influenciado neste resultado.

3- Com a substituição de dolomita por microesferas de vidro nas proporções de 5,10 e 15% houve um aumento da resistência à compressão e resistência à tração na flexão.

4- Na confecção de amostras com 15% de microesferas de vidro notou-se uma melhoria na trabalhabilidade.

5-Em relação à ordem de adição dos componentes da mistura foi possível verificar que:

- Pode ser um fator influenciador no desempenho final do rejunte;
- As microesferas tornam-se mais homogêneas a mistura quando são adicionadas depois da amostra conter água.

6- Com a substituição de dolomita por microesferas de vidro nas proporções de 5,10 e 15% houve uma diminuição da absorção de água por capilaridade, seguindo o comportamento da retenção de água. A película criada em cada

grão de esferas de vidro dificulta a condução de água de grão a grão de dolomita.

7-As microesferas não influenciaram na coloração final do produto.

8-Com a aplicação de microesferas de vidro houve alterações consideráveis se comparadas à amostra de referência. O uso da microesferas de vidro é recomendado como substituição parcial nas proporções de 5 e 10% na composição do rejunte tipo II.

# 9

## ***SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS***

---

---



Fonte: catálogo 3M.

---

---

## CAPÍTULO 9 -SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a execução do estudo do desempenho de rejunte fabricado com agregados de microesferas de vidro, foram evidenciadas várias situações em que o autor potencializou como sugestões para trabalhos futuros e que, inicialmente, não eram propostas do trabalho.

O autor propõe as seguintes sugestões:

- Realizar amostras com a eliminação ou diminuição de aditivos retentores de água;
- Realizar ensaios de abrasão nos rejuntas fabricados com microesferas de vidro;
- Acompanhar e comparar o ciclo de vida dos rejuntas sem microesferas de vidro com os rejuntas contendo microesferas de vidro;
- Realizar ensaios de avaliação microestrutural e mineralógica (MEV/EDS, DRX, FRX) de rejuntas fabricados com microesferas de vidro;
- Medir a rugosidade superficial da dolomita e das microesferas de vidro e analisar os resultados correlacionando-os com os valores obtidos nesta pesquisa para as propriedades retenção de água e capilaridade aos 300 minutos;
- Comparar e avaliar ao longo do tempo a durabilidade dos rejuntas fabricados com microesferas de vidro com as substituições de 5 e 10%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Jairo. J.O. **Propriedades dos Polímeros** In: Geraldo C. Isaia. (Org.). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 2ª ed. São Paulo: Geraldo C. Isaia - IBRACON, 2010, v. 1, p. 1263-1291.

ASCER; C.O.A.C.V.; COPUT; ITC-AICE; CEMARKSA. **Ceramic Tile Guide**. Espanha, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6831**: Sinalização viária-Microesferas de vidro –Requisitos: Rio de Janeiro,2003.

**NBR7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento: Rio de Janeiro, 2005.

**NBR13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento: Rio de Janeiro, 1996.

**NBR13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento: Rio de Janeiro, 1996.

**NBR14992**: A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios: Rio de Janeiro, 2003.

**NBR15199**: Sinalização Horizontal Viária-Microesferas de Vidro-Métodos de Ensaio: Rio de Janeiro, 2005.

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construção**, 5ª Edição, V.1. Editora LTC. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL, SAINT-GOBAIN QUARTZOLIT LTDA. **O guia Weber –Digital**. São Paulo, 2008.

BRASIL, SAINT-GOBAIN- CETEV. **Natureza, estrutura e propriedades do vidro**. Mauro Arkeman. São Paulo, 1990.

CARASEK, H., PAES, I.N.L., SCARTEZINI, L.M.B. **O preparo da base para o revestimento cerâmico**. Seminário Capixaba sobre Revestimentos Cerâmicos. PPGEC – UFES. Vitória-ES, 1998.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed. São Paulo: Geraldo C. Isaia - IBRACON, 2010, v. 1, p. 864-904.

DIAS, L.A., CARASEK, H. **Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimentos de argamassa pelo método do cachimbo**. Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA). São Paulo, 2003.

GASTALDINI, A.L.G.; SICHIERI, E. P. **Materiais Cerâmicos para Acabamentos e Aparelhos**. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed. São Paulo: Geraldo C. Isaia - IBRACON, 2010, v. 1, p. 587-616.

GOMES, Leila V.R. **Estudo de Métodos de Ensaio e Comportamento Físico e Mecânico de Argamassas**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MAGALHÃES, Tereza. C.M. **Influência da pigmentação e/ou da quantidade de aditivo hidrorrepelente na patologia de desagregação da argamassa de rejuntamento.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** 3ª Edição, Editora PINI. São Paulo, 2008

MIRANDA, Leonardo F.R.; SELMO, Silva M. S. **Influência das propriedades mecânicas na fissuração de revestimentos com RCD.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA EM ARGAMASSA, 5, São Paulo. Anais... São Paulo: POLI/USP, 2003, p. 583-593.

RIBEIRO, C.C. **Materiais de construção civil,** 1ª Edição, Belo Horizonte, 2000.

SCHWAB, Maria. S.F. **Estudo do desempenho dos materiais de demarcação viária retrorrefletivas.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais. REDEMAT-OFOP-CETEC-UEMG, Belo Horizonte, 1999.

SICHERI, E. P.; CARAM, R.M.; SANTOS, J.C. P. **Vidros na Construção Civil** In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 2ª ed. São Paulo: Geraldo C. Isaia - IBRACON, 2010, v. 1, p. 656-691.

WACKER POLYMERS SYSTEMS- **Argamassas Industriais Poliméricas como Modernos Materiais de Construção**. 3 ed.São Paulo ,SP.[s.n],2001.

ABIVIDRO. História, definição, composição do vidro utilizado na indústria Brasileira. Disponível em <<http://www.abividro.org.br>> Acesso em: 12 de Setembro de 2010.

BARBOZA, Ana C.R. N; De PAOLI, Marcos. A. **Polipropileno Carregado com microesferas ocas de vidro (Glass Bubbles™): Obtenção de Espuma Sintática**. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 19 de Fevereiro de 2010.

CONSTRUCTION CHEMICALS. **Aditivos retentores de água**. Disponível em: [http://www. Dowconstructionchemicals >Acesso.com](http://www.Dowconstructionchemicals.com) 20 de Dezembro de 2010.

DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS. **Definição de calcita**. Disponível em <[http:// www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Calcita](http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Calcita) > Acesso em: 07 de Dezembro de 2010.

FONTEYNE, Alexis. J.S. **Pisos e Revestimentos para Salas Limpas**. Disponível em: <<http://www.sbcc.com.br>>. Acesso em: 19 de Fevereiro de 2010.

FOTOS DE CASAS. **Fachadas de casas em vidro** Disponível em <<http://www.fotosdecasas.infor>> Acesso em: 07 de Dezembro de 2010.

3M do Brasil. **Catálogo de produtos Microesferas**. Disponível em <<http://www.solutions.3m.com.br>> Acesso em: 05 de Setembro de 2009.

MARSSETTI. **Caracterização da dolomita**.

Disponível em: <http://www.marssetti.com.br> Acesso em: 05 de Setembro de 2009.

MINERALS. **Mineral Dolomita em seu estado natural.** Disponível em <http://www.minerals.ro/pt/archives> > Acesso em: 25 de Agosto de 2010.

PILKINGTON. **A história do vidro plano no Brasil e no Mundo.** Disponível em <http://www.pilkington.com> > Acesso em: 02 de Novembro de 2010.

VEDACIT. **Glossário e informações técnicas** Disponível em <http://www.vedacit.com.br/infoteca/glossario> > Acesso em: 02 de Novembro de 2010.

VIMASTER. **Microesferas de vidro para as mais diversas aplicações.** Disponível em: <http://www.vimaster.com.br> > Acesso em: 20 de outubro de 2009.