



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

José António da Silva Lopes Sibindi

2014





UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



Trabalho de licenciatura

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria.

Autor: José António da Silva Lopes Sibindi

Supervisor: Prof. Doutor Carvalho Madivate (UEM)

Co-supervisores: Prof. Doutor Arão Manhique (UEM)

Eng. Rodrigues Manjate (UEM-LEM)

Maputo, Junho de 2014

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho em primeiro lugar aos meus pais, Lopes José Sibinde e Amélia Naftal.

Aos irmãos Naftal Amélia, Lopes Sibinde, Marta Ancha Sibinde, Frederico Sibinde e Isaltino Sibinde.

Aos familiares, primos Cesar Sibinde, Frederico Sibinde, Bernardo Sibinde, Lucrecia Sibinde, Dorla Sibinde, Vera Sibinde, César Sitoé, Edson Mussuei.

Aos tios, Frederico Sibinde, Tiago Sibinde, Abrão Mondlane, Armando Mussuei, Rodrigues Mandlate, Raimundo Ngale e Ernesto Ngale.

As tias Irena Sibinde, Teresa Sibinde, Elisa Mondlane, Olvia Guite, Ines Pelembe, Marta Ngale, Cecilia Ngale, Elena Ngale e Diolinda Ngale.

Aos sobrinhos Marven Kayzer, Felson e Chelton.

As Mães do coração Esperança Isais e Joana Nharrivale.

Aos irmãos do coração Evaristo Macamo, Percio de Jesus, Nelma Catarina, Ildo Nharrivale, Hermínia Nharrivale, Santos Nhendo, Ilídio Nhendo, TeodatoNhendo e Francisco Nharrivale.

À memória dos padrinhos César José Sibinde e Lúcia Francisco Muchanga , e a dos meus avôs José Sibinde e Marta Sitoé.

Com eterna saudade!

Que Deus vos abençoe onde quer que estejam...

Aos amigos José Cossa, Arsénio Muchanga, Vasco Chipanga, Orlando Mawaia, Hélio Nhachissambe, Simão Manhique, Abiatar Macamo, Erasmo Abilio, Ivan Garrine, Emmerson Uamusse, Alberto Libombo, Danilo Cossa e Flávio Zavale.

AGRADECIMENTOS

Depois de terminado o presente trabalho sinto-me na obrigação de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma directa ou indirecta para que a realização deste trabalho fosse possível.

- Ao Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) por me ter concedido o estágio, e disponibilizado o material existente no laboratório para a execução deste trabalho.
- Aos funcionários do LEM pela amizade e ensinamentos durante a realização do trabalho, em especial aos colegas dos Departamentos de Materiais e Estruturas e os do Departamento de Química, o meu muito obrigado pelo apoio. Quero mencionar aqui a Sr^a Amélia, o Sr. Arsénio, o Sr. Sergio, o Sr. Caló, o Sr. Mondlane, o Sr. Mabote, o dr. Moisés Mabui, a Sr^a Maria dos Anjos, o Sr. Alberto Machava, o Sr. Tomas Macuacua, Sr^a Amina, o Sr. Eleutério.
- A dr^a. Carla Macia Casimiro por ter aceite que trabalhassemos juntos no seu projecto de Mestrado e por ter disponibilizado as amostras e pelo acompanhamento.
- Ao dr. Evaristo Macamo e dr. Pércio de Jesus pela amizade, cumplicidade durante o curso. Ao dr. António Dias pelo incentivo para a realização do trabalho, disponibilidade para ajudar e amizade, obrigado.
- Ao corpo docente da Faculdade de Ciências, em particular do Departamento de Química, e especialmente aos docentes do ramo de Química-Física.
- A Prof^a Doutora Tatiana Kuleshova pela paciência, compreensão e pelos seus ensinamentos.
- Ao Doutor Pedro H. Massinga Júnior pelos ensinamentos e pela amizade.
- Ao Prof. Doutor Carvalho Madivate por ter convidado a fazer parte do projecto e pela supervisão deste trabalho.
- Ao Prof. Doutor Arão Manhique e ao Eng. Rodrigues Manjate por terem aceite supervisionar este trabalho.
- A todos funcionários do Departamento de Química, em especial o Sr. José Macuacua, o Sr. Ramiro, a Sr^a. Madalena, Sr^a. Anatercia, o Sr. Hognério e o Sr. Américo, obrigado pelo incentivo, apoio e amizade durante os anos da minha formação.

DECLARAÇÃO SOBRE PALAVRA DE HONRA

Eu, José António da Silva Lopes Sibindi, declaro sobre compromisso de honra que o presente trabalho de fim de curso foi por mim elaborado com base nos recursos que faço referência ao longo do mesmo e que não existe nenhuma versão anterior igual a este, que esteja editada.

Maputo, Junho de 2014

O Autor

(José António da Silva Lopes Sibindi)

RESUMO

O crescimento do volume de produção da indústria extractiva de um país representa um maior contributo deste sector no PIB. Por outro lado, a actividade extractiva tem conduzido a produção de resíduos, que são normalmente depositados sem nenhum aproveitamento.

Com a elavação da consciência dos cidadãos para os problemas ambientais decorrentes de actividades produtivas, a sociedade, de uma forma geral e as instituições de investigação em particular, têm sido desafiadas a encontrar respostas para estes problemas que algumas vezes passam pelo estudo de formas de reutilização destes resíduos.

É neste âmbito que foi realizado o presente trabalho que tem por objectivo analisar a viabilidade de uso dos resíduos gerados na exploração da rocha calcária como material alternativo para produção de argamassas.

No presente estudo foram produzidas quatro composições de argamassas substituindo-se parcialmente o cimento portland por teor de *filler* de calcário da ordem de 10, 20, 25 e 30% de massa. Após a preparação das argamassas, foram moldados os provetes que foram depois submetidos à cura por 7, 14 e 28 dias em água. Os provetes foram submetidos aos ensaios de resistência à flexão, à compressão e absorção de água. De acordo com os resultados, verificou-se que o cimento pode ser substituído pelo *filler* de calcário sem prejuízo significativo das propriedades tecnológicas das argamassas, quando adicionado em até teores da ordem dos 20% de massa.

Palavra-chave: Argamassa, *Filler* de calcário, Resíduos, Rocha Calcária.

ÍNDICE

RESUMO.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJECTIVOS.....	2
1.2 Objectivos específicos.....	2
2 PARTE TEÓRICA.....	2
2.1 Calcário.....	2
2.2 Argamassa.....	4
2.2.1. Matérias constituintes da argamassa.....	4
3 PARTE EXPERIMENTAL.....	8
3.1 METODOLOGIA DO TRABALHO.....	9
3.1.1 Preparação das amostras.....	9
3.1.2 Preparação das argamassas e moldagem dos provetes.....	10
3.2 Ensaio tecnológicos.....	13
3.2.1 Resistência à flexão.....	13
3.2.2 Resistência à compressão.....	15
3.2.3 Absorção de água.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Resultados dos <i>fillers</i> de Magude.....	19
4.1.1 Resistência à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de calcário de Magude.....	19
4.1.2 Resistência a compressão das argamassas com <i>fillers</i> de calcários de Magude.....	21
4.1.3 Absorção de água argamassa com <i>fillers</i> de calcário de Magude.....	22
4.2 Resultados dos <i>fillers</i> de Salamanga.....	24
4.2.1 Resistência à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de calcário de Salamanga.....	24
4.2.2 Resistência à compressão de argamassas com <i>fillers</i> de calcário de Salamanga.....	26
4.2.3 Absorção de água argamassa com <i>fillers</i> de calcário de Salamanga.....	28
4.3 Resultados dos <i>fillers</i> de Massinga.....	30
4.3.1 Resistência à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de calcário de Massinga.....	30

4.3.2	Resistência à compressão das argamassas com <i>fillers</i> de calcário de Massinga.....	32
4.3.3	Absorção de água argamassa com <i>fillers</i> de calcário de Massinga.....	34
4.4	Relação entre os resultados da resistência à compressão das argamassas com <i>fillers</i> aos 28 dias de cura.....	36
5	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	39
6	CONCLUSÕES.....	40
7	RECOMENDAÇÕES:.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
	ANEXOS.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Caracterização granulométrica da areia (NP 1379-1976).....	10
Tabela 2:	Características do cimento usado na produção das argamassas (NP EN 196-3-1996).....	11
Tabela 3:	Proporção dos materiais para a produção das argamassas.....	11
Tabela 4:	Resultados do ensaio à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de Magude.....	14
Tabela 5:	Resultados do ensaio à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de Salamanga.....	14
Tabela 6:	Resultados do ensaio à flexão das argamassas com <i>fillers</i> de Massinga.....	15
Tabela 7:	Resultados do ensaio à flexão da argamassa de referência.....	15
Tabela 8:	Resultados do ensaio à compressão das argamassas com <i>fillers</i> de Magude.....	16
Tabela 9:	Resultados do ensaio à compressão das argamassas com <i>fillers</i> de Salamanga.....	16
Tabela 10:	Resultados do ensaio à compressão das argamassas com <i>fillers</i> de Massinga.....	17
Tabela 11:	Resultados do ensaio à compressão da argamassa de referência.....	17
Tabela 12:	Resultados da absorção de água das argamassas com <i>fillers</i> das minas de Magude, Salamanga e Massinga.....	18
Tabela 13:	Resultados do ensaio de absorção de água da argamassa de referência.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de hidratação de uma partícula do cimento.....	5
Figura 2: Fluxograma da parte experimental	9
Figura 3: Triturador Manual (a) e Peneiro de 150 μm (b).....	9
Figura 4: Misturador mecânico (a) e compactador mecânico (b)	12
Figura 5: Molde com argamassa na câmara húmida (a) e Provetes em cura na água (b).	13
Figura 6: Prensa usada para o ensaio da resistência à flexão	14
Figura 7: Prensa usada para o ensaio da resistência à compressão	16
Figura 8: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MG1.....	19
Figura 9: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MG2.....	20
Figura 10: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MG3.....	20
Figura 11: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MG1.....	21
Figura 12: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MG2.....	21
Figura 13: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MG3.....	22
Figura 14: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MG1	23
Figura 15: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MG2.....	23
Figura 16: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MG3.	24
Figura 17: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler SL1.....	25
Figura 18: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler SL2.....	25
Figura 19: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler SL3.....	26
Figura 20: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler SL1.....	27
Figura 21: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler SL2.....	27
Figura 22: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler SL3.....	28
Figura 23: Variação da porosidade com a substituição do ligante por filler SL1.....	29
Figura 24: Variação da porosidade com a substituição do ligante por filler SL2.....	29
Figura 25: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler SL3.	30
Figura 26: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MS1.....	31
Figura 27: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MS2.....	31
Figura 28: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MS3.....	32
Figura 29: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MS1.....	33
Figura 30: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MS2.....	33

Figura 31: Variação da resistência com a substituição do ligante por filler MS3.....	34
Figura 32: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MS1.	35
Figura 33: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MS2.	35
Figura 34: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por filler MS3.	36
Figura 35: Relação entre os resultados das argamassas com fillers de Magude	37
Figura 36: Relação entre os resultados das argamassas com fillers de Salamanga	37
Figura 37: Relação entre os resultados das argamassas com fillers de Massinga.....	38
Figura 38: Comparção dos resultados das argamassas com fillers de diferentes jazigos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Dióxido de carbono
CH	Hidróxido de cálcio
C-S-H	Silicato de cálcio hidratado
CS	Silicato de cálcio (gesso)
C ₃ A	Aluminato tricálcico
C ₃ S	Silicato tricálcico
C ₄ AF	Aluminoferrato tetracálcico
C ₂ S	Silicato bícálcico
g	Grama
ml	Mililitro
cm	Centímetro
µm	Micrómetro
rpm	Rotação por minuto
H	Hora
LEM	Laboratório de Engenharia de Moçambique
NBR	Norma Brasileira
NM NP EN	Norma Moçambicana dotada da norma Portuguesa e Europeia
NP	Norma Portuguesa
NP EN	Norma Portuguesa e Europeia
MPa	Mega Pascal
PIB	Produto Interno Bruto
MG	Amostra de Magude
MS	Amostra de Massinga
SL	Amostra de Salamanga

1. INTRODUÇÃO

O elevado crescimento da população e déficit habitacional, faz com que haja uma crescente procura pelos materiais de construção e a fraca capacidade de oferta do mercado, abre campo a especulação dos preços. Neste sentido, um dos grandes problemas com que se deparam as populações dos países em desenvolvimento é a falta de habitações condignas em virtude, principalmente, dos elevados preços dos materiais de construção. Por isso um dos maiores desafios dos nossos dias é obtenção de materiais de baixo custo, ecológicos e com disponibilidade local de modo a tornar os custos das habitações mais baixos.

Vários pesquisadores têm-se dedicado à busca de alternativas para tornar os materiais de construção mais baratos. Dentre as alternativas disponíveis tem-se utilizado resíduos da produção industrial como materiais de baixo custo e que possibilitam obter produtos com desempenho técnico semelhante à aqueles produzidos com matérias-primas convencionais (Menezes et al, 2009a; Menezes et al, 2009b).

Seguindo essa abordagem, observou-se que dependendo da composição química e distribuição do tamanho de partículas, vários resíduos industriais podem ser usados em argamassas para a construção civil, como substituintes parciais do cimento ou do agregado miúdo (Menezes et al, 2009b).

No caso do calcário, a sua aplicação na indústria de construção civil vem crescendo devido aos benefícios que ele traz quando é usado como agregado. Alguns desses benefícios incluem uma boa resistência, redução da contração durante a cura e também pode reduzir ou evitar a reação dos álcalis-sílica (Carlos et al, 2010).

A incorporação de calcário (resíduo), traz consigo uma redução da porosidade das argamassas devido ao efeito de preenchimento dos vazios, tal efeito que ajuda a reduzir a demanda de água geralmente requerida para manter a trabalhabilidade das argamassas constante (Ramezani pour et al, 2009, Mikhailova et al, 2013; Vogilis et al, 2005)

1.1 OBJECTIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de aplicação do *filler* de calcário resultante da exploração das rochas calcárias em argamassas como substituto parcial do cimento.

1.2 Objectivos específicos

Determinar as propriedades tecnológicas da resistência à flexão e à compressão;

Determinar a impermeabilidade das argamassas pelo método de absorção de água;

2 PARTE TEÓRICA

2.1 Calcário

O calcário é a rocha sedimentar mais abundante na crosta terrestre (Pires et al, 2010). Ela é encontrada extensivamente em todos os continentes e é extraída de depósitos ou jazigos que variam em idade, desde o pré-cambriano até o Holoceno (Silva, 2009; Sampaio e Almeida, 2005).

As reservas de calcário ou rochas carbonatadas são praticamente infinitas, porém a sua ocorrência com elevada pureza corresponde a menos de 10% das reservas de carbonatos explorados em todo mundo (Sampaio e Almeida, 2005).

A sua composição mineralógica varia com a profundidade dos depósitos devido a maior solubilidade de alguns minerais, também pelo facto das camadas de calcário terem sido formadas em períodos diferentes (Conjo, 2011).

Assim, os calcários segundo a sua composição mineralógica são classificados de forma geral em Calcários Calcíticos (CaCO_3) e em Dolomíticos [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ou $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$] ou Magnesianos.

Acredita-se que os calcários magnesianos ou dolomíticos foram formados pela substituição parcial do cálcio pelo magnésio, oriundo de águas com elevado teor de sais de magnésio. Muito embora vários depósitos de dolomite aparentem ter origem na precipitação de ambos os carbonatos, a teoria da substituição dos metais ainda é aceite (Sampaio e Almeida, 2005).

Algumas características físicas como tamanho e forma são influenciadas por factores como pressão, temperatura e solvente a que são expostos os calcários durante o seu processo de formação (Conjo, 2011; Samapaio e Almeida, 2005).

A porosidade é uma característica física que é tecnicamente importante, pois muitos calcários apresentam uma porosidade que varia de média a alta (Pires et al, 2010). O calcário tem sido usado como material de construção desde os tempos históricos, na edificação de templos, palácios e monumentos (Pires et al, 2010).

O resíduo constituído por calcário, quando usado como *filler* (material de preenchimento) na substituição de cimento ou agregados, pode trazer alguns benefícios aos betões e argamassas de acordo com a composição química e a quantidade usada como substituinte parcial (Alshahwany, 2011).

O calcário ao ser incorporado na produção de betões ou argamassas exerce influência que apresenta princípios de natureza física e química, mas também acelera a hidratação de composto do cimento (Mikhailova et al, 2013; Rizawan e Bier, 2012; Ramezaniyanpour et al, 2009; Bediako et al, 2011), especialmente C_3S (Mikhailova et al, 2013; Beixing et al, 2009) devido ao facto de dispersar-se e ocupar os espaços vazios entre os grãos do cimento e o agregado grosso ou miúdo melhorando o empacotamento e a interacção entre eles.

Na actualidade tem-se feito várias pesquisas acerca da influência do *filler* de calcário na hidratação do cimento. Os resultados mostram que ele não joga um papel importante como inerte (Mikhailova et al, 2013; Alshahwany, 2011), mas ajuda a acelerar a hidratação do cimento, pois os grãos do *filler* actuam como pontos nucleares para as reacções entre CH (Portlandita ou Hidróxido de cálcio) e C-S-H (Silicado hidratado de cálcio) nas primeiras idades de hidratação (Beixing et al, 2009; Bediako et al, 2011) e por isso provocam uma formação do CH desorientada (Ramezaniyanpour et al, 2009; Bediako et al, 2011), deste facto resulta o aumento precoce da força de compressão nas primeiras idades de cura (Beixing et al, 2009).

Por outro lado o *filler* de calcário interage directamente com o C_3A e C_4AF formando dois carbonatos, designados por carboaluminatos de cálcio ($C_3A.CaCO_3.10H_2O$ e $C_3A.CaCO_3.11H_2O$). A formação destes carboaluminatos de cálcio é relacionada com o aumento da força de resistência das argamassas e betões, devido a sua estabilidade (Bediako et al, 2011).

2.2 Argamassa

Anorma Brasileira NBR 13281:2001 define argamassa como uma mistura homogénea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, que pode ser preparada na obra ou em instalações próprias (argamassa industrializada).

As argamassas possuem diversas propriedades importantes, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. De acordo com a função que irão desempenhar, algumas propriedades das argamassas podem ser mais relevantes que outras. Tais propriedades estão intimamente relacionadas às características dos materiais constituintes, à proporção entre eles e ao processo de mistura empregado (Roque, 2012).

2.2.1. Matérias constituintes da argamassa

2.2.1.1. Cimento

No significado geral da palavra, cimento é todo material com propriedades adesivas e coesivas capazes de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um corpo compacto (Santos, 2008).

Na construção define-se o cimento como um ligante hidráulico que tem um poder de aglomerar materiais inertes como areia, pedra britada e outros, conferindo ao conjunto uma coesão e resistência, o que o torna apto a ser utilizado na construção como argamassas e betões (Coutinho, 2006).

O cimento é normalmente comercializado na forma de partículas com dimensões entre 1 e 90 μm , sendo essencialmente constituídos por:

- (i) silicato tricálcico (C_3S - 30 a 70%);
- (ii) silicato bicálcico (C_2S - 10 a 55%);
- (iii) aluminato tricálcico (C_3A - 0 a 15%);
- (iv) aluminoferrato tetracálcico (C_4AF - 5 a 15%) e
- (v) sulfato de cálcio como gesso (CS - 3 a 8%).

O cimento com estas características designa-se Portland (Costa et al, 2009).

2.2.1.1.1. Hidratação do cimento

A mistura das partículas de cimento com água desencadeia uma série de reacções químicas, que ocorrem a velocidades diferentes e que se influenciam mutuamente conduzindo á

alterações químicas, físicas e mecânicas do sistema. Os produtos destas reacções (compostos hidratados estáveis) aderem uns aos outros conferindo ao cimento propriedades adesivas e coesivas (Costa et al, 2009). O mecanismo de hidratação do cimento é complexo e não está totalmente esclarecido. A figura 1 abaixo ilustra esse mecanismo.

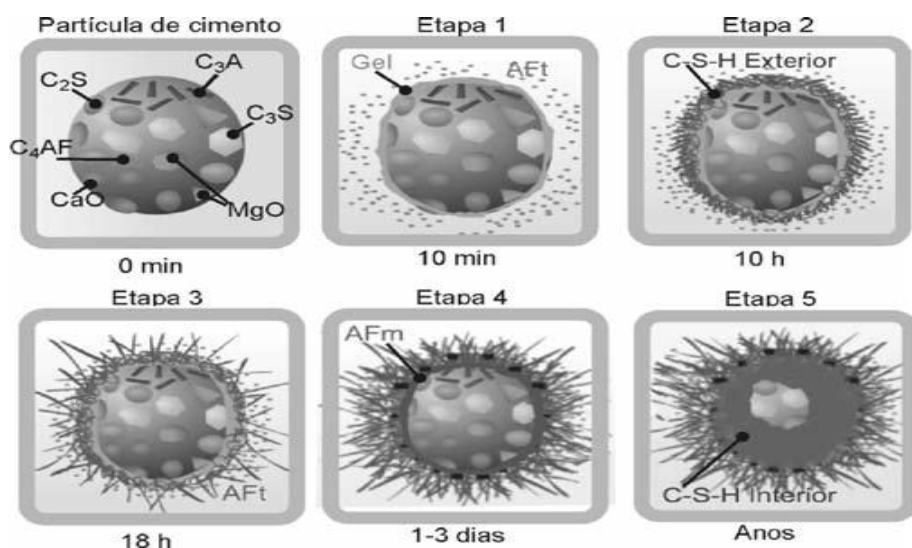


Figura 1: Etapas de hidratação de uma partícula do cimento (Fonte: Costa et al, 2009).

Na etapa 1: No início dá-se a reacção da água com C_3A e C_3S , formando-se cristais de tri-sulfoaluminato de cálcio hidratado e C_3S formando-se um gel amorfo de C-S-H hidratado que se deposita na superfície da partícula e CH que se precipita entre as partículas do cimento.

Na etapa 2: Prossegue a reacção da água com os silicatos de cálcio (C_3S e C_2S), formando-se uma camada adicional de C-S-H em torno da partícula a uma distância de cerca 1 μm , que se designa correntemente por C-S-H exterior.

Na etapa 3: Ocorre uma reacção de hidratação secundária dos aluminatos de cálcio (C_3A e C_4AF) formando-se compostos aciculares longos de tri-sulfoaluminato de cálcio hidratado. O C-S-H que se começa a formar nesta etapa designa-se por “interior” uma vez que, devido à mobilidade progressivamente mais reduzida dos produtos das reacções, se deposita dentro da camada de hidratação formada nas etapas anteriores;

Na etapa 4: A hidratação prossegue a uma velocidade lenta, correspondente a reacções em estado sólido. Continua a formar-se “C-S-H interior”, com diminuição progressiva do espaço livre entre a camada de hidratação e a partícula não hidratada, e aparece uma nova fase de aluminato, mono-sulfoaluminato de cálcio hidratado;

Na etapa 5: As reacções de hidratação decorrem ao longo de anos, continuando essencialmente a formar se “C-S-H interior” adicional.

2.1.1.2 Agregado miúdo

De acordo com Silva (2006) a NBR 7211:2005 define como agregado miúdo todos agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m.

Segundo Angelim et al (2003), citado por Silva (2006), a distribuição granulométrica da areia influencia directamente no desempenho da argamassa, interferindo na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes. No estado fresco, assim como no revestimento acabado; Exerce ainda influência na fissuração, na rugosidade, na permeabilidade e na resistência de aderência.

A distribuição granulométrica é uma característica muito importante para agregados. Com a utilização de um agregado de granulometria contínua, ocorre um aumento na trabalhabilidade devido as melhorias no empacotamento da mistura, por haver um preenchimento dos espaços vazios entre os grãos de maior diâmetro pelos menores (Roque, 2012).

Os principais objectivos da incorporação de areia na argamassa são: promover estabilidade dimensional (minimizando os efeitos da retracção) e reduzir o custo, já que é um material mais barato do que o cimento (Roque, 2012).

De acordo com Mattos (2001) citado por Roque (2012) dentre as características físicas da areia que interferem nas propriedades das argamassas, pode-se citar a distribuição granulométrica, a forma e a textura dos grãos.

2.1.1.3 Características da água de amassadura

As principais funções da água nas argamassas são: combinar quimicamente com o aglomerante, promovendo o endurecimento e dar trabalhabilidade para a mistura (Roque, 2012).

Para obtenção de plasticidade e consistência adequadas é necessário uma quantidade óptima de água, que é definida em função da natureza e da proporção dos materiais, resultando em argamassas homogéneas e coesas (Roque, 2012).

Apesar da utilização de uma quantidade maior de água conferir uma maior plasticidade para a argamassa, seu excesso ocasiona uma maior exsudação e segregação dos materiais, além de aumentar a porosidade devido aos vazios deixados pela perda da água (Roque, 2012).

Todas as águas potáveis e ainda as que não o são, não tendo cheiro nem sabor podem ser utilizadas na produção de argamassas. A desconfiança nasce quando as águas não são potáveis, terem cheiros anormais e começam a apresentar turvação (Coutinho, 2006).

Visto que o agregado e a água serem substâncias naturais e conterem impurezas, algumas encontradas no agregado estarão contidas na água onde devido ao poder dissolvente da água podem ser dissolvidas e atingir concentrações elevadas, podendo conter outras não presentes na água. A água vai ter influências nas propriedades das argamassas através das substâncias dissolvidas e em suspensão. Tais substâncias podem afectar a resistência mecânica, a química e o crescimento cristalino dos produtos de hidratação do cimento (Coutinho, 2006).

Por exemplo em águas naturais os iões mais vulgares são: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , CO_3^{2-} , CO_3H^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- . Dentre os iões capazes de ter uma acção importante a longo prazo pondo em risco a estabilidade da argamassa, contam-se os catiões Na^+ e K^+ , e o anião SO_4^{2-} . Dai surge a necessidade de limitar a concentração destes iões (Coutinho, 2006).

2.1.1.4 Aditivos minerais

Aditivos minerais são materiais que, depois de passar por um processo físico e ou térmico, apresentam características físicas e mineralógicas adequadas para utilização na produção de novos materiais cimentícios. Os aditivos minerais mais utilizados normalmente são as pozolanas e os *fillers*. Dentre os *fillers* tem-se o pó de pedra, *filler* de calcário (Roque, 2012).

Fillers são materiais inertes, finamente moídos que proporcionam, por causa das suas características físicas, efeitos benéficos nas propriedades das argamassas e betões, tais como trabalhabilidade, permeabilidade, densidade e porosidade (Roque, 2012; Fontes, 2008).

Os *fillers* exercem influência nas propriedades dos betões e argamassas, tanto no estado fresco como no estado endurecido. No estado fresco, contribuem para a melhoria na trabalhabilidade, na diminuição da segregação e da exsudação da água e tem ainda um efeito benéfico na fluidez do material (Fontes, 2008).

No estado endurecido, sua influência faz-se sentir na durabilidade, onde o *filler*, devido à sua elevada finura, provoca uma redução no tamanho e volume de poros maiores e a

conectividade entre eles, o que se reflecte numa maior dificuldade de entrada de agentes agressivos no interior do material (Fontes, 2008).

As pozolanas e *fillers*, quando utilizados em matrizes cimentícias como adição mineral ou como substituinte parcial do cimento portland, apresentam mecanismos de acção física ou química durante a hidratação do material (Fontes, 2008).

Os efeitos físicos podem ser definidos como: diluição do cimento portland, nucleação e efeito de preenchimento dos poros. O efeito de diluição está associado à quantidade de aditivo mineral utilizado na mistura. A nucleação e o efeito de preenchimento podem ser entendidos como o aumento da superfície efectiva de contacto do cimento causado pelo alojamento do aditivo mineral muito fino nos interstícios dos cristais do cimento, acelerando as reacções de hidratação dos compostos (Roque, 2012; Fontes, 2008).

3 PARTE EXPERIMENTAL

A parte experimental foi realizado no Laboratorio de Engenharia de Moçambique (LEM) Departamento de Materiais de Construção e Estruturas no Sector de Cimentos.

As amostras de calcário foram colhidas em três pontos nomeadamente distrito de Massinga na provincia de Inhambane e nos distritos de Magude e Salamanga na provincia de Maputo. As amostras foram colhidas em pontos distintos das minas, depois ensacadas e referênciadas, de seguida transportadas para o LEM onde foram conservadas e tratadas para execução dos experimentos.

As amostras do jazigo de Magude foram referênciadas da seguinte forma MG1, MG2, MG3 uma vez que estas apresentavam colorações diferentes (MG1 calcário branco, MG2 calcário amarelado e MG3 calcário branco escuro) o que poderia ser indicativo de conterem impurezas.

As amostras jazigo de Massinga referênciadas da seguinte forma MS1 (amostra 1 da pedreira 1), MS2 (amostra 2 da pedreira 1) e MS3 (amostra da pedreira 2) por apresentarem colorações avermelhadas mas também conterem grânulos de areia no interior das rochas. As amostras do jazigode Salamanga SL1 (mistura das amostras 1 e 2), SL2 (amostra da zona 1) e SL3 (amostra da zona 2) foram assim designadas por alguns conterem indícios de impurezas.

3.1 METODOLOGIA DO TRABALHO

A parte experimental do presente trabalho foi realizada em duas etapas:

Etapa I: A primeira etapa consistiu na amostragem e no tratamento físico através da trituração e peneiração.

Etapa II: A segunda etapa compreendeu a produção das argamassas, moldagem dos corpos de provas e a realização dos respectivos ensaios tecnológicos de acordo com o fluxograma representado na figura 2.

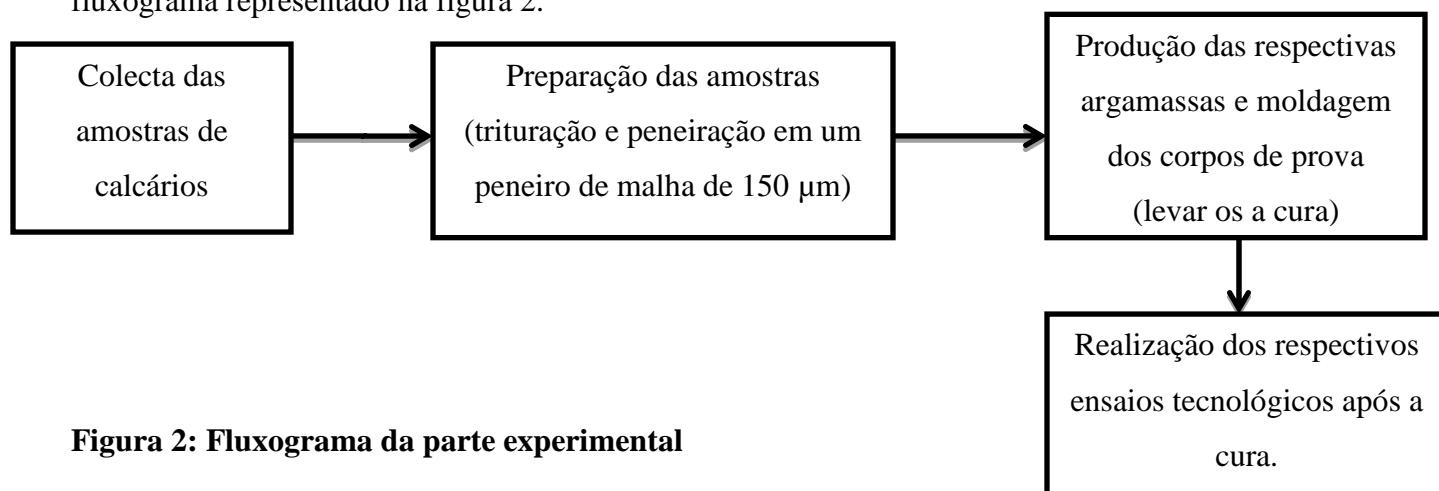


Figura 2: Fluxograma da parte experimental

3.1.1 Preparação das amostras

As amostras foram trituradas uma de cada vez com ajuda de um triturador manual (Figura 3), depois peneiradas com a ajuda de um peneiro de 150µm, de seguida conservadas em frascos limpos e devidamente referenciados.



Figura 3: Triturador Manual (a) e Peneiro de 150 µm (b).

3.1.2 Preparação das argamassas e moldagem dos provetes.

Num passo prévio, antes da preparação e moldagem dos provetes, foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, ensaio da granulometria da areia e determinação das características do cimento com forme as tabelas 1 e 2 abaixo. Estes ensaios servem como base de cálculo das proporções do material que fará parte da composição da argamassa, permitindo desta maneira definir as faixas de variações dos tamanhos dos grãos dos agregados.

3.1.2.2 Materiais e equipamentos usados

Na preparação das argamassas e moldagem dos provetes utilizou-se o seguinte equipamento:

- Um misturador mecânico da marca Maurice PERRIER (tipo 32, nº 567),
- Compactador mecânico de marca Maurice PERRIER (tipo 3310, nº 371),
- Moldes prismáticos com as dimensões 16cmx4cmx4cm,
- Colher de pedreiro,
- Borracha,
- Uma barra metálica e,
- Duas provetas de 500 ml cada.

As argamassas foram compostas pelos seguintes materiais:

- Cimento Portland Composto tipo 32.5N (CEM II / B – L),
- *Filler* de calcário,
- Água corrente e,
- Areia local proveniente de Moamba, Rio Sabié.

Apresenta-se nas tabelas 1 e 2 as características da areia e cimento usados, e na tabela 3 as composições das argamassas.

Tabela 1: Caracterização granulométrica da areia (NP 1379-1976)

Peneiros (mm)	Peso retido (g)	% Retida	% R. acumulada	% Total que passa
4.75	1.10	0.31	0.31	99.65
2.36	14.70	4.21	4.52	95.14
1.18	142.80	40.90	45.42	54.54

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

0.60	152.80	43.76	89.18	10.78
0.30	31.20	8.93	98.11	1.85
0.15	5.30	1.51	99.62	0.34
0.075	1.20	0.34	99.96	0.00
Total	349.10	99.96	—	—

Tabela 2: Características do cimento usado na produção das argamassas (NP EN 196-3-1996)

Presa (H:min)	Início	03:20	Expansabilidade		
	Fim	05:57	Provete	Afastamento das agulhas (mm)	
Resíduo de peneiração (%)*		3.80	1	34.00	35.50
1ª Determinação (g)		1.80	2	19.00	21.50
2ª Determinação (g)		1.90	3	26.50	28.50
3ª Determinação (g)		1.90	Valor da expansibilidade (mm)		2.00
Média (g)		1.90			

* Toma de amostra: 50g

Tabela 3: Proporção dos materiais para a produção das argamassas.

Designação	Filler		Cimento (g)	Areia (g)	Água (ml)
	(%)	(g)			
Ar	0	0	450	1350	225
F10	10	45	405		
F20	20	90	360		
F25	25	112.5	337.5		
F30	30	135	315		

3.1.2.3 Procedimento

O presente processo de produção da argamassa foi realizado de acordo com a NM NP EN 196-1:2000.

Inicialmente pesou-se areia, cimento e *filler* de calcário nas proporções definidas na tabela 3 de seguida introduziu-se ambos os materiais na panela do misturado e adicionou-se água

corrente. E ligou-se o misturador apresentado na figura 4 (a), e misturou-se os materiais por 3 minutos em duas etapas.

Na primeira etapa (etapa lenta) misturou-se os materiais por 1 minuto onde a pá do misturador fazia 140 ± 5 rpm, e na segunda etapa (etapa rápida) misturou-se os materiais por 2 minutos nesta etapa a pá do misturador fazia 285 ± 10 rpm.

Após a amassadura seguiu-se para a moldagem dos corpos de prova, onde primeiro montou-se o molde no compactador figura 4 (b). A moldagem fazia-se em duas etapas, na primeira etapa enchia-se o molde até meia altura, compactou-se com 60 pancadas. Na segunda etapa enchia-se por completo e voltava-se a compactar com igual número de pancadas da primeira etapa.

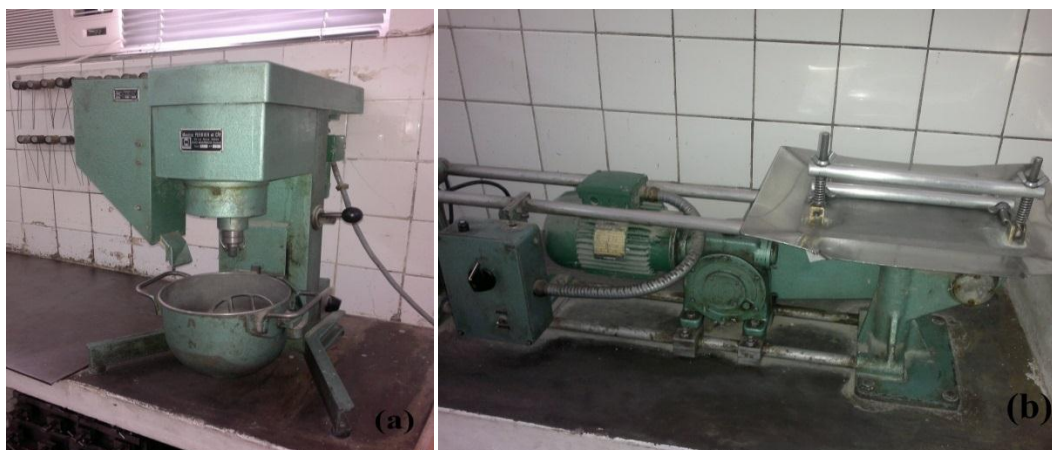


Figura 4: Misturador mecânico (a) e compactador mecânico (b)

Depois deixou-se a argamassa no molde por 24 h em câmara húmida, figura 5 (a). Desmoldou-se os provetes levados a cura em água corrente em tanques, figura 5 (b) e tirava-se nos respectivos dias marcados para realização dos ensaios tecnológicos.



Figura 5: Molde com argamassa na câmara húmida (a) e Provetes em cura na água (b).

Para cada proporção foram feitas 9 provetes que correspondem a 3 amassaduras inclusive para a argamassa de referência e submetidas à cura por 7, 14 e 28 dias, como ilustrado na figura 5.

3.2 Ensaios tecnológicos

3.2.1 Resistência à flexão

Este ensaio tem como objectivo determinar a carga máxima de rotura por flexão. Os provetes na forma de prismas são sujeitos a uma carga que actua no centro de dois apoios. A carga é aplicada de forma gradual e a velocidade constante. Na figura 6 esta patente a prensa usada para realização do ensaio. O valor da carga deflexional é calculada pela expressão seguinte:

$$\delta_F = 0.001148 * F \quad (1)$$

Onde:

δ_F - a resistência a flexão [MPa]

F - a carga aplicada [N]



Figura 6: Prensa usada para o ensaio da resistência à flexão

Nas tabelas 4, 5 e 6 são apresentados os resultados do ensaio à flexão, de notar que nas tabelas abaixo são apresentados as médias dos resultados obtidos.

Tabela 4: Resultados do ensaio à flexão das argamassas com fillers de Magude

Filler	MG1			MG2			MG3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	5.22±0.49	0.20	3.77	5.34±0.14	0.06	1.03	4.39±1.09	0.44	9.97
F20	4.93±0.75	0.30	6.11	4.84±0.81	0.32	6.70	3.8±0.38	0.15	3.98
F25	4.25±0.54	0.21	5.13	4.46±0.32	0.13	2.92	3.63±0.59	0.24	6.56
F30	4.08±0.66	0.26	6.48	4.15±0.23	0.09	2.24	3.35±0.51	0.21	6.17
Idade	28 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	5.64±1.39	0.56	9.94	6.23±0.58	0.24	3.77	5.48±0.77	0.31	5.69
F20	5.50±1.84	0.74	13.45	5.80±0.60	0.24	4.19	5.01±0.65	0.26	5.25
F25	4.95±1.21	0.49	9.85	5.31±0.31	0.12	2.35	4.92±0.17	0.07	1.42
F30	4.45±0.46	0.18	4.15	4.35±0.31	0.12	2.87	4.25±1.17	0.47	11.07

X - média; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

Tabela 5: Resultados do ensaio à flexão das argamassas com fillers de Salamanga.

Filler	SL1			SL2			SL3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	4.79±1.54	0.62	12.96	5.42±0.35	0.14	2.61	4.84±0.66	0.27	5.50
F20	4.21±0.29	0.12	2.78	4.64±0.56	0.23	4.90	4.25±0.81	0.33	7.69
F25	4.03±0.48	0.20	4.84	4.53±0.19	0.08	1.66	3.55±0.35	0.14	3.95
F30	3.55±0.36	0.14	4.06	3.80±0.62	0.25	6.49	3.80±0.25	0.10	2.63
Idade	28 dias								

Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	6.62±0.85	0.34	5.20	6.64±0.76	0.31	4.63	5.92±1.32	0.53	8.97
F20	5.50±0.12	0.05	0.90	6.02±0.65	0.26	4.34	5.35±0.26	0.10	1.95
F25	5.15±0.69	0.28	5.41	5.76±1.14	0.46	7.97	4.23±0.18	0.07	1.70
F30	4.81±1.27	0.51	10.60	4.93±0.66	0.27	5.38	4.14±0.98	0.40	9.56

X - média; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

Tabela 6: Resultados do ensaio à flexão das argamassas com fillers de Massinga

Filler	MS1			MS2			MS3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	5.80±0.42	0.17	2.93	4.67±0.68	0.27	5.83	4.67±0.68	0.27	5.83
F20	5.19±0.46	0.19	3.58	3.54±0.23	0.09	2.62	3.52±0.44	0.18	5.05
F25	4.77±0.57	0.23	4.83	2.90±0.26	0.11	3.63	3.35±0.80	0.32	9.67
F30	4.05±0.42	0.17	4.21	2.47±0.16	0.07	2.63	3.41±0.79	0.32	9.32
Idade	28 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	6.47±0.98	0.40	6.12	5.52±1.18	0.47	8.60	5.98±0.57	0.23	3.86
F20	5.07±0.59	0.24	4.70	5.11±0.88	0.36	6.95	5.09±0.55	0.22	4.36
F25	4.52±0.91	0.37	8.08	4.52±0.34	0.14	3.02	4.94±1.15	0.46	9.38
F30	4.46±0.29	0.12	2.60	3.95±0.28	0.11	2.88	4.57±0.71	0.29	6.26

X - média; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

A tabela 7 apresenta os resultados à flexão da argamassa de referência

Tabela 7: Resultados do ensaio à flexão da argamassa de referência.

Argamassa de referência						
Idade	7 dias			28 dias		
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
Ar	5.21±0.85	0.34	6.60	6.37±0.74	0.30	4.66

X - média; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

3.2.2 Resistência à compressão

Este ensaio tem como propósito testar a carga máxima suportada pelos provetes até a sua rotura. Na figura 7 esta patente a prensa usada para o ensaio da compressão. O valor da resistência à compressão é dado pela seguinte expressão:

$$\delta_c = 0.000625 * F \quad (2)$$

Onde:

δ_c - resistência à compressão [MPa]

F - a carga aplicada [N]



Figura 7: Prensa usada para o ensaio da resistência à compressão

Nas tabelas 8, 9, 10 e 11 são apresentados os resultados do ensaio à compressão, de notar que nas tabelas abaixo são apresentados as médias dos resultados obtidos.

Tabela 8: Resultados do ensaio à compressão das argamassas com fillers de Magude.

Filler	MG1			MG2			MG3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	17.58±1.46	1.40	7.94	18.63±2.80	2.67	14.31	17.10±2.42	2.31	13.49
F20	16.45±1.25	1.19	7.22	15.10±1.96	1.87	12.35	13.70±0.88	0.84	6.10
F25	14.85±0.99	0.94	6.32	13.92±1.11	1.06	7.63	14.45±0.64	0.61	4.18
F30	14.33±0.41	0.39	2.71	12.98±1.93	1.84	14.15	12.85±0.81	0.77	6.03
Idade	28 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	32.76±0.78	0.74	2.27	32.54±1.63	1.55	4.76	32.66±6.91	6.58	20.16
F20	32.48±1.52	1.45	4.45	31.90±2.79	2.66	8.33	31.58±0.99	0.95	3.00
F25	31.94±1.29	1.23	3.85	31.38±0.92	0.88	2.80	29.90±0.60	0.57	1.91
F30	30.80±1.68	1.60	5.20	26.78±2.67	2.55	9.52	27.42±1.54	1.46	5.34

X - média; Σ – erro; S – desvio padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

Tabela 9: Resultados do ensaio à compressão das argamassas com fillers de Salamanga.

Filler	SL1			SL2			SL3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	16.83±1.25	1.19	20.53±2.35	2.24	10.90	1.03	18.38±1.67	1.59	8.65
F20	16.48±0.25	0.24	18.95±0.39	0.38	1.98	6.70	18.13±1.30	1.23	6.81
F25	13.65±0.58	0.49	18.85±1.01	0.97	5.12	2.92	14.70±0.79	0.75	5.12

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

F30	13.05±0.53	0.51	14.93±1.01	0.97	6.47	2.24	15.15±0.28	0.27	1.77
Idade	28 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	32.23±1.24	1.18	32.74±0.95	0.91	2.78	3.77	32.68±1.97	1.88	5.75
F20	32.48±1.52	1.45	32.50±1.01	0.96	2.95	4.19	32.32±1.51	1.44	4.45
F25	31.58±0.99	0.95	31.58±0.99	0.95	3.00	2.35	30.74±1.06	1.01	3.30
F30	30.80±1.68	1.60	31.32±1.51	1.44	4.60	2.87	29.76±0.91	0.87	2.92

X - media; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

Tabela 10: Resultados do ensaio à compressão das argamassas com fillers de Massinga

Filler	MS1			MS2			MS3		
Idade	7 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	20.08±1.47	1.40	6.98	17.15±0.96	0.92	5.35	18.08±1.59	1.51	8.38
F20	17.23±0.78	0.74	4.32	14.53±0.27	0.26	1.78	13.88±0.50	0.47	3.40
F25	16.35±1.17	1.11	6.82	12.89±1.13	1.08	8.37	12.50±1.01	0.96	7.69
F30	13.80±1.36	1.30	9.40	10.80±0.53	0.50	4.65	12.18±0.54	0.51	4.23
Idade	28 dias								
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
F10	33.46±0.59	0.56	1.69	32.18±2.44	2.32	7.22	32.74±0.95	0.91	2.78
F20	32.56±0.58	0.56	1.71	30.88±1.70	1.62	5.25	32.54±1.71	1.64	5.03
F25	32.42±1.21	1.15	3.55	27.74±2.14	2.04	7.35	34.39±4.67	4.45	12.93
F30	30.42±0.92	0.88	2.90	23.20±1.22	1.17	5.02	32.66±6.91	6.58	20.16

X - media; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

Tabela 11: Resultados do ensaio à compressão da argamassa de referência.

	Argamassa de referência					
Idade	7 dias			28 dias		
Mistura	X±Σ	S	Cv(%)	X±Σ	S	Cv(%)
Ar	22.03±1.06	1.01	4.61	32.73±2.06	1.96	5.99

X - media; Σ – erro; S – desviou padrão; Cv(%) – coeficiente de variação.

3.2.3 Absorção de água

Este ensaio serve para determinar a permeabilidade através da imersão em água dos provetes em condições específicas. A permeabilidade está directamente ligada ao poder absorvente dos materiais. Este ensaio de acordo com o nível de absorção da água diz nos o quanto permeável é o nosso material.

O valor da absorção de água é dado em forma de percentagem (%) e é calculado pela seguinte expressão matemática:

$$\%A.A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

% A.A. – Percentagem de absorção de água

M_{sat} - é a massa do corpo de prova saturado

M_s - é a massa do corpo de prova seco em estufa

As tabelas 12 e 13 apresentam os resultados da absorção da água das argamassas com *fillers* e argamassa sem substituição respectivamente.

Tabela 12: Resultados da absorção da água das argamassas com *fillers* das minas de Magude, Salamanga e Massinga.

Absorção de água (%)									
Filler	MG1			MG2			MG3		
Idade(dias)	7	14	28	7	14	28	7	14	28
F10	5.04	5.99	3.73	5.68	5.93	3.52	5.85	4.92	8.83
F20	5.65	6.39	4.00	5.70	6.09	3.62	6.52	5.24	9.13
F25	5.35	6.37	4.04	5.97	6.26	3.87	6.71	5.63	9.49
F30	5.44	6.73	4.43	6.63	6.75	4.16	6.85	5.95	9.47
Filler	SL1			SL2			SL3		
F10	5.59	5.11	3.44	5.31	5.31	4.02	5.34	5.82	3.56
F20	5.72	5.36	4.03	5.45	5.50	4.17	5.96	6.34	3.71
F25	6.04	5.50	4.10	5.64	5.66	4.22	6.05	6.52	4.01
F30	6.28	5.90	4.23	6.23	6.07	4.55	6.41	6.56	4.32
Filler	MS1			MS2			MS3		
F10	6.45	4.96	5.02	6.56	4.99	5.27	6.76	5.12	5.28
F20	6.62	5.20	5.27	6.74	4.98	5.29	6.64	5.29	5.40
F25	6.82	5.47	5.89	7.11	5.35	5.71	7.19	5.42	5.65
F30	7.25	5.68	5.99	7.12	5.53	5.90	7.25	5.66	5.81

Tabela 13: Resultados do ensaio de absorção de água da argamassa de referência

Argamassa de referência			
Idade	7dias	14dias	28dias
Mistura	Ab.(%)	Ab.(%)	Ab.(%)
Ar	5.33	4.98	3.44

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das tensões (F/A) de resistência apresentados nos gráficos são valores médios de 3 e 6 determinações para os ensaios de resistência à flexão e à compressão respectivamente, por mistura em cada idade de cura.

4.1 Resultados dos fillers de Magude

4.1.1 Resistência à flexão das argamassas com fillers de calcário de Magude

Os resultados na figura 8 mostram que as misturas F10 é que apresenta valores resistência próximos aos da mistura de referência. Mas aos 28 dias o valor é não esta assim muito próximo.

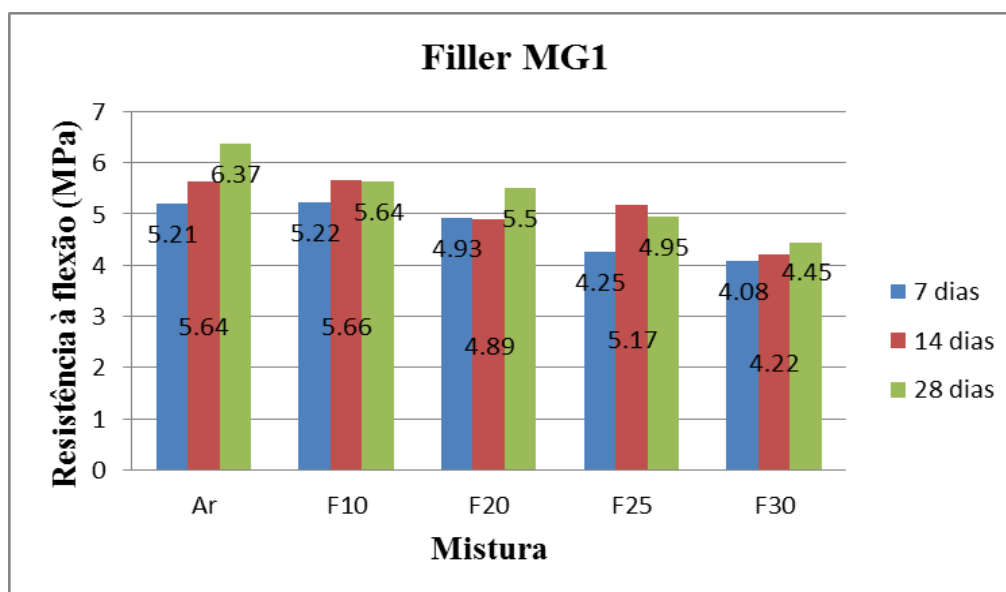


Figura 8: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* MG1.

Na figura 9 é notável que a mistura F10 apresenta resultados ligeiramente superiores aos da mistura de referência, a misturas F20 apresenta valor de resistência próximo do valor da mistura de referência aos 28 dias de cura.

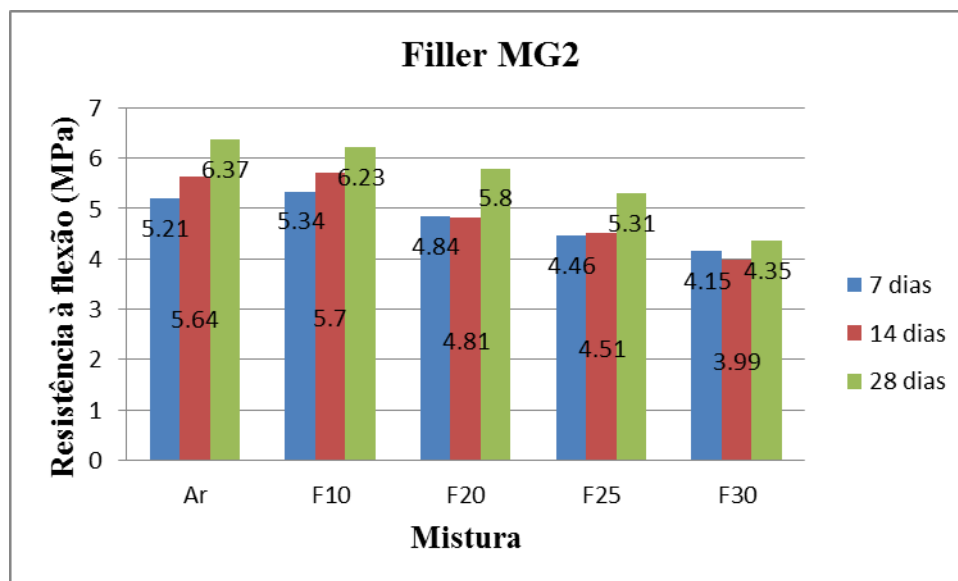


Figura 9: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* MG2.

A figura 10 mostra que a mistura F10 é que apresenta valor próximo aos valores da mistura de referência em todas idades.

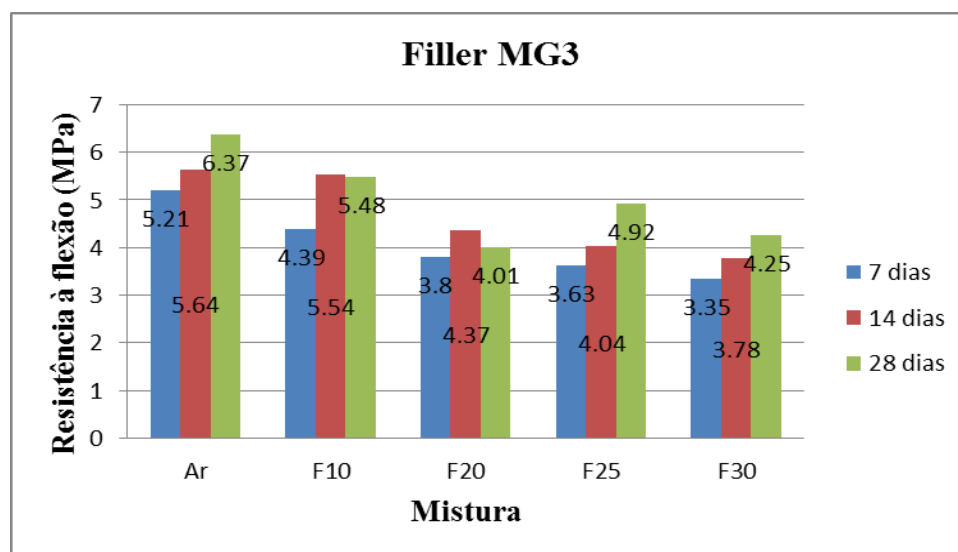


Figura 10: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* MG3

De alguma forma as argamassas com *fillers* MG2 apresentaram-se com melhores resultados num contexto geral se comparadas as argamassas com os outros dois *fillers* MG1 e MG2.

4.1.2 Resistência a compressão das argamassas com fillers de calcários de Magude

Na figura 11 esta patente que todas as misturas alcançaram valores de resistência próximos aos da mistura de referência e só a mistura F10 conseguiu valor muito próximo aos 14 dias de cura.

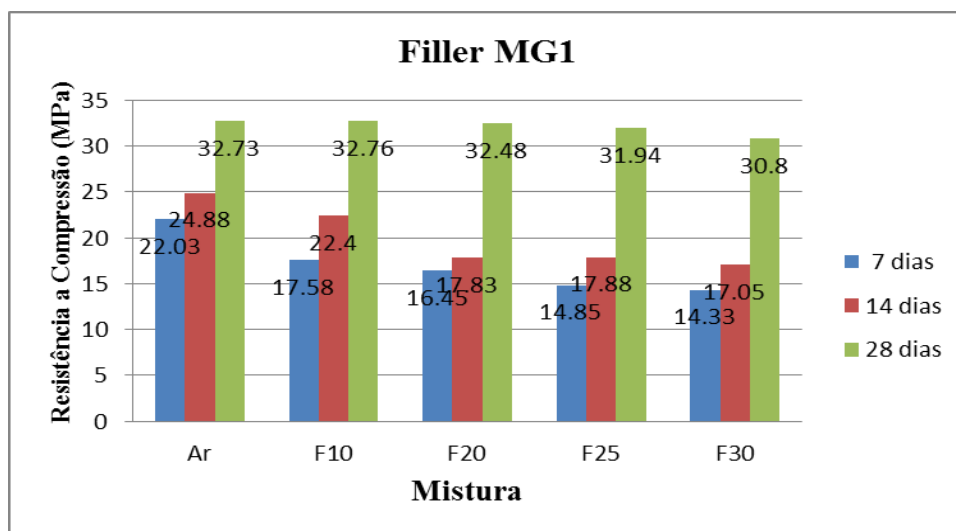


Figura 11: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* MG1

A figura 12 pode observar-se que só a mistura F30 não consegue atingir um valor bem próximos ao valor da mistura de referência aos 28 dias de cura.

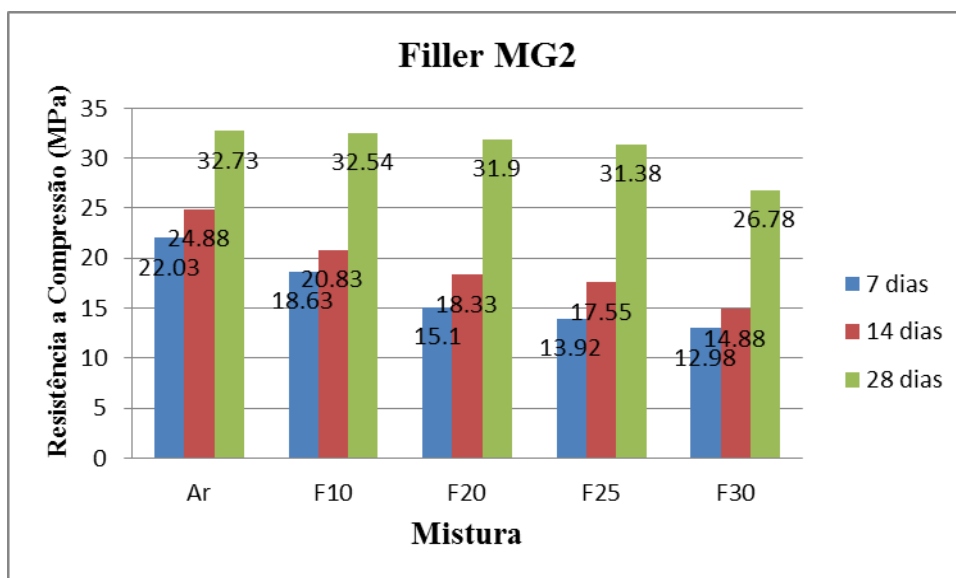


Figura 12: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* MG2.

Na figura 13 observamos praticamente comportamento similar ao observado na figura 12, sendo a mistura F30 que não apresenta valor próximo ao da mistura de referência aos 28 dias.

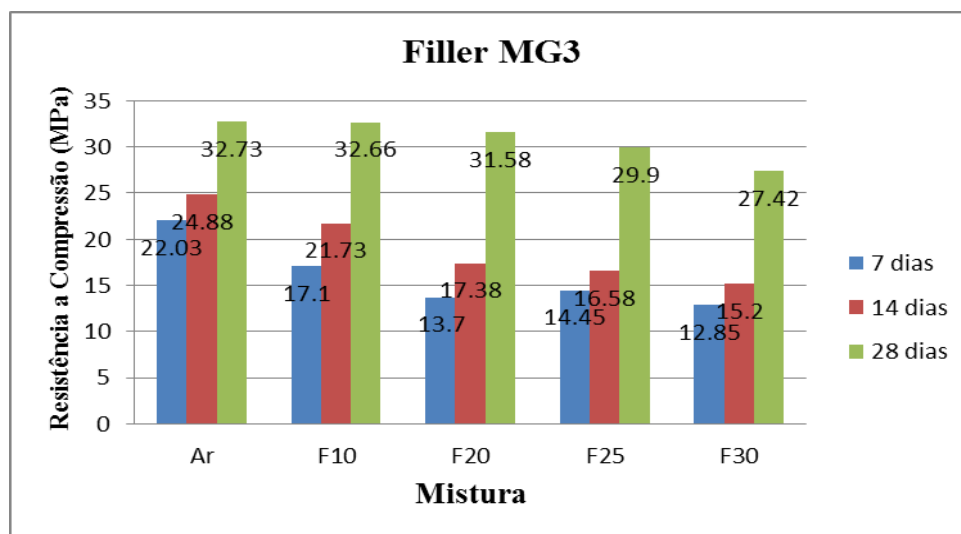


Figura 13: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* MG3.

Se comparados os resultados das argamassas do *filler* MG1 apresentam-se com melhores resultados se comparados as argamassas dos outros dois *fillers*, o que pressupõem que este tem melhor efeito de preenchimento em relação aos outros.

Os resultados observados nas figuras 11, 12 e 13 são satisfatórios, uma vez que as misturas F10 e F20 apresentam valores mínimos requeridos pela NP EN 197-1:2001 que são maiores ou iguais a 16MPa e maiores ou iguais a 32.5MPa aos 7 e 28 dias de cura respectivamente.

4.1.3 Absorção de água argamassa com *fillers* de calcário de Magude

Na figura 14 esta patente que há um aumento da absorção da água com o da substituição, mas também é visível que tal aumento é mais notório aos 14 dias de cura para todas substituições e reduz de forma significativa até aos 28 dias de cura, sendo que a mistura F10 apresenta valor próximo da argamassa de referência.

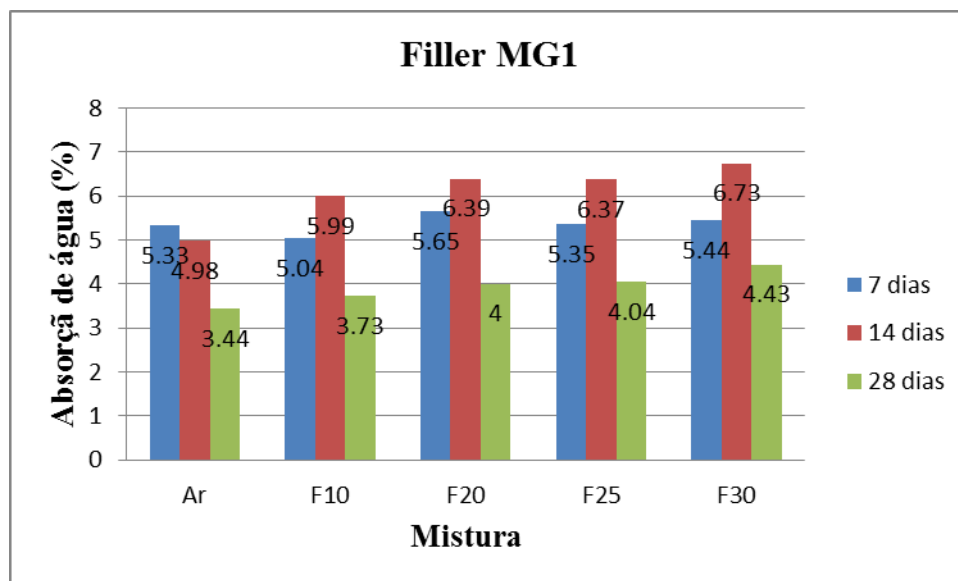


Figura 14: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* MG1

Como na figura anterior, na figura 15 verifica-se mesma situação de aumento da absorção com o aumento da substituinte, atingindo o valor máximo na mistura F30. Mas com o passar do tempo tal efeito reduz de maneira que aos 28 dias de cura todas as misturas apresentam valores praticamente próximos aos das argamassas de referência.

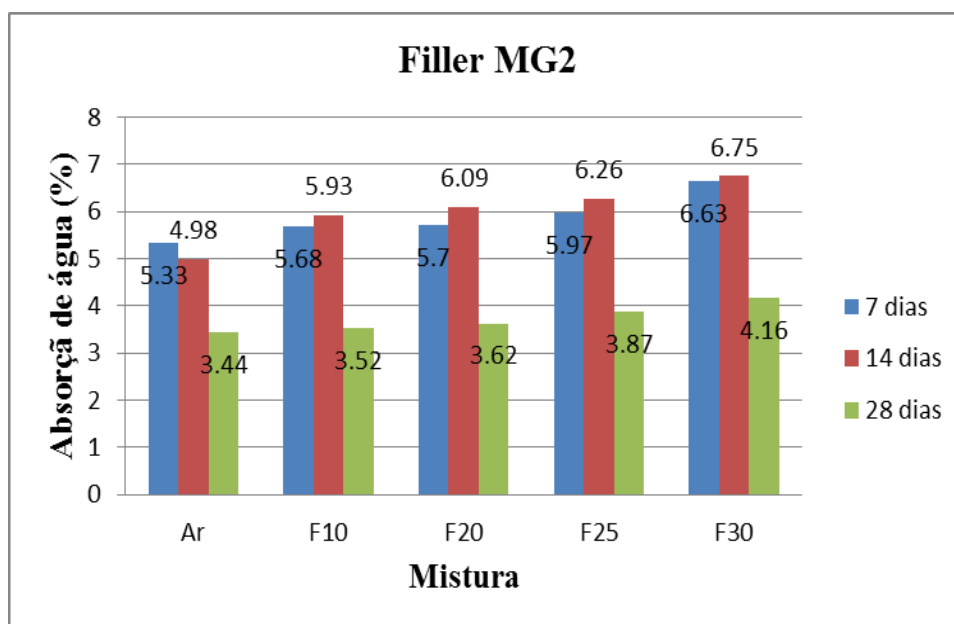


Figura 15: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* MG2.

A figura 16 mostra um efeito inverso ao observado nas outras duas figuras anteriores 15 e 14, pois, em vez de reduzir a absorção da água aumenta atingindo valores muito elevados em relação aos observados para argamassa de referência.

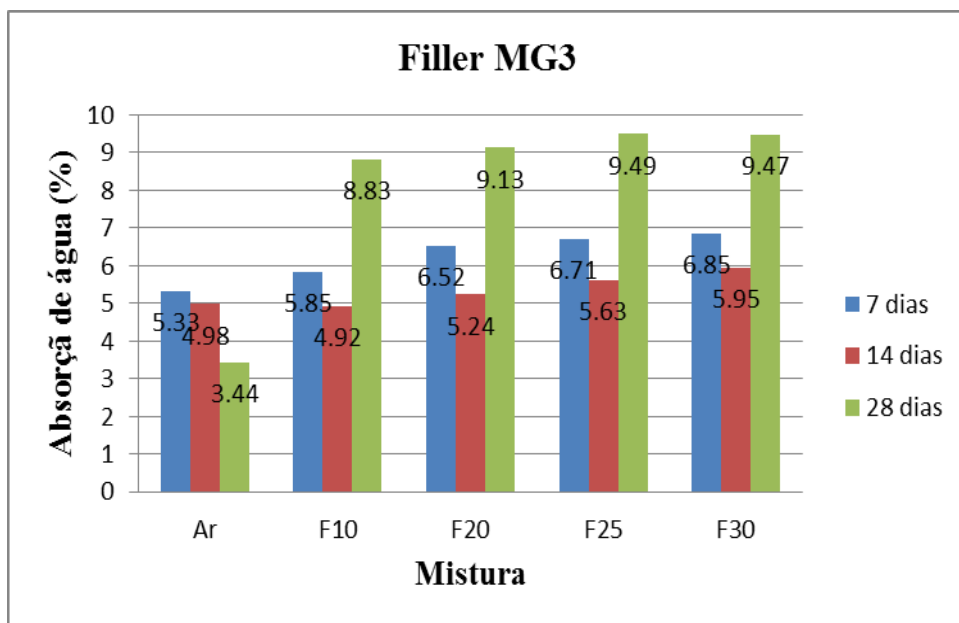


Figura 16: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* MG3.

Fazendo uma análise em função do poder de absorção observa-se que as argamassas de *filler* MG2 apresentam melhores resultados, isto é, apresenta menores valores de absorção o que quer dizer que ele apresenta um melhor efeito de preenchimento dos espaços vazios entre os grãos melhor que os outros dois *fillers*.

4.2 Resultados dos *fillers* de Salamanga

4.2.1 Resistência à flexão das argamassas com *fillers* de calcário de Salamanga

Na figura 17 podemos observar que as misturas F10, F20 e F25 é que alcançaram valores próximos dos valores da argamassa de referência aos 28 dias de cura. Mas só a mistura F30 não apresenta valores próximos da mistura de referência em todas idades de cura.

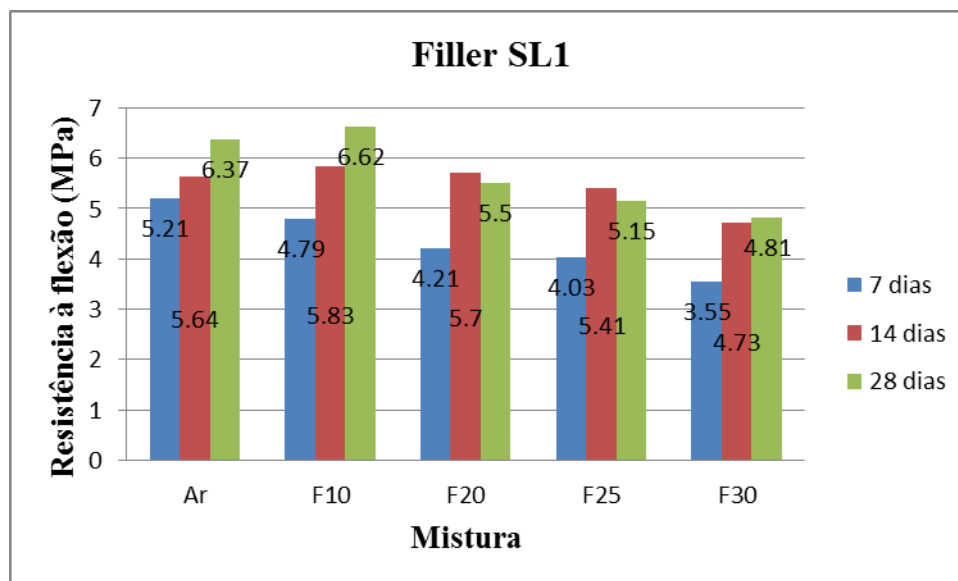


Figura 17: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* SL1.

Na figura 18 como na figura acima é notável que só amistura F30 não atinge valores próximos da argamassa de referência em todas idades cura.

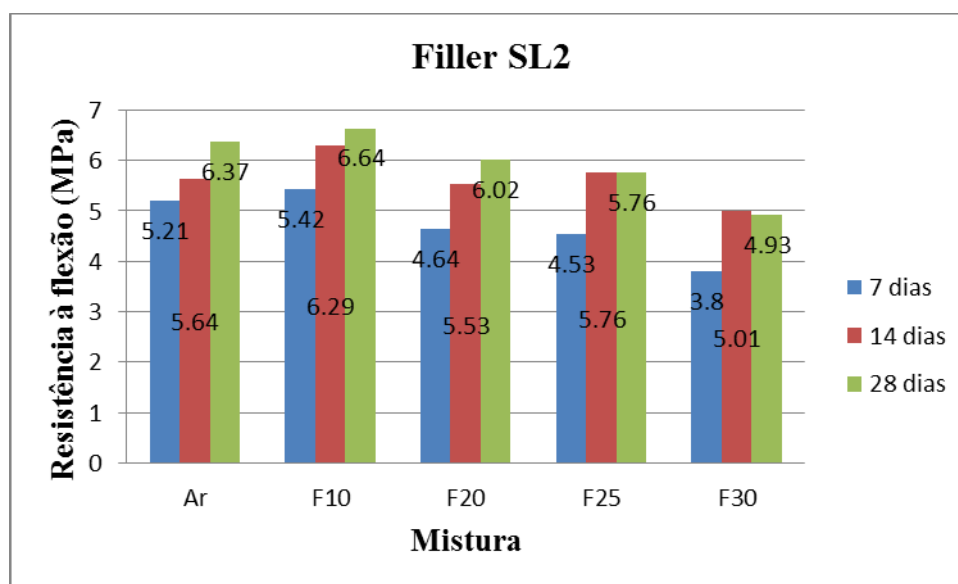


Figura 18: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* SL2.

Na figura 19 observa-se que as misturas F10 e F20 alcançaram valores da argamassa de referência aos 14 e 28 dias de cura, e a mistura F20 apresenta valores próximos aos 7 e 28 dias.

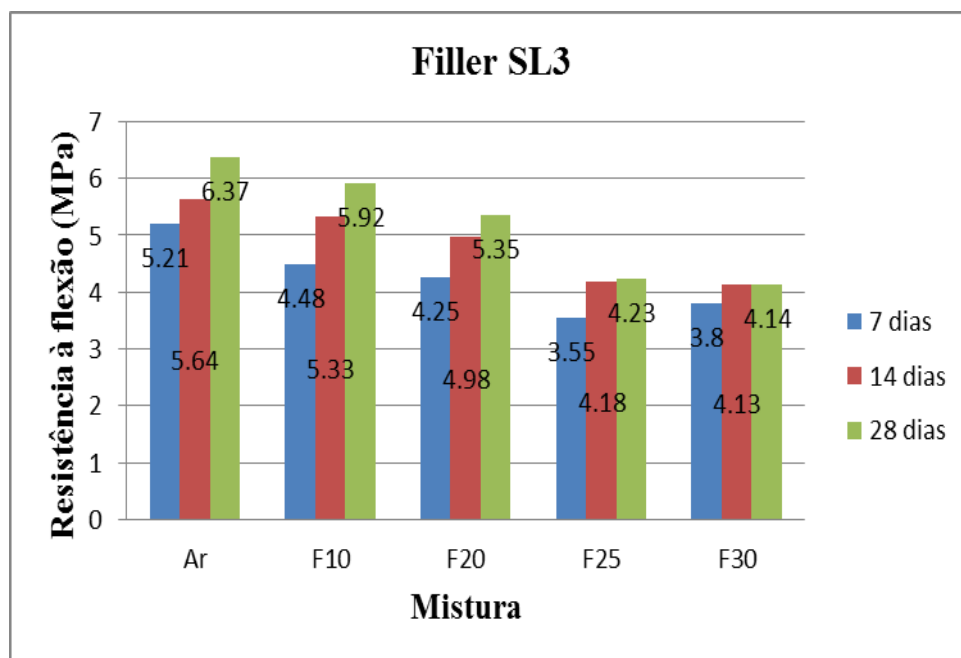


Figura 19: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* SL3.

Observado os resultados obtidos nota-se que as argamassas de com *filler* SL2 apresentam-se com melhores valores de resistência em relação as feitas com *fillers* SL1 e SL3. O que é indicativo que elas tem um efeito de preenchimento mais assentado em relação aos outros *fillers*.

4.2.2 Resistência à compressão de argamassas com *fillers* de calcário de Salamanga

Na figura 20 esta patente que todas as misturas atingiram valores bem próximos aos da argamassa de referência aos 28 dias de cura e a mistura F10 alcançou o valor próximo aos 14 dias também.

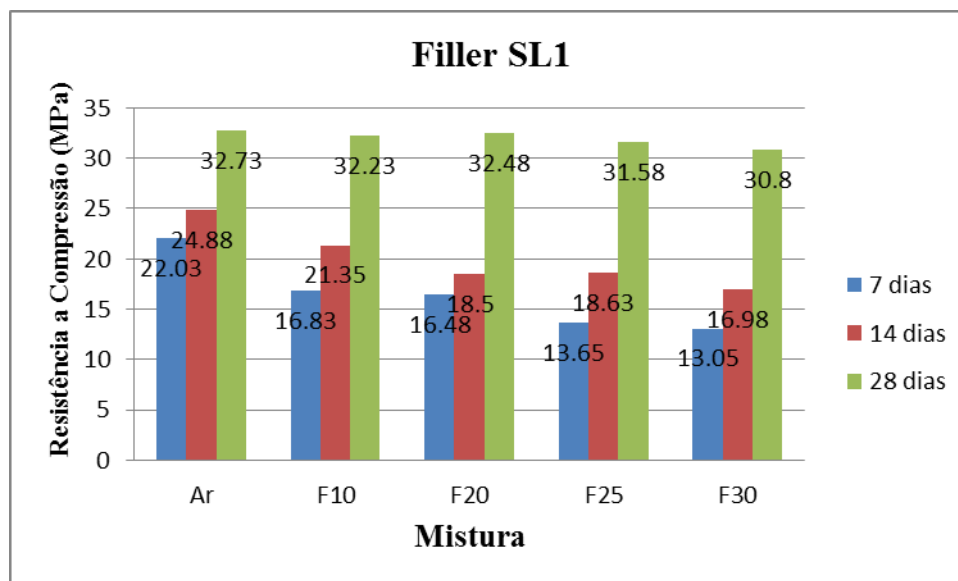


Figura 20: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* SL1.

Na figura 21 como na figura anterior todas misturastem valores bem próximos aos da argamassa de referência 28 dias de cura e a mistura F10 apresenta valore próximo também aos 7 e 14 dias.

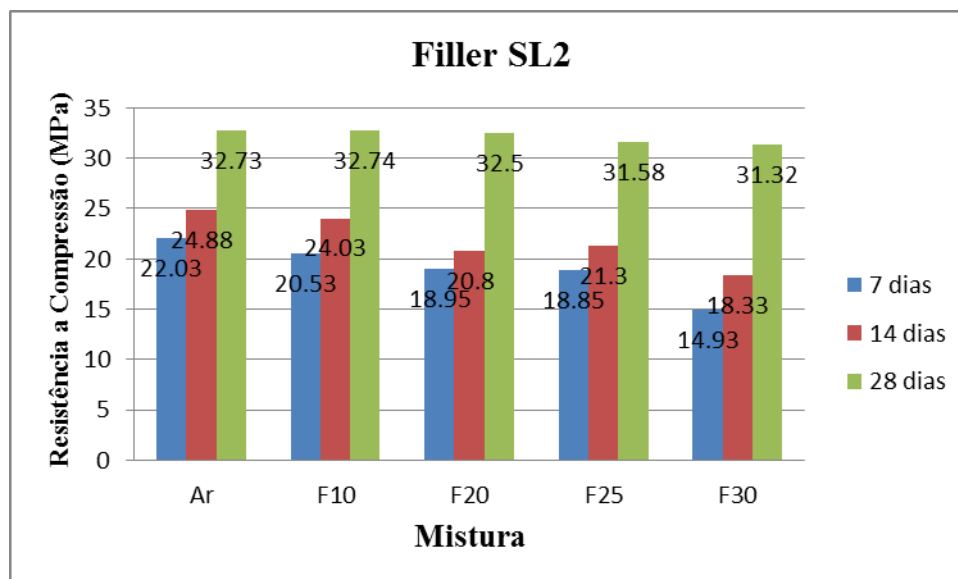


Figura 21: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* SL2.

A figura 22 mostra que as misturas F10, F20 e F25 atingiram valores bem próximos aos da argamassa de referência aos 28 dias e a mistura F10 atingiu valor próximo da argamassa de referência.

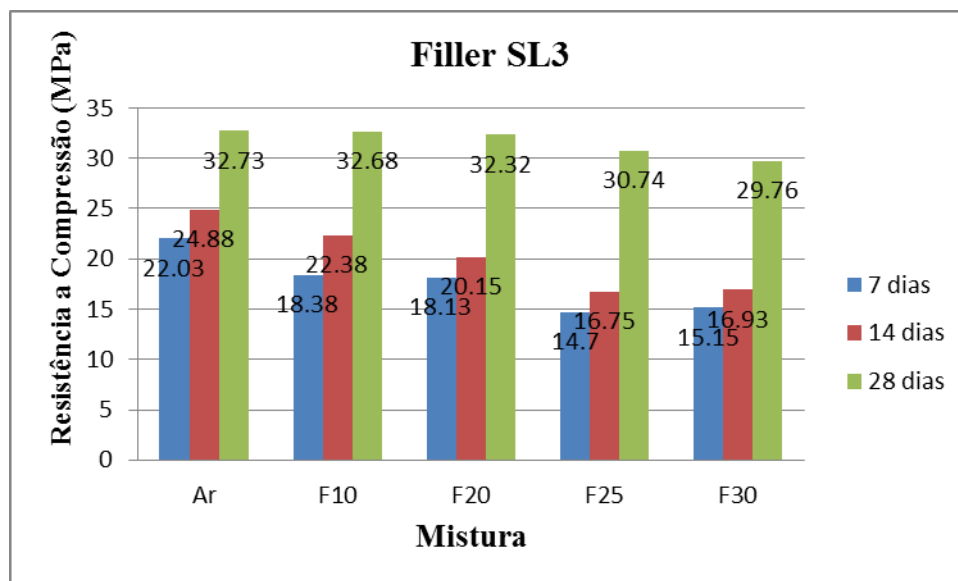


Figura 22: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* SL3.

Quando comparados os resultados das argamassas com substituições, as que tem o *filler* SL2 apresentam-se com melhores valores de resistência o que pressupõem que este *filler* apresenta melhor efeito de empacotamento da mistura.

Em todo caso os resultados obtidos nas figuras 20, 21 e 22 são satisfatórios uma vez que as misturas F10 e F20 apresentam valores mínimos requeridos pela NP EN 197-1:2001 que são maiores ou iguais a 16MPa e maiores ou iguais a 32.5MPa aos 7 e 28 dias de cura respectivamente. A figura 22 apresenta uma exceção na mistura F25 que também satisfaz os requisitos acima supracitados.

4.2.3 Absorção de água argamassa com *fillers* de calcário de Salamanga

A figura 23 mostra que há um ligeiro aumento da absorção com o aumento da substituição, mas tal aumento vai reduzindo-se com o passar do tempo. É notável que só a mistura F10 teve o valor de absorção bem próximo ao da argamassa de referência aos 28 dias de cura e as outras apresentaram valores ligeiramente altos.

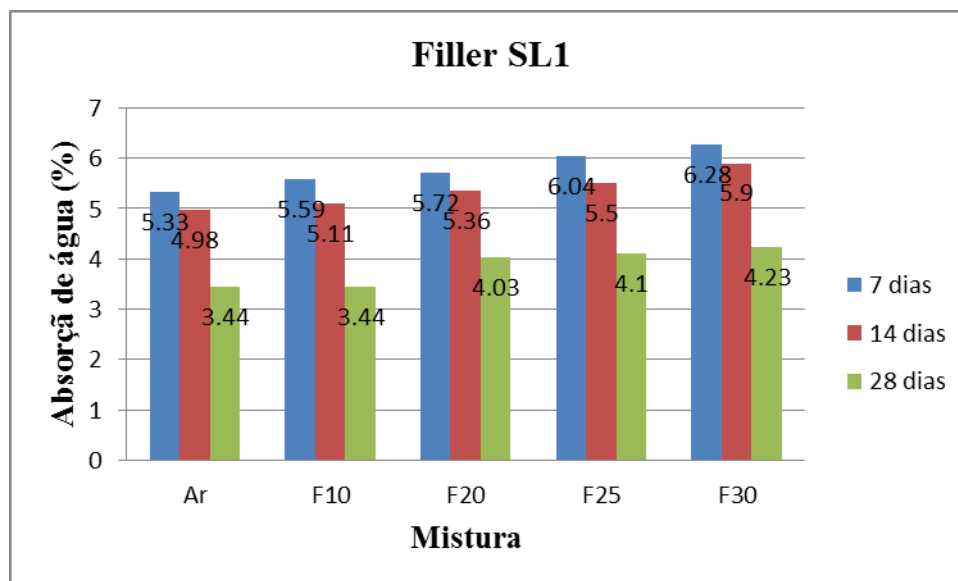


Figura 23: Variação da porosidade com a substituição do ligante por *filler* SL1.

Na figura 24 como na figura anterior observa-se tal aumento da absorção com o aumento da substituição e todas as misturas apresentam valores ligeiramente altos em relação a argamassas de referência em todas as idades de cura, mas com valores próximos aos 28 dias.

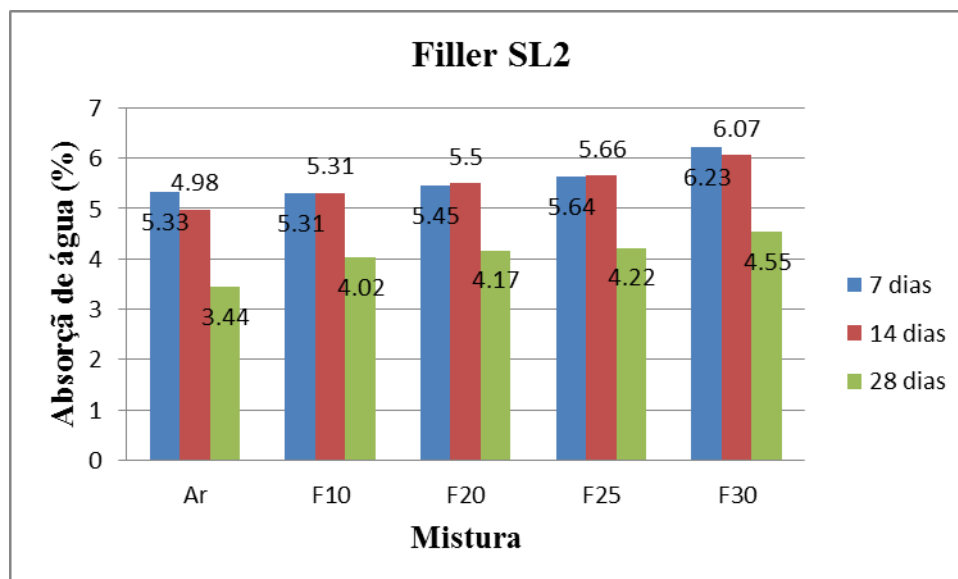


Figura 24: Variação da porosidade com a substituição do ligante por *filler* SL2.

Na figura 25 observa-se o já visto nas duas figuras anteriores mas nesta um pouco acentuada a absorção, mas de toda forma reduz com a idade de cura como pode ser visto aos 28 dias de curas. As misturas F10 e F20 apresentam os valores mais baixos, próximos ao valor do argamassa de referência.

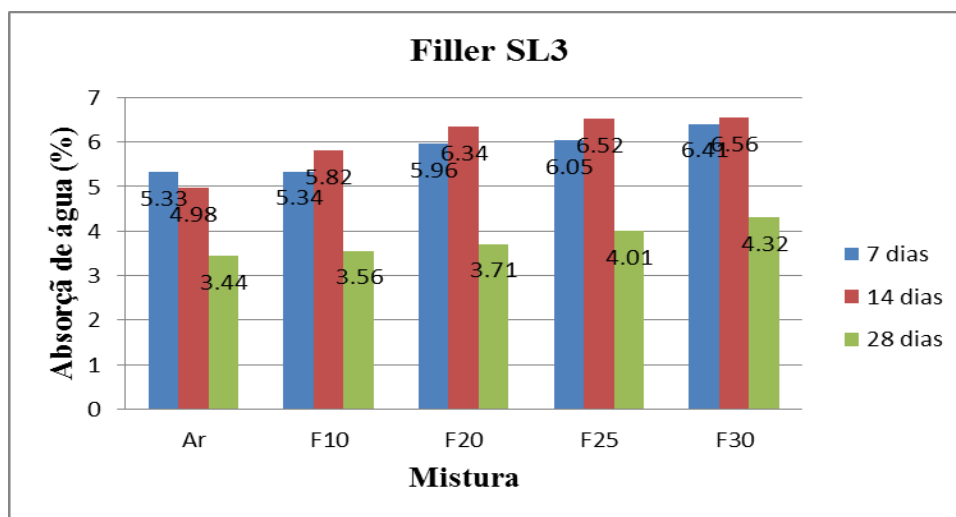


Figura 25: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* SL3.

Olhando para os resultados de todas as figuras 23, 24 e 25 podemos ver que os resultados da figura 25 mostram-se mais baixos se comparados aos das duas anteriores figuras. O que sugere que as argamassas com *filler* SL3 tem menores valores de absorção.

4.3 Resultados dos *fillers* de Massinga

4.3.1 Resistência à flexão das argamassas com *fillers* de calcário de Massinga

Na figura 26 podemos observar que só a mistura F10 obteve valores próximos aos da mistura de referência em todas idades de cura.

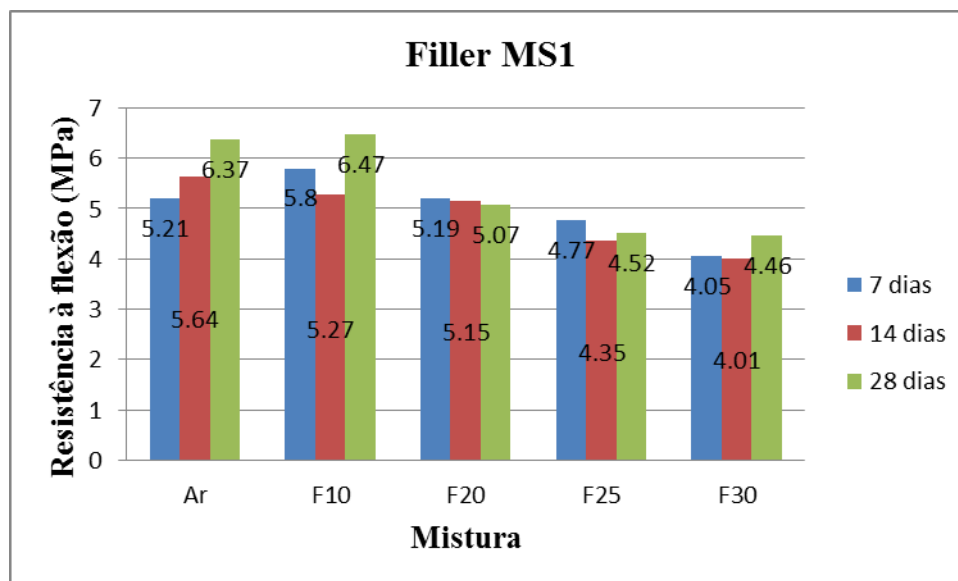


Figura 26: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* MS1.

Na figura 27 nenhuma das misturas apresenta resultados próximos aos da mistura de referência, so a mistura F10 mostra valores com certa proximidade em todas idades de cura e mistura F20 mostra comportamento similar aos 28 dias de cura.

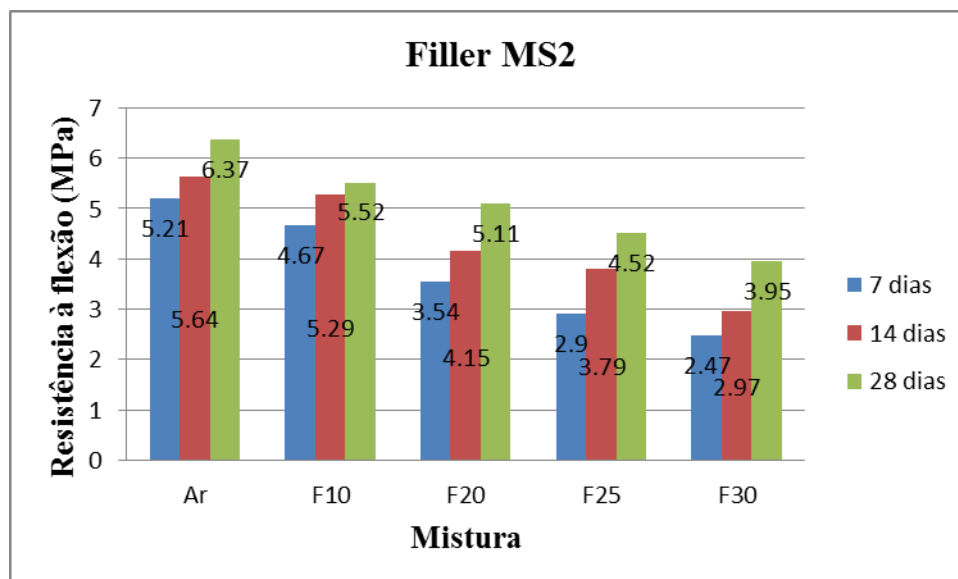


Figura 27: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por *filler* MS2.

A figura 28 de um modo geral apresenta um caso similar ao observado na figura 27, onde a mistura F10 tem resultados próximos aos da mistura de referência, e com a mistura F20 aos 28 dias de cura a mostrar tal tendência.

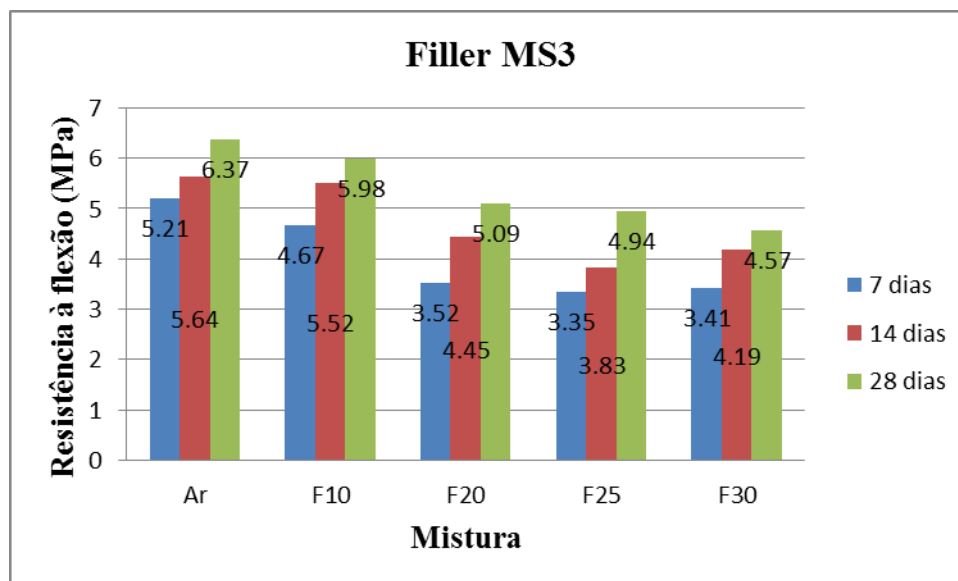


Figura 28: Variação da resistência à flexão com a substituição do ligante por filler MS3.

Se comparados os resultados nas três figuras, isto é, figura 26, 27 e 28 exceptuando os da mistura de referência podemos observar que as argamassas do *filler* MS1 apresenta melhores resultados.

4.3.2 Resistência à compressão das argamassas com *fillers* de calcário de Massinga

Na figura 29 podemos ver que as misturas F10, F20 e F25 apresentam ambos valores bem próximos aos da mistura de referência aos 28 dias de cura, enquanto que a mistura F10 apresenta valores próximos aos 7 e 14 dias de cura e a mistura F20 so aos 14 dias de cura.

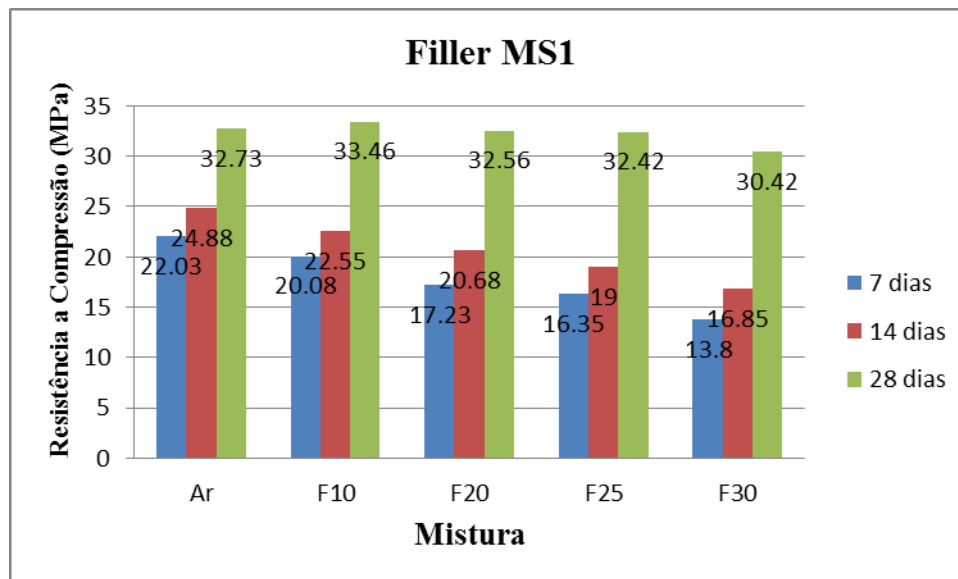


Figura 29: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler MS1*.

Na figura 30 as mistura F10 e F20 apresentam valores bem próximos aos da mistura de referência aos 28 dias de cura. Mas nas outras idades nenhuma das misturas atingiu valores próximos da mistura referência.

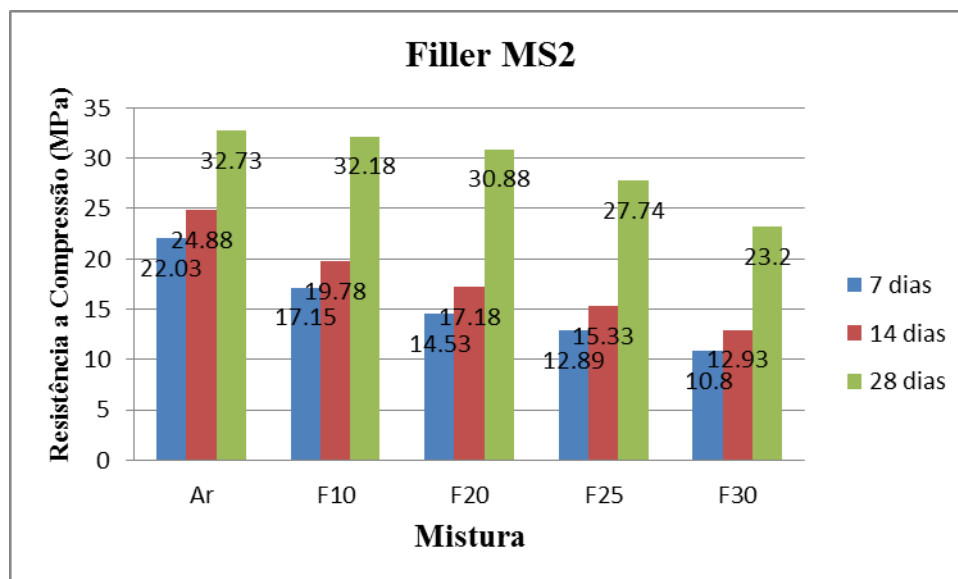


Figura 30: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler MS2*.

Na figura 31 todas as misturas F10, F20, F25 e F30 atingiram resultados bem próximos aos da mistura de referência aos 28 dias de cura, mas só a mistura F10 alcançou valor próximo das duas primeiras idades de cura.

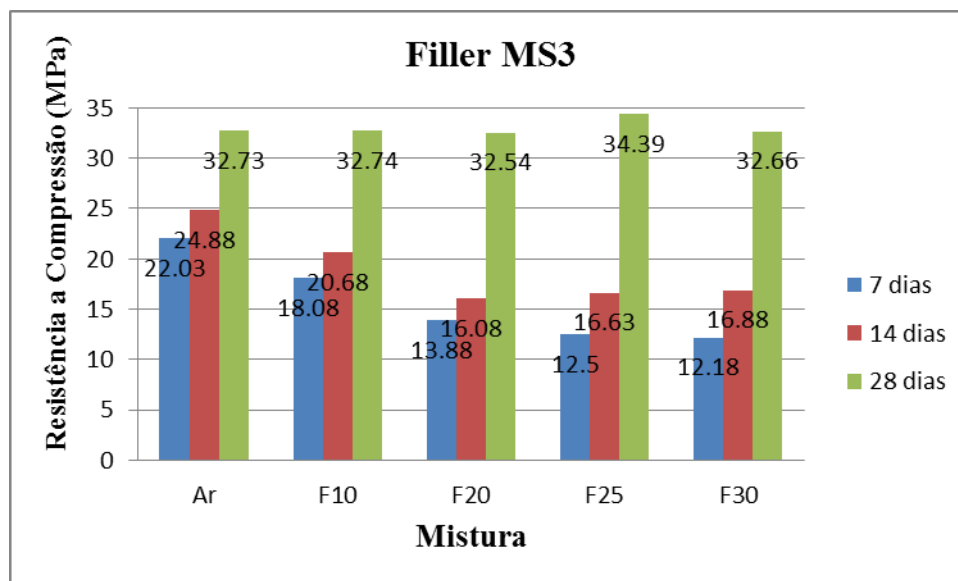


Figura 31: Variação da resistência com a substituição do ligante por *filler* MS3.

Comparando-se os resultados obtidos nas três figuras é visível que as argamassas com o *filler* MS1 apresentam melhores resultados, o que também foi observado na resistência à flexão por isso poder-se assumir que este *filler* é o mais adequado para ser usado como substituinte em relação aos outros.

Em todo caso os resultados obtidos nas figuras 29, 30 e 31 são satisfatórios uma vez que as misturas F10 e F20 apresentam valores mínimos requeridos pela NP EN 197-1:2001 que são maiores ou iguais a 16MPa e maiores ou iguais a 32.5MPa aos 7 e 28 dias de cura respectivamente.

4.3.3 Absorção de água argamassa com *fillers* de calcário de Massinga

Na figura 32 observa-se que há um aumento da absorção com o aumento do substituinte, e tal efeito é bem evidente na primeira idade de cura, mas também é notório que há uma diminuição da absorção com o passar do tempo, mesmo assim todas as misturas apresentam valores maiores de absorção em relação à mistura de referência.

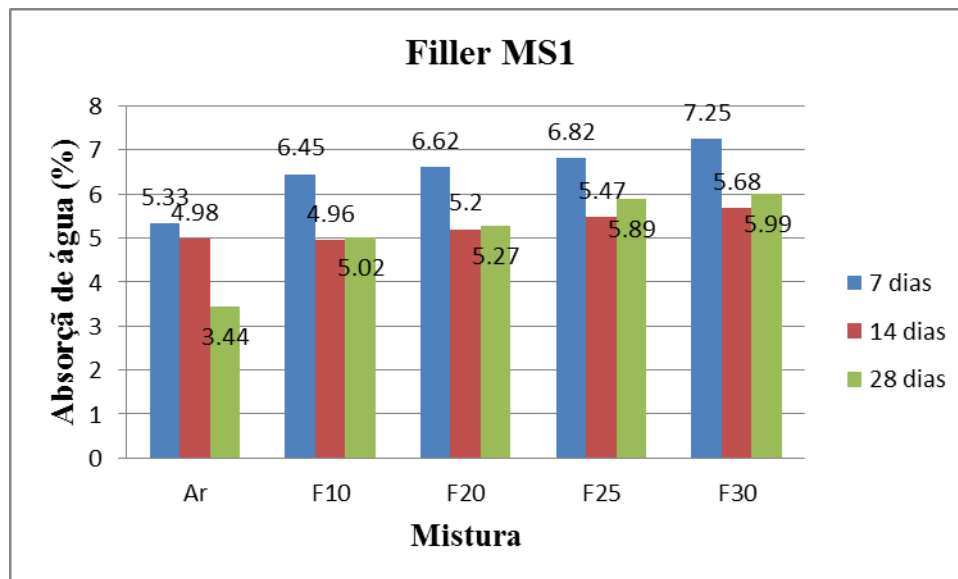


Figura 32: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* MS1.

Na figura 33 observa-se o já visto na figura 32, onde havia um aumento da absorção com o aumento do substituinte e redução da absorção com o passar do tempo, mesmo assim as misturas tem valores de absorção maiores que os da mistura de referência.

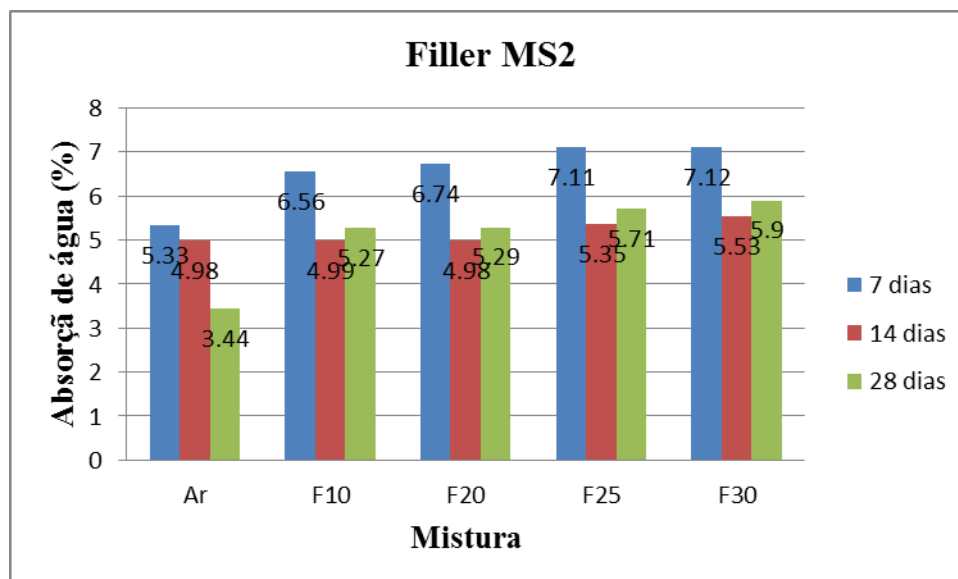


Figura 33: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler* MS2.

Na figura 34 é notório o cenário já visto nas duas figuras anteriores, figura 32 e 33 como podemos ver há um aumento da absorção com o acréscimo do substituinte e ocorre uma redução com o passar do tempo de cura, mesmo assim as misturas com substituição apresentam valores de absorção maiores ao da mistura de referência.

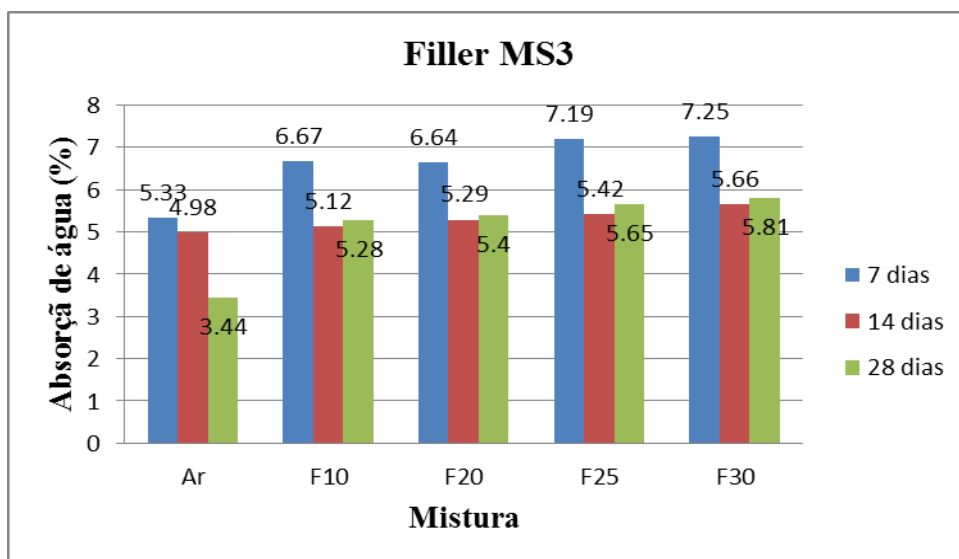


Figura 34: Variação da Absorção de água com a substituição do ligante por *filler*MS3.

Observando para as três figuras 31, 32, 33 e 34 podemos ver que todas apresenta praticamente valores de absorção similares, mas tal facto pode ser devido ao poder absorvente do calcário ser da mesma região e poder ter similaridades nas suas características.

4.4 Relação entre os resultados da resistência à compressão das argamassas com *fillers* aos 28 dias de cura.

Na figura 35 são ilustradas relações, isto é, as semelhanças e diferenças dos resultados em todas misturas. Onde podemos observar que argamassas apresentam resultados aproximadamente iguais em todas as misturas, apresentando uma diferença significativa na mistura de com 30% de *filler*.

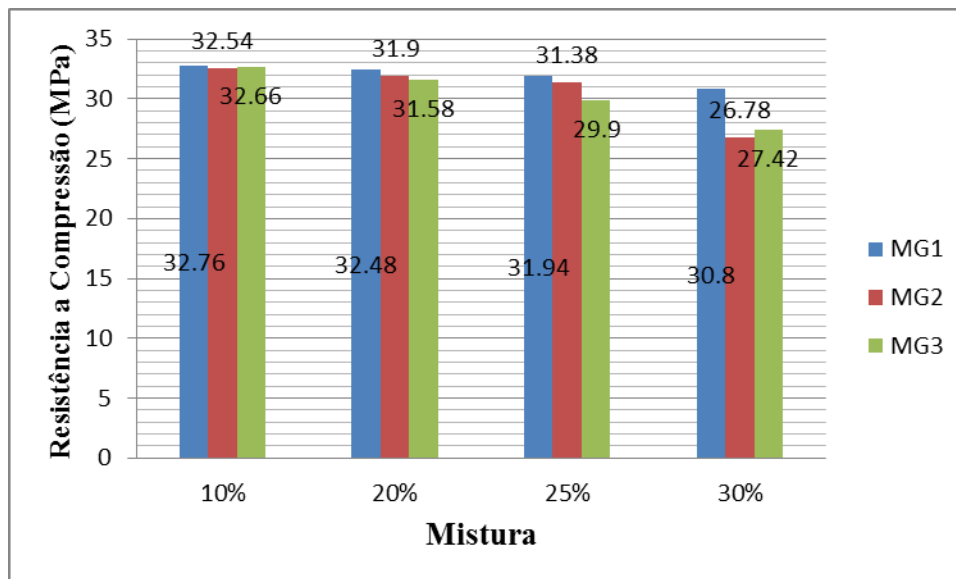


Figura 35: Relação entre os resultados das argamassas com *fillers* de Magude

Na figura 36 estão também ilustradas as relações dos resultados das argamassas com *fillers* de Salamanga, onde podemos observar que todas as misturas apresentam resultados próximos.

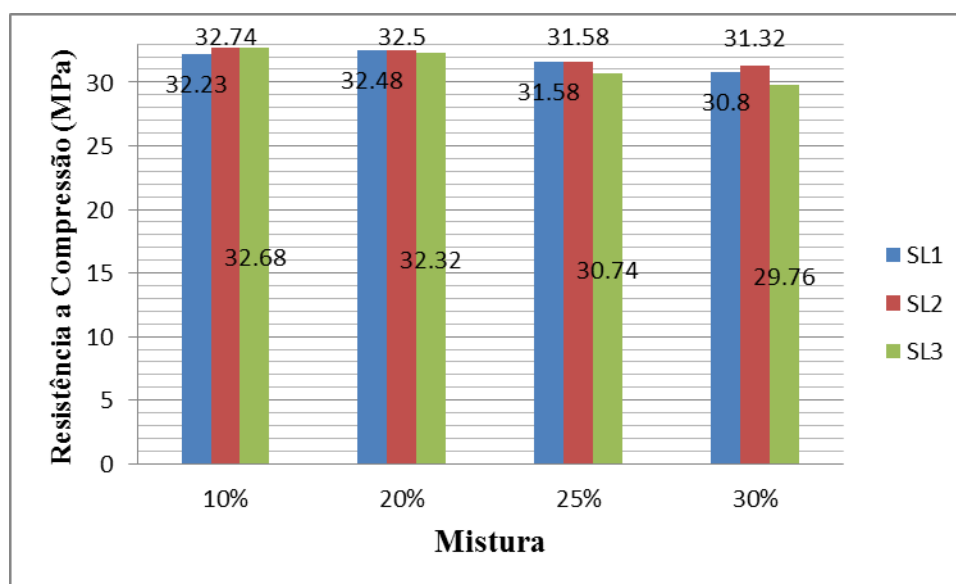


Figura 36: Relação entre os resultados das argamassas com *fillers* de Salamanga

Na figura 37 estão ilustrados as relações entre os resultados das argamassas com *fillers* de Massinga e podemos ver que só as misturas de 10% e 20% apresentam valores próximos, enquanto que as misturas de 25% e 30% as argamassas com *filler* MS2 apresenta valores baixos em relação as outras, como podemos ver nas duas primeiras misturas.

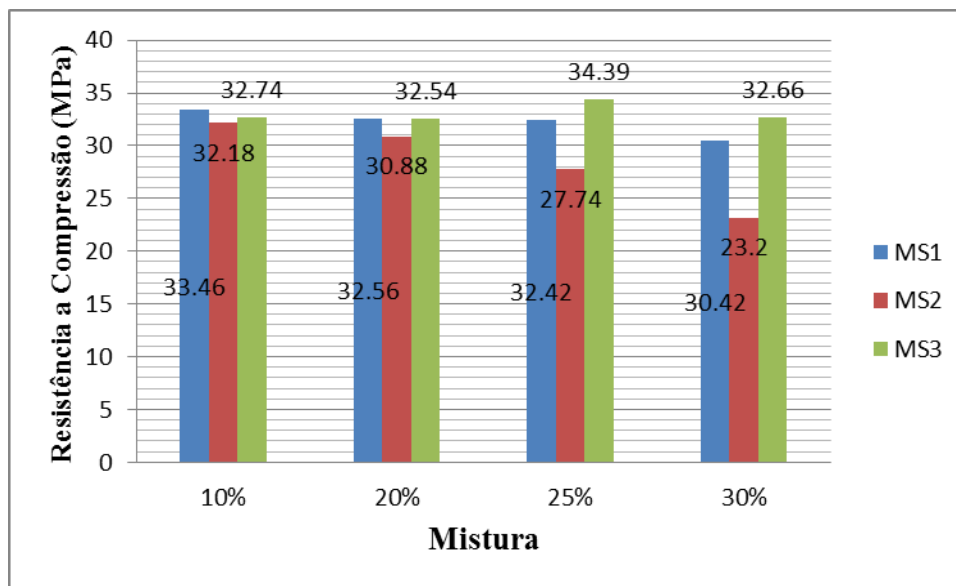


Figura 37: Relação entre os resultados das argamassas com fillers de Massinga.

De acordo com os dados pode-se afirmar que os valores de resistência das argamassas com *fillers* de Magude são praticamente iguais e eles variam de igual maneira de função do teor de cimento substituído pelo *filler*. O mesmo sucede-se com as argamassas com *fillers* de Salamanga e Massinga.

Na figura 38 é visível que não há diferenças muito significativas entre as argamassas com *fillers* de diferentes jazigos. Pressupõem que não haja diferenças na acção dos diferentes *fillers* nas argamassas.

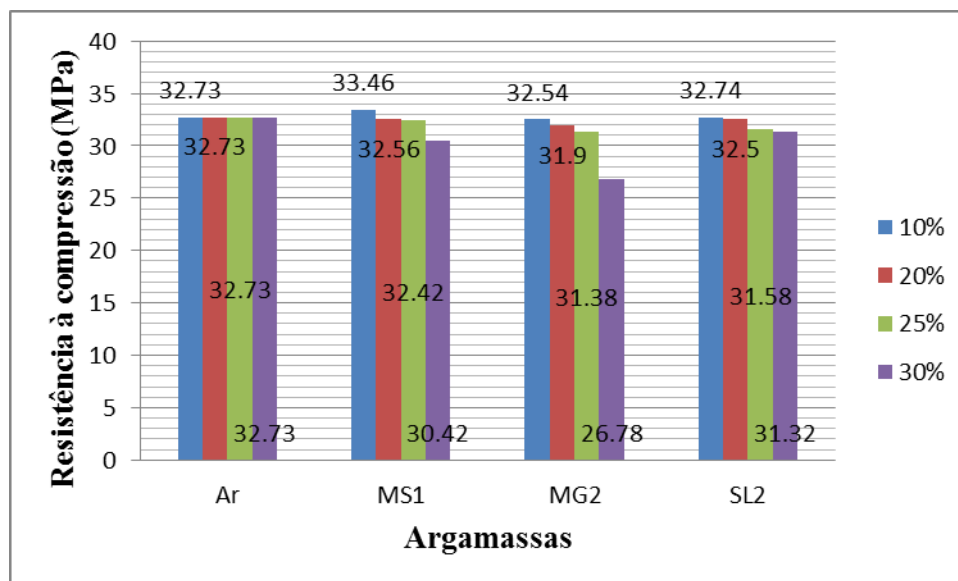


Figura 38: Comparção dos resultados das argamassas com *fillers* de diferentes jazigos.

Os resultados obtidos mostram que até 20% de substituição todas argamassas apresentam valores bem próximos, mas com a substituição do teor de cimento até 25% de peso as argamassas com *filler* MS2 é que apresentam valores de resistência mais baixos em relação as outras. Quando o teor de substituição aumenta até 30% observa-se uma irregularidade na semelhança entre os valores de resistência.

5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Diversos parâmetros estatísticos foram calculados com ajuda do pacote estatístico *statgraphicsplus* (versão 5.0) de modo a validar os resultados obtidos. Para verificar se os resultados eram estatisticamente diferentes, realizou-se uma comparação múltipla dos resultados com um nível de confiança de 95%.

E com base em ANOVA pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significantes uma vez que o valor de P (Probabilidade) é menor que nível de significância 0.05. Para verificar se os resultados das composições diferiam entre si usou-se o teste de TUKEY a 95%. De acordo com os resultados obtidos pode afirmar-se que há diferenças significantes (ver anexos F1 até F9) e os resultados das composições diferem.

6 CONCLUSÕES

No presente trabalho estudou-se a avaliação do uso de *filler* de calcário como substituinte parcial do cimento portland, na produção de argamassas de alvenaria e em função dos resultados obtidos chegou-se as seguintes conclusões:

- ✓ O *filler* de calcário pode ser usado como substituinte parcial do cimento portland, uma vez que este actua no sentido de preencher os espaços vazios entre o agregado e o ligante melhorando o empacotamento da mistura, tal efeito contribui para a redução da absorção de água com o passar do tempo de acordo com os resultados observados.
- ✓ Os valores de resistência à compressão aos 28 dias para argamassas das três amostras de cada jazigo, não mostra, de uma forma geral, diferenças significativas entre elas, pelo menos até teores da ordem dos 20% de *filler* de calcário.
- ✓ A redução da resistência com o aumento da substituinte pode estar ligado ao facto de haver uma variação da razão água - ligante devido a redução do ligante no processo da substituição pelo *filler* de calcário.
- ✓ Em função dos resultados pode afirmar-se que os *fillers* das rochas calcárias podem ser usados sem muitos receios uma vez que a maior parte das misturas apresentaram valores de resistência requeridos na NP EN 197-1:2001 ou valores próximos dos requeridos para os 7 e 28 dias de cura, que devem ser maiores ou iguais a 16MPa e maiores ou iguais a 32.5MPa respectivamente.

Em suma, é possível usar o *filler* de calcário como substituinte parcial do cimento portland na produção de argamassas para alvenaria, de acordo com os resultados apresentados.

7 RECOMENDAÇÕES:

1. Não tendo sido possível obter os resultados da Difrecção de raios X não foi possível explorar-se a eventual correlação entre os resultados de resistência mecânica e a composição mineralógica. Recomenda-se assim as investigações posteriores tentem explorar esta eventual correlação e estendam o estudo para outras amostras de calcários de modo a obter-se mais dados permitam explorar melhor a relação espera exista entre as propriedades das argamassas e a composição mineralógica.
2. Recomenda-se que faça-se o estudo da substituição do cimento pelo *filler* de calcário com outras classes de resistência de cimento, por exemplo 42.5N e cimento de diferentes fabricantes uma vez que existem varios fabricantes nacionais de cimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alshahwany, RanaBurhan Abdurrahman (2011) *Effect of partial replacement of sand with limestone filler on some properties of normal concrete* - Al-Rafidain Engineering vol.19 n°.3,2.

Bediako, Mark; Adjaottor, Albert A. e Gawu, Simon K. Y. (2011): *Potential use of crushed Ghanaian limestone in past and mortar formulated for masonry* – Journal Civil Engineering and Architecture, vol. 5,p. 258-264.

Beixing, Li; Jiliang, Wang e Mingkai, Zhou (2009): *Effect of limestone fines content in manufactured sand on durability of low and high strength concretes*- Construction and Building Materials 23,p. 2846-2850.

Carlos, Aquino; Masumi, Inoue; Hiroaki, Miura; Maki, Mizuta e Takahisa, Okamoto (2010): *The effects of limestone aggregate on concrete properties* - Construction and Building Materials 24, p. 2363 –2368.

Coutinho, A. De Sousa. (2006) - *Fabrico e propriedades do betão*, 4ª edição, vol. I, LNEC, Lisboa.

Conjo, E. N. (2011): *Avaliação da possível utilização dos calcários dos distritos de Homoine e Inharrime como ligantes na construção*. Trabalho de Licenciatura. Departamento de Química. Faculdade de Ciências. UEM-Maputo.

Costa, C; Carvalho, P. Almeida De; Bordado J.C. e NUNES, A (2009): *Estudo de argamassas de base cimentícia por microscopia de varrimento*– Ciência e Tecnologia dos Materiais, vol. 21, n° 3/4.

Fonseca, Gustavo C.(2010) *Adições Minerais E As Disposições Normativas À Produção De Concreto No Brazil: Uma Abordagem Espitêmica*. Trabalho de dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.

Galestakis, M e Raka, S (2004) – *Utilization of limestone dust for artificial stone production: Na experimental approach* – Minerals Engineering 17, p. 355-357

Menezes, Romaldo R., Neves, Gelmires A., Souza, Jozilene, Melo, Weyne A., Ferreira, Heber S. e Ferreira, Heber C. (2009a). *Actividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria* - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental vol.13, nº6, p.795–801.

Menezes, R.R., Filho, J. Farias, Ferreira, H. S., Neves, G. A. e Ferreira H. C. (2009b) *Reciclagem De Resíduos Da Construção Civil Para Produção De Argamassas* - Cerâmica 55, p. 263-270.

Mikhailova, Olesia; Yakoclev, Grigory; Maeva, Irina e Senkov, Sergey (2013) - *Effect of dolomite limestone powder on the compressive strength of concrete* – Procedia Engineering 57, p. 775 – 780.

Pires, Vera; Silva, Z.S.G.; Simão, J.A.R.; Galhano, C. e Amaral, P.M. (2010): *Bianco Di Asiago limestone pavement - Degradation and alteration study* - Construction and Building materials 24, p. 686-694

Ramezani pour, Ali A.; Ghiasvand, E.; Nickseresht, I.; Mahdikhani, M. e Moodi, F. (2009): *Influence of various amounts of limestone powder on performance of Portland limestone cement concretes* - Cement & Concrete Composites 31, p. 715–720.

Rizwan, Syed Ali e Bier, A. Thomas (2012): *Blends of limestone powder and fly ash enhance the response of self-compacting mortars*- Construction and Building Materials 27, p. 398-403.

Roque, Alex Borges (2012): *Influência do resíduo cerâmico nas propriedades de argamassas no estado fresco*. Tese de bacharel em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Feira de Santana. Brazil.

Sampaio, João A. e Almeida, S. Matos De (2005): *Calcário e Dolomita* - Comunicação Técnica elaborada para Edição do Livro Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações - CETEM, Rio de Janeiro.

Silva, Narciso Gonçalves da; Buest, Guilherme; Campiteli, Vicente C. (2005): *A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento* - Anais do II SUFFIB - SEMINÁRIO: O Uso da Fração Fina da Britagem, Cuchierato et al. (eds) 2005

Voglis, N.; Kakali, G.; Chaniotakis, E. e Tsivilis, S. (2005): *Portland-limestone cements. Their properties and hydration compared to those of other composite cements* - Cement & Concrete Composites 27, p. 191–196.

NORMAS USADAS:

NBR 9778:1987 – *Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.*

NM NP EN 197-1:2000 – *Métodos de ensaios de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas.*

NP EN 196-3:1996 - *Métodos de ensaios de cimentos. Parte 3: Determinação do tempo de presa e expansibilidade.*

NP EN 197-1:2001 – *Requisitos mecânicos e físicos expressos com valores característicos especificados.*

NP 1379-1976 – *Inertes para argamassas e betões – Análise granulométrica.*

ANEXOS

(Comparação múltipla dos resultados dos ensaios tecnológicos)

.ANEXO A: DIFERENÇAS ENTRE AS COMPOSIÇÕES PARA O ENSAIO À FLEXÃO (MÉTODO DE TUKEY HSD A 95.0%).

Tabela A1 – Argamassas com *filler* MG1.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	25e 30	10e 20
10	25e 30	0e 20
20	30	0, 10 e 25
25	0e 10	20e 30
30	0, 10e 20	25
28 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	20, 25 e 30	0
20	0	10, 20 e 30
25	0e 10	20e 30
30	0e 10	20e 25

Tabela A2 – Argamassas com *filler* MG2.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	25e 30	10e 20
10	25e 30	0e 20
20	30	0, 10 e 25
25	0e 10	20e 30
30	0, 10 e 20	25
28 dias de cura		
0	25e 30	10e 20
10	25e 30	0e 20
20	30	0,10e 25
25	0, 10 e 30	20
30	0, 10, 20 e 25	-----

Tabela A3 – Argamassas com *filler* MG3.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	30	20e 25
20	0	10, 25 e 30
25	0	10, 20 e 30
30	0e 10	25e 20
28 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	30	20e 25
20	0	10, 25 e 30
25	0	10, 20 e 30
30	0 e 10	25e 20

Tabela A4 – Argamassas com *filler* SL1.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	30	0, 20 e 25
20	0	10, 25 e 30
25	0	10, 20 e 30
30	0e 10	20e 25
28 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	25e 30	0e 20
20	0	10, 25 e 30
25	0e 10	20e 30
30	0e 10	20e 25

Tabela A5 – Argamassas com *filler* SL2.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	25e 30	10e 20
10	20, 25 e 30	0
20	10e 30	10e 25
25	0, 10 e 30	20

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

30	0, 10, 20 e 25	-----
28 dias de cura		
0	30	10, 20 e 25
10	30	0, 20 e 25
20	30	0, 10 e 25
25	-----	0, 10, 20 e 30
30	0, 10 e 20	25

Tabela A6 – Argamassas com *filler* SL3.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	20, 25e 30	10
10	25e 30	0e 20
20	0e 25	10e 30
25	0, 10 e 20	30%
30	0e 10	20e 25
28 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	25e 30	0e 20
20	0, 25 e 30	10
25	0, 10 e 20	30
30	0, 10 e 20	25

Tabela A7 – Argamassas com *filler* MS1.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	30	10, 20 e 25
10	25e 30	0e 20
20	30	0, 10 e 25
25	10e 30	0e 20
30	0, 10, 20 e 25	-----
28 dias de cura		
0	20, 25e 30	10
10	20, 25 e 30	0
20	0e 10	25e 30
25	0e 10	20e 30
30	0e 10	20e 25

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Tabela A8 – Argamassas com *filler* MS2.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	20, 25 e 30	0
20	0, 10, 20 e 25	-----
25	0, 10 e 20	30
30	0, 10 e 20	25
28 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	0, 25 e 30	20
20	0 e 30	10 e 25
25	0 e 10	20 e 30
30	0, 10 e 20	25

Tabela A9 – Argamassas com *filler* MS3.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10	20, 25 e 30
10	0	20, 25 e 30
20	25 e 30	0 e 10
25	20 e 30	0 e 10
30	20 e 25	0 e 10
28 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	20, 25 e 30	0
20	0 e 10	25 e 30
25	0 e 10	20 e 30
30	0 e 10	20 e 25

ANEXO B: DIFERENÇAS ENTRE AS COMPOSIÇÕES PARA O ENSAIO À COMPRESSÃO (MÉTODO DE TUKEY HSD A 95.0%).

Tabela B1 – Argamassa MG1.

Teor (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	0, 25 e 30	20
20	0 e 30	10 e 25
25	0 e 10	20 e 30
30	0, 10 e 20	25
28 dias de cura		
0	-----	10, 20, 25 e 30
10	-----	10, 20, 25 e 30
20	-----	10, 20, 25 e 30
25	-----	10, 20, 25 e 30
30	-----	10, 20, 25 e 30

Tabela B2 - Argamassa MG2.

Teor (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	0, 20, 25 e 30	-----
20	0 e 10	25 e 30
25	0 e 10	20 e 30
30	0 e 10	20 e 25
28 dias de cura		
0	30	10, 20 e 25
10	30	0, 20 e 25
20	30	0, 10 e 25
25	30	0, 10 e 20
30	0, 10, 20 e 25	-----

Tabela B3 – Argamassa MG3.

Teor (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

0	10, 20, 25 e 30	-----
10	0, 20, 25 e 30	-----
20	0 e 10	25 e 30
25	0 e 10	20 e 30
30	0 e 10	20 e 25
28 dias de cura		
0	-----	10, 20,25 e 30
10	-----	0, 20, 25 e 30
20	-----	0, 10, 25 e 30
25	-----	0, 10, 20 e 30
30	-----	0, 10, 20e 25

Tabela B4 – Argamassa SL1.

Teor (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20, 25 e 30	-----
10	0, 25 e 30	20
20	0, 25 e 30	10
25	0, 10 e 20	30
30	0, 10 e 20	25
28 dias de cura		
0	-----	10, 20,25 e 30
10	-----	0, 20, 25 e 30
20	-----	0, 10, 25 e 30
25	-----	0, 10, 20 e 30
30	-----	0, 10, 20 e 25

Tabela B5 – Argamassa SL2.

Teor (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	20, 25 e 30	10
10	30	0, 20 e 25
20	0 e 30	10 e 25
25	0 e 30	10 e 20
30	0, 10, 20 e 25	-----
28 dias de cura		
0	-----	10, 20,25 e 30
10	-----	0, 20, 25 e 30
20	-----	0, 10, 25 e 30
25	-----	0, 10, 20 e 30

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

30	-----	0, 10, 20 e 25
----	-------	----------------

Tabela B6 – Argamassa SL3.

Teor de filler (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20,25 e 30	-----
10	0, 25 e 30	20
20	0, 25 e 30	10
25	0, 10 e 20	30
30	0, 10 e 20	25
28 dias de cura		
0	30	10, 20 e 25
10	30	0, 20 e 25
20	30	0, 10 e 25
25	-----	0, 10, 20 e 30
30	0, 10 e 20	25

Tabela B7 – Argamassa MS1.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20,25 e 30	-----
10	0, 20, 25 e 30	-----
20	0, 10 e 30	25
25	0, 10 e 30	20
30	0, 10, 20 e 25	-----
28 dias de cura		
0	30	10, 20 e 25
10	30	0, 20 e 25
20	30	0, 10 e 25
25	30	0, 10 e 20
30	0, 10, 20 e 25	-----

Tabela B8 – Argamassa MS2.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20,25 e 30	-----

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

10	0, 20,25 e 30	-----
20	0, 10, 25 e 30	-----
25	0, 10, 20 e 30	-----
30	0, 10, 20 e 25	-----
28 dias de cura		
0	25 e 30	10 e 20
10	25 e 30	0 e 20
20	30	0, 10 e 25
25	0, 10 e 30	20
30	0, 10, 20 e 25	-----

Tabela B9 – Argamassa MS3.

Teor de <i>filler</i> (%)	Difere de:	Não difere de:
7 dias de cura		
0	10, 20,25 e 30	-----
10	0, 25 e 30	20
20	0 e 10	25 e 30
25	0 e 30	10 e 20
30	0, 10 e 25	20
28 dias de cura		
0	-----	10, 20, 25 e 30
10	-----	0, 20, 25 e 30
20	-----	0, 10, 25 e 30
25	-----	0, 10, 20 e 30
30	-----	0, 10, 20 e 25

ANEXO C: COMPARAÇÃO MULTIPLA DOS RESULTADOS DO ENSAIO À COMPRESSÃO AOS 7 e 28 DIAS DE CURA.

Tabela C1 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	225.91	4	56.4776	52.10	0.0000
Dentro dos grupos	27.1012	25	1.08405	-	-
Total	253.012	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	16.1021	4	4.02552	1.91	0.1406

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Dentro dos grupos	52.7814	25	2.11126	-	-
Total	68.8835	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C2 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	336.318	4	84.0795	26.09	0.000
Dentro dos grupos	80.58	25	3.2232	-	-
Total	416.898	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	144.633	4	36.1583	8.79	0.0001
Dentro dos grupos	102.785	25	4.11142	-	-
Total	247.419	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C3 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	330.265	4	82.5664	51.51	0.0000
Dentro dos grupos	40.0725	25	1.6029	-	-
Total	370.338	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	120.063	4	30.0157	2.97	0.0390
Dentro dos grupos	252.689	25	10.1076	-	-
Total	372.752	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C4 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL1.

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	303.67	4	75.9176	126.94	0.0000
Dentro dos grupos	14.9512	25	0.59805	-	-
Total	318.622	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	14.5461	4	3.63653	1.69	0.1845
Dentro dos grupos	53.8939	25	2.15576	-	-
Total	68.4401	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C5 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	168.55	4	42.1376	26.19	0.0000
Dentro dos grupos	40.2262	25	1.60905	-	-
Total	208.777	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	8.48832	4	2.12208	1.03	0.4131
Dentro dos grupos	51.7014	25	2.06806	-	-
Total	60.1897	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C6 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	209.047	4	52.2619	45.68	0.0000
Dentro dos grupos	28.6012	25	1.14405	-	-
Total	237.649	29	-	-	-

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

28 dias de cura					
Entre grupos	42.4579	4	10.6145	4.73	0.0056
Dentro dos grupos	56.1222	25	2.24489	-	-
Total	98.5801	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C7 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS1.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	248.485	4	62.1214	47.98	0.0000
Dentro dos grupos	32.3663	25	1.29465	-	-
Total	280.852	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	30.8717	4	7.71792	5.88	0.0018
Dentro dos grupos	32.83	25	1.3135	-	-
Total	63.7017	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P – Probabilidade

Tabela C8 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	450.839	4	112.71	167.93	0.0000
Dentro dos grupos	16.7796	25	0.671183	-	-
Total	467.618	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	373.132	4	93.2831	26.82	0.0000
Dentro dos grupos	86.9502	25	3.47801	-	-
Total	460.083	29	-	-	-

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela C9 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	429.828	4	107.457	113.49	0.0000
Dentro dos grupos	23.67	25	0.9468	-	-
Total	453.498	29	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	14.4497	4	3.61241	0.26	0.9030
Dentro dos grupos	352.696	25	14.0899	-	-
Total	366.696	29	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P – Probabilidade

ANEXO C: COMPARAÇÃO MULTIPLA DOS RESULTADOS DO ENSAIO À FLEXÃO.

Tabela D1 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG1.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	3.48889	4	0.872223	11.95	0.0008
Dentro dos grupos	0.73	10	0.073	-	-
Total	4.21889	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	6.36787	4	1.59197	6.51	0.0076
Dentro dos grupos	2.44447	10	0.244447	-	-
Total	8.81233	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D2 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG2.

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	3.00724	4	0.75181	14.91	0.0003
Dentro dos grupos	0.5042	10	0.05042	-	-
Total	3.51144	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	8.03369	4	2.00842	42.97	0.0000
Dentro dos grupos	0.4674	10	0.04674	-	-
Total	8.50109	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D3 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MG3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	6.50097	4	1.62524	18.81	0.0001
Dentro dos grupos	0.8642	10	0.08642	-	-
Total	7.36517	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	7.40603	4	1.85151	19.25	0.0001
Dentro dos grupos	0.961867	10	0.0961867	-	-
Total	8.36789	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D4 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL1.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	5.10289	4	1.27572	11.06	0.0011
Dentro dos grupos	1.1532	10	0.11532	-	-
Total	6.25609	14	-	-	-

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

28 dias de cura					
Entre grupos	7.28044	4	1.82011	16.64	0.0002
Dentro dos grupos	1.0938	10	0.10938	-	-
Total	8.37424	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D5 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	4.84684	4	1.21171	23.45	0.0000
Dentro dos grupos	0.516733	10	0.0516733	-	-
Total	5.36357	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	5.21769	4	1.30442	12.25	0.0007
Dentro dos grupos	1.06447	10	0.106447	-	-
Total	6.28216	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; Gl - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D6 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* SL3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	Gl	MQ	F	P
Entre grupos	5.79729	4	1.44932	22.26	0.0001
Dentro dos grupos	0.651	10	0.0651	-	-
Total	6.44829	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	11.9606	4	2.99015	27.52	0.0000
Dentro dos grupos	1.08673	10	0.108673	-	-
Total	13.0473	14	-	-	-

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D7 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS1.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	5.01913	4	1.25478	23.77	0.0000
Dentro dos grupos	0.5278	10	0.05278	-	-
Total	5.54698	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	11.544	4	2.88601	32.16	0.0000
Dentro dos grupos	0.897333	10	0.0897333	-	-
Total	12.4414	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P - Probabilidade

Tabela D8 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS2.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P
Entre grupos	16.0998	4	4.02494	93.04	0.0000
Dentro dos grupos	0.4326	10	0.04326	-	-
Total	16.5324	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	10.3668	4	2.59171	27.51	0.0000
Dentro dos grupos	0.942133	10	0.0942133	-	-
Total	11.309	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P – Probabilidade

Tabela D9 – Tabela de ANOVA das argamassas com *filler* MS3.

7 dias de cura					
Fonte	SQ	GI	MQ	F	P

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Entre grupos	8.74	4	2.185	25.44	0.0000
D. grupos	0.8588	10	0.08588	-	-
Total	9.5988	14	-	-	-
28 dias de cura					
Entre grupos	6.81311	4	1.70328	17.47	0.0002
Dentro dos grupos	0.975067	10	0.0975067	-	-
Total	7.78817	14	-	-	-

SQ – Soma quadrática; GI - Grau de liberdade; MQ – Media quadrática; F – valor calculado de FISHER; P – Probabilidade

ANEXO E: DIFERENÇAS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICANTES ENTRE OS RESULTADOS DO ENSAIO À COMPRESSÃO AOS 7 e 28 DIAS DE CURA.

Tabela E1 – Argamassas com filler MG1.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG1 10	*4.45	1.76581
Ar – MG1 20	*5.575	1.76581
Ar – MG1 25	*7.175	1.76581
Ar – MG1 30	*7.7	1.76581
MG1 10 – MG1 20	1.125	1.76581
MG1 10 – MG1 25	*2.725	1.76581
MG1 10 – MG1 30	*3.25	1.76581
MG1 20 – MG1 25	1.6	1.76581
MG1 20 – MG1 30	*2.125	1.76581
MG1 25 – MG 1 30	0.525	1.76581
28 dias de cura		
Ar – MG1 10	-0.03	2.46427
Ar – MG1 20	0.25	2.46427
Ar – MG1 25	0.79	2.46427
Ar – MG1 30	1.93	2.46427
MG1 10 – MG1 20	0.28	2.46427
MG1 10 – MG1 25	0.82	2.46427
MG1 10 – MG1 30	1.96	2.46427
MG1 20 – MG1 25	0.54	2.46427
MG1 20 – MG1 30	1.68	2.46427
MG1 25 – MG 1 30	1.14	2.46427

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E2 – Argamassas com filler MG2.

7dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG2 10	*3.4	3.04482
Ar – MG2 20	*6.925	3.04482
Ar – MG2 25	*8.1	3.04482
Ar – MG2 30	*9.05	3.04482
MG2 10 – MG2 20	*3.525	3.04482
MG2 10 – MG2 25	*4.7	3.04482
MG2 10 – MG2 30	*5.65	3.04482
MG2 20 – MG2 25	1.175	3.04482
MG2 20 – MG2 30	2.125	3.04482
MG2 25 – MG2 30	0.95	3.04482
28 dias de cura		
Ar – MG2 10	0.19	3.43886
Ar – MG2 20	0.83	3.43886
Ar – MG2 25	1.35	3.43886
Ar – MG2 30	*5.95	3.43886
MG2 10 – MG2 20	0.64	3.43886
MG2 10 – MG2 25	1.16	3.43886
MG2 10 – MG2 30	*5.76	3.43886
MG2 20 – MG2 25	0.52	3.43886
MG2 20 – MG2 30	*5.12	3.43886
MG2 25 – MG2 30	*4.6	3.43886

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E3 – Argamassas com filler MG3.

7dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG3 10	*4.925	2.1472
Ar – MG3 20	*8.325	2.1472
Ar – MG3 25	*7.55	2.1472
Ar – MG3 30	*9.175	2.1472
MG3 10 – MG3 20	*3.4	2.1472
MG3 10 – MG3 25	*2.625	2.1472
MG3 10 – MG3 30	*4.25	2.1472
MG3 20 – MG3 25	-0.775	2.1472
MG3 20 – MG3 30	0.85	2.1472
MG3 25 – MG3 30	1.625	2.1472

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

28 dias de cura		
Ar – MG3 10	0.07	5.3919
Ar – MG3 20	1.15	5.3919
Ar – MG3 25	2.83	5.3919
Ar – MG3 30	2.31	5.3919
MG3 10 – MG3 20	1.08	5.3919
MG3 10 – MG3 25	2.76	5.3919
MG3 10 – MG3 30	5.24	5.3919
MG3 20 – MG3 25	1.68	5.3919
MG3 20 – MG3 30	4.16	5.3919
MG3 25 – MG3 30	2.48	5.3919

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E4 – Argamassas com filler SL1.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL1 10	*5.2	1.31156
Ar – SL1 20	*5.55	1.31156
Ar – SL1 25	*8.375	1.31156
Ar – SL1 30	*8.975	1.31156
SL1 10 – SL1 20	0.35	1.31156
SL1 10 – SL1 25	*3.175	1.31156
SL1 10 – SL1 30	*3.775	1.31156
SL1 20 – SL1 25	*2.825	1.31156
SL1 20 – SL1 30	*3.425	1.31156
SL1 25 – SL1 30	0.6	1.31156
28 dias de cura		
Ar – SL1 10	0.503333	2.49011
Ar – SL1 20	0.25	2.49011
Ar – SL1 25	1.15	2.49011
Ar – SL1 30	1.93	2.49011
SL1 10 – SL1 20	-0.253333	2.49011
SL1 10 – SL1 25	0.646667	2.49011
SL1 10 – SL1 30	1.42667	2.49011
SL1 20 – SL1 25	0.9	2.49011
SL1 20 – SL1 30	1.68	2.49011
SL1 25 – SL1 30	0.78	2.49011

*Diferenças estatisticamente significantes

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Tabela E5 – Argamassas com *filler* SL2.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL2 10	1.5	2.15131
Ar – SL2 20	*3.075	2.15131
Ar – SL2 25	*3.175	2.15131
Ar – SL2 30	*7.1	2.15131
SL2 10 – SL2 20	1.575	2.15131
SL2 10 – SL2 25	1.675	2.15131
SL2 10 – SL2 30	*5.6	2.15131
SL2 20 – SL2 25	0.1	2.15131
SL2 20 – SL2 30	*4.025	2.15131
SL2 25 – SL2 30	*3.925	2.15131
28 dias de cura		
Ar – SL2 10	-0.01	2.43893
Ar – SL2 20	0.23	2.43893
Ar – SL2 25	0.19	2.43893
Ar – SL2 30	1.41	2.43893
SL2 10 – SL2 20	0.24	2.43893
SL2 10 – SL2 25	0.2	2.43893
SL2 10 – SL2 30	1.42	2.43893
SL2 20 – SL2 25	-0.04	2.43893
SL2 20 – SL2 30	1.18	2.43893
SL2 25 – SL2 30	1.22	2.43893

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E6 – Argamassas com *filler* SL3.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL3 10	*3.65	1.81402
Ar – SL3 20	*3.9	1.81402
Ar – SL3 25	*7.325	1.81402
Ar – SL3 30	*6.875	1.81402
SL3 10 – SL3 20	0.25	1.81402
SL3 10 – SL3 25	*3.675	1.81402
SL3 10 – SL3 30	*3.225	1.81402
SL3 20 – SL3 25	*3.425	1.81402
SL3 20 – SL3 30	*2.975	1.81402
SL3 25 – SL3 30	-0.45	1.81402
28 dias de cura		
Ar – SL3 10	0.05	2.54107

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Ar – SL3 20	0.41	2.54107
Ar – SL3 25	1.99	2.54107
Ar – SL3 30	*2.97	2.54107
SL3 10 – SL3 20	0.36	2.54107
SL3 10 – SL3 25	1.94	2.54107
SL3 10 – SL3 30	*2.92	2.54107
SL3 20 – SL3 25	1.58	2.54107
SL3 20 – SL3 30	*2.56	2.54107
SL3 25 – SL3 30	0.98	2.54107

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E7 – Argamassas com *filler* MS1.

7dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS1 10	*1.95	1.92972
Ar – MS1 20	*4.8	1.92972
Ar – MS1 25	*5.675	1.92972
Ar – MS1 30	*8.225	1.92972
MS1 10 – MS1 20	*2.85	1.92972
MS1 10 – MS1 25	*3.725	1.92972
MS1 10 – MS1 30	*6.275	1.92972
MS1 20 – MS1 25	0.875	1.92972
MS1 20 – MS1 30	*3.425	1.92972
MS1 25 – MS1 30	*2.55	1.92972
28 dias de cura		
Ar – MS1 10	-0.73	1.94372
Ar – MS1 20	0.17	1.94372
Ar – MS1 25	0.31	1.94372
Ar – MS1 30	*2.31	1.94372
MS1 10 – MS1 20	0.9	1.94372
MS1 10 – MS1 25	1.04	1.94372
MS1 10 – MS1 30	*3.04	1.94372
MS1 20 – MS1 25	0.14	1.94372
MS1 20 – MS1 30	*2.14	1.94372
MS1 25 – MS1 30	*2.0	1.94372

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E8 – Argamassas com *filler* MS2.

7dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS2 10	*4.875	1.38944

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Ar – MS2 20	*7.5	1.38944
Ar – MS2 25	*9.13333	1.38944
Ar – MS2 30	*11.225	1.38944
MS2 10 – MS2 20	*2.625	1.38944
MS2 10 – MS2 25	*4.25833	1.38944
MS2 10 – MS2 30	*6.35	1.38944
MS2 20 – MS2 25	*1.63333	1.38944
MS2 20 – MS2 30	*3.725	1.38944
MS2 25 – MS2 30	*2.09167	1.38944
28 dias de cura		
Ar – MS2 10	0.55	3.16289
Ar – MS2 20	1.85	3.16289
Ar – MS2 25	*4.99	3.16289
Ar – MS2 30	*9.53	3.16289
MS2 10 – MS2 20	1.3	3.16289
MS2 10 – MS2 25	*4.44	3.16289
MS2 10 – MS2 30	*8.98	3.16289
MS2 20 – MS2 25	3.14	3.16289
MS2 20 – MS2 30	*7.68	3.16289
MS2 25 – MS2 30	*4.54	3.16289

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela E9 – Argamassas com filler MS3.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS3 10	*3.95	1.65024
Ar – MS3 20	*8.15	1.65024
Ar – MS3 25	*9.525	1.65024
Ar – MS3 30	*9.85	1.65024
MS3 10 – MS3 20	*4.2	1.65024
MS3 10 – MS3 25	*5.575	1.65024
MS3 10 – MS3 30	*5.9	1.65024
MS3 20 – MS3 25	1.375	1.65024
MS3 20 – MS3 30	*1.7	1.65024
MS3 25 – MS3 30	0.325	1.65024
28 dias de cura		
Ar – MS3 10	-0.01	6.36608
Ar – MS3 20	0.19	6.36608
Ar – MS3 25	-1.66333	6.36608
Ar – MS3 30	0.07	6.36608
MS3 10 – MS3 20	0.2	6.36608
MS3 10 – MS3 25	-1.65333	6.36608

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

MS3 10 – MS3 30	0.08	6.36608
MS3 20 – MS3 25	-1.85333	6.36608
MS3 20 – MS3 30	-0.12	6.36608
MS3 25 – MS3 30	1.73333	6.36608

*Diferenças estatisticamente significantes

ANEXO F: DIFERENÇAS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICANTES ENTRE OS RESULTADOS DO ENSAIO À FLEXÃO AOS 7 e 28 DIAS DE CURA.

Tabela F1 – Argamassas com filler MG1.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG1 10	-0.01	0.726093
Ar – MG1 20	0.283333	0.726093
Ar – MG1 25	*0.956667	0.726093
Ar – MG1 30	*1.13333	0.726093
MG1 10 – MG1 20	0.293333	0.726093
MG1 10 – MG1 25	*0.966667	0.726093
MG1 10 – MG1 30	*1.14333	0.726093
MG1 20 – MG1 25	0.673333	0.726093
MG1 20 – MG1 30	*0.85	0.726093
MG1 25 – MG 1 30	0.176667	0.726093
28 dias de cura		
Ar – MG1 10	0.733333	1.32869
Ar – MG1 20	0.87	1.32869
Ar – MG1 25	*1.42	1.32869
Ar – MG1 30	*1.92667	1.32869
MG1 10 – MG1 20	0.136667	1.32869
MG1 10 – MG1 25	0.686667	1.32869
MG1 10 – MG1 30	1.19333	1.32869
MG1 20 – MG1 25	0.55	1.32869
MG1 20 – MG1 30	1.05667	1.32869
MG1 25 – MG 1 30	0.506667	1.32869

*Diferenças estatisticamente significantes

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Tabela F2 – Argamassas com filler MG2.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG2 10	-0.126667	0.603438
Ar – MG2 20	0.37	0.603438
Ar – MG2 25	*0.753333	0.603438
Ar – MG2 30	*1.06333	0.603438
MG2 10 – MG2 20	0.496667	0.603438
MG2 10 – MG2 25	*0.88	0.603438
MG2 10 – MG2 30	*1.19	0.603438
MG2 20 – MG2 25	0.383333	0.603438
MG2 20 – MG2 30	*0.693333	0.603438
MG2 25 – MG2 30	0.31	0.603438
28 dias de cura		
Ar – MG2 10	0.146667	0.580999
Ar – MG2 20	0.57	0.580999
Ar – MG2 25	*1.06333	0.580999
Ar – MG2 30	*2.02333	0.580999
MG2 10 – MG2 20	0.423333	0.580999
MG2 10 – MG2 25	*0.916667	0.580999
MG2 10 – MG2 30	*1.87667	0.580999
MG2 20 – MG2 25	0.493333	0.580999
MG2 20 – MG2 30	*1.45333	0.580999
MG2 25 – MG2 30	*0.96	0.580999

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F3 – Argamassas com filler MG3.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MG3 10	*0.823333	0.79002
Ar – MG3 20	*1.34333	0.79002
Ar – MG3 25	*1.59667	0.79002
Ar – MG3 30	*1.86	0.79002
MG3 10 – MG3 20	0.52	0.79002
MG3 10 – MG3 25	0.773333	0.79002
MG3 10 – MG3 30	*1.03667	0.79002
MG3 20 – MG3 25	0.253333	0.79002
MG3 20 – MG3 30	0.516667	0.79002
MG3 25 – MG3 30	0.263333	0.79002
28 dias de cura		
Ar – MG3 10	*0.89	0.833467

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Ar – MG3 20	*1.36667	0.833467
Ar – MG3 25	*1.45333	0.833467
Ar – MG3 30	*2.12	0.833467
MG3 10 – MG3 20	0.476667	0.833467
MG3 10 – MG3 25	0.563333	0.833467
MG3 10 – MG3 30	*1.23	0.833467
MG3 20 – MG3 25	0.0866667	0.833467
MG3 20 – MG3 30	0.753333	0.833467
MG3 25 – MG2 30	0.666667	0.833467

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F4 – Argamassas com *filler* SL1.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL1 10	0.416667	0.912606
Ar – SL1 20	*1.00333	0.912606
Ar – SL1 25	*1.18333	0.912606
Ar – MG1 30	*1.66	0.912606
SL1 10 – SL1 20	0.586667	0.912606
SL1 10 – SL1 25	0.766667	0.912606
SL1 10 – SL1 30	*1.24333	0.912606
SL1 20 – SL1 25	0.18	0.912606
SL1 20 – SL1 30	0.656667	0.912606
SL1 25 – MG 1 30	0.476667	0.912606
28 dias de cura		
Ar – SL1 10	-0.246667	0.888792
Ar – SL1 20	0.87	0.888792
Ar – SL1 25	*1.22333	0.888792
Ar – SL1 30	*1.56	0.888792
SL1 10 – SL1 20	*1.11667	0.888792
SL1 10 – SL1 25	*1.47	0.888792
SL1 10 – SL1 30	*1.80667	0.888792
SL1 20 – SL1 25	0.353333	0.888792
SL1 20 – SL1 30	0.69	0.888792
SL1 25 – SL1 30	0.336667	0.888792

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F5 – Argamassas com *filler* SL2.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL2 10	-0.206667	0.610892

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

Ar – SL2 20	0.57	0.610892
Ar – SL2 25	*0.683333	0.610892
Ar – SL2 30	*1.41	0.610892
SL2 10 – SL2 20	*0.776667	0.610892
SL2 10 – SL2 25	*0.89	0.610892
SL2 10 – SL2 30	*1.61667	0.610892
SL2 20 – SL2 25	0.113333	0.610892
SL2 20 – SL2 30	*0.84	0.610892
SL2 25 – SL2 30	*0.726667	0.610892
28 dias de cura		
Ar – SL2 10	-0.263333	0.876793
Ar – SL2 20	0.35	0.876793
Ar – SL2 25	0.613333	0.876793
Ar – SL2 30	*1.44667	0.876793
SL2 10 – SL2 20	0.613333	0.876793
SL2 10 – SL2 25	0.876667	0.876793
SL2 10 – SL2 30	*1.71	0.876793
SL2 20 – SL2 25	0.263333	0.876793
SL2 20 – SL2 30	*1.09667	0.876793
SL2 25 – SL2 30	0.833333	0.876793

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F6 – Argamassas com filler SL3.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – SL3 10	0.37	0.68568
Ar – SL3 20	*0.963333	0.68568
Ar – SL3 25	*1.66333	0.68568
Ar – SL3 30	*1.40667	0.68568
SL3 10 – SL3 20	0.593333	0.68568
SL3 10 – SL3 25	*1.29333	0.68568
SL3 10 – SL3 30	*1.03667	0.68568
SL3 20 – SL3 25	*0.7	0.68568
SL3 20 – SL3 30	0.443333	0.68568
SL3 25 – SL3 30	-0.256667	0.68568
28 dias de cura		
Ar – SL3 10	0.45	0.885916
Ar – SL3 20	*1.02333	0.885916
Ar – SL3 25	*2.14333	0.885916
Ar – SL3 30	*2.23333	0.885916
SL3 10 – SL3 20	0.573333	0.885916
SL3 10 – SL3 25	*1.69333	0.885916

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

SL3 10 – SL3 30	*1.78333	0.885916
SL3 20 – SL3 25	*1.12	0.885916
SL3 20 – SL3 30	*1.21	0.885916
SL3 25 – SL3 30	0.09	0.885916

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F7 – Argamassas com *filler* MS1.

Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS1 10	-0.586667	0.617399
Ar – MS1 20	0.0166667	0.617399
Ar – MS1 25	0.443333	0.617399
Ar – MS1 30	*1.16	0.617399
MS1 10 – MS1 20	0.603333	0.617399
MS1 10 – MS1 25	*1.03	0.617399
MS1 10 – MS1 30	*1.74667	0.617399
MS1 20 – MS1 25	0.426667	0.617399
MS1 20 – MS1 30	*1.14333	0.617399
MS1 25 – MS1 30	*0.716667	0.617399
28 dias de cura		
Ar – MS1 10	-0.0933333	0.805022
Ar – MS1 20	*1.3	0.805022
Ar – MS1 25	*1.85	0.805022
Ar – MS1 30	*1.91667	0.805022
MS1 10 – MS1 20	*1.39333	0.805022
MS1 10 – MS1 25	*1.94333	0.805022
MS1 10 – MS1 30	*2.01	0.805022
MS1 20 – MS1 25	0.55	0.805022
MS1 20 – MS1 30	0.616667	0.805022
MS1 25 – MS1 30	0.0666667	0.805022

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F8 – Argamassas com *filler* MS2.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS2 10	0.543333	0.558952
Ar – MS2 20	*1.66667	0.558952
Ar – MS2 25	*2.31	0.558952
Ar – MS2 30	*2.73667	0.558952
MS2 10 – MS2 20	*1.12333	0.558952
MS2 10 – MS2 25	*1.76667	0.558952
MS2 10 – MS2 30	*2.19333	0.558952

Efeito do filler de calcário como substituinte parcial do cimento portland em argamassas de alvenaria

MS2 20 – MS2 25	*0.643333	0.558952
MS2 20 – MS2 30	*1.07	0.558952
MS2 25 – MS2 30	0.426667	0.558952
28 dias de cura		
Ar – MS2 10	*0.85	0.824873
Ar – MS2 20	*1.26667	0.824873
Ar – MS2 25	*1.85667	0.824873
Ar – MS2 30	*2.42	0.824873
MS2 10 – MS2 20	0.416667	0.824873
MS2 10 – MS2 25	*1.00667	0.824873
MS2 10 – MS2 30	*1.57	0.824873
MS2 20 – MS2 25	0.59	0.824873
MS2 20 – MS2 30	*1.15333	0.824873
MS2 25 – MS2 30	0.563333	0.824873

*Diferenças estatisticamente significantes

Tabela F9 – Argamassas com filler MS3.

7 dias de cura		
Contraste	Diferença	± Limites
Ar – MS3 10	0.543333	0.787548
Ar – MS3 20	*1.69	0.787548
Ar – MS3 25	*1.86333	0.787548
Ar – MS3 30	*1.80333	0.787548
MS3 10 – MS3 20	*1.14667	0.787548
MS3 10 – MS3 25	*1.32	0.787548
MS3 10 – MS3 30	*1.26	0.787548
MS3 20 – MS3 25	0.173333	0.787548
MS3 20 – MS3 30	0.113333	0.787548
MS3 25 – MS3 30	-0.06	0.787548
28 dias de cura		
Ar – MS3 10	0.396667	0.839167
Ar – MS3 20	*1.28	0.839167
Ar – MS3 25	*1.43	0.839167
Ar – MS3 30	*1.80333	0.839167
MS3 10 – MS3 20	*0.883333	0.839167
MS3 10 – MS3 25	*1.03333	0.839167
MS3 10 – MS3 30	*1.40667	0.839167
MS3 20 – MS3 25	0.15	0.839167
MS3 20 – MS3 30	0.523333	0.839167
MS3 25 – MS3 30	0.373333	0.839167

*Diferenças estatisticamente significantes