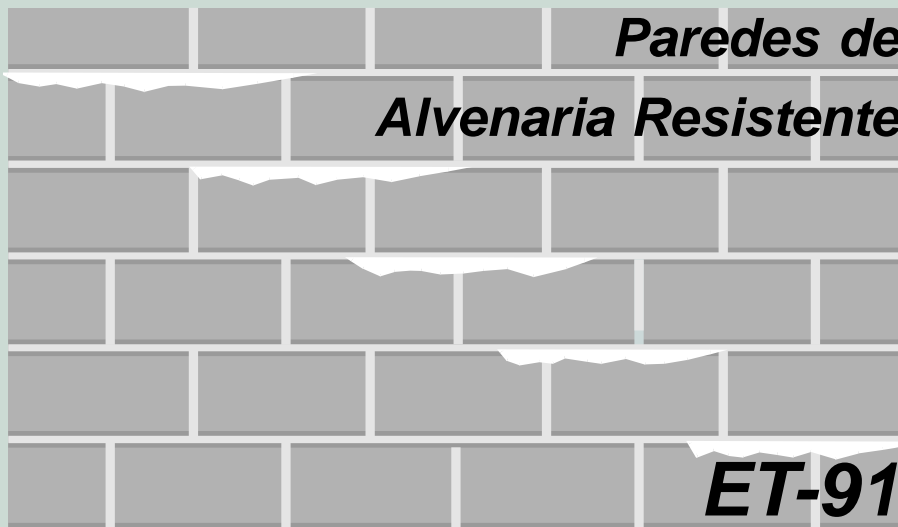


# ESTUDO TÉCNICO

*Argamassas de  
Assentamento para*

*Paredes de  
Alvenaria Resistente*



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

1ª edição - 1989  
2ª edição - 1998 (mudanças no aspecto gráfico)

**F**

**693.2** Sabbatini, Fernando Henrique  
**S114a** Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente. São Paulo, ABCP, 2.ed. 1998.  
44p. ilus. 21cm. (ET-91)

Alvenaria  
Alvenaria estrutural  
Argamassa  
Série

Todos os direitos reservados à  
Associação Brasileira de Cimento Portland  
Avenida Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré  
CEP 05347-902 São Paulo/SP  
Fone: (011) 3760.5300 - Fax: (011) 3760.5400

Associação Brasileira de Cimento Portland

ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO  
PARA PAREDES DE  
ALVENARIA RESISTENTE

por

*Fernando Henrique Sabbatini*  
*Professor de Tecnologia da Construção Civil*  
*da Escola Politécnica da USP*

São Paulo  
março de 1998  
(mudanças no aspecto gráfico)

Revisão: 1



SABBATINI, Fernando Henrique. *Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente*. São Paulo, ABCP, 2.ed. 1998. 44p. (ET-91).

*A argamassa de assentamento tem uma influência crítica no desempenho funcional de uma parede resistente. No entanto, no Brasil, esta influência não tem sido corretamente compreendida e o conhecimento das argamassas vem sendo absolutamente negligenciado.*

*No trabalho são definidas as funções e as características que as argamassas devem possuir para provê-las adequadamente. As principais propriedades são conceituadas e discute-se a variabilidade destas propriedades para as argamassas de cal e cimento. É ainda apresentada a metodologia adotada em outros países para a avaliação das características das argamassas bem como as composições recomendadas naqueles países.*

*O trabalho conclui pela urgente e absoluta necessidade de se executarem pesquisas tecnológicas no campo das argamassas de assentamento sem o que continuar-se-á observando uma ocorrência anormal e desastrosa de problemas patológicos na alvenaria estrutural.*

**Palavras-chave:** Alvenaria; Alvenaria estrutural; Argamassa.



# SUMÁRIO

## RESUMO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	7
2	AS FUNÇÕES PRIMÁRIAS E AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS .....	7
2.1	Conceituação .....	7
2.2	Trabalhabilidade .....	9
2.3	Retenção de Água .....	10
2.4	Capacidade de Aderência .....	12
2.5	Resistência à Compressão .....	13
2.6	Resiliência .....	13
2.7	Durabilidade .....	14
3	TIPOS DE ARGAMASSA .....	15
3.1	Argamassa de Cal .....	15
3.2	Argamassa de Cimento .....	15
3.3	Argamassas de Cimento com Aditivos .....	16
3.4	Argamassas Mistas de Cal e Cimento .....	16
3.5	Argamassas de Cimento de Alvenaria .....	17
4	A VARIAÇÃO NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS MISTAS DE CAL E CIMENTO .....	17
4.1	Com a Alteração do Traço .....	17

4.2	Com a Modificação das Características dos Constituintes .....	21
4.2.1	Areia .....	21
4.2.2	Cal .....	24
4.2.3	Cimento .....	25
4.3	Com a Variação na Produção e no Manuseio .....	26
4.4	Com as Condições de Cura .....	28
5	AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO .....	28
5.1	Classificação .....	28
5.2	Ensaio de Caracterização de Composições-tipo .....	29
5.3	Ensaio de Controle de Qualidade da Produção .....	30
6	FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS .....	32
7	COMPOSIÇÕES RECOMENDADAS - ESPECIFICAÇÕES INTERNACIONAIS .....	33
7.1	Normalização .....	33
7.2	Especificações Inglesas .....	35
7.3	Especificações Alemãs .....	38
7.4	Especificações Americanas .....	39
8	A ESCOLHA DA ARGAMASSA .....	39
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i> .....	41



## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em uma parede de alvenaria resistente, composta por dois componentes: o bloco ou tijolo(\*) e a junta de argamassa, a influência desta no desempenho funcional da parede é crítica, principalmente se ela for exterior à edificação e aparente (sem revestimento protetor).

No entanto, no estágio atual de desenvolvimento da alvenaria estrutural no Brasil, esta influência não é corretamente compreendida e o conhecimento das argamassas vem sendo absolutamente negligenciado.

Acredita-se que isto ocorra porque se confunde as características desejáveis de uma argamassa de assentamento com as da argamassa constituinte do concreto de cimento portland. Para esta última é exigida, basicamente, a resistência a esforços mecânicos, enquanto que para a argamassa de assentamento são fundamentais as características de trabalhabilidade, aderência e deformabilidade (quando endurecida) tendo a resistência uma importância secundária.

Como efeito, observa-se nas edificações de alvenaria estrutural uma ocorrência anormal de problemas patológicos, com origem no emprego de argamassas inadequadas.

As argamassas, de uma maneira geral, são materiais de construção sem forma ou função definidas. Em particular, as argamassas de assentamento apesar de não terem forma definida, possuem uma função específica: destinam-se ao assentamento de componentes de alvenaria. A junta de argamassa é um componente com forma e funções bem definidas. Neste trabalho utilizar-se-á o termo argamassa para referir-se, no geral, à argamassa de assentamento e como simplificação do termo junta de argamassa exceto quando isto puder gerar confusão.

## 2 AS FUNÇÕES PRIMÁRIAS E AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

### 2.1 Conceituação

Segundo o código CP-121 *walling*<sup>1</sup> da *British Standards Institution (BSI)*, as funções primárias das juntas de argamassa em uma parede de alvenaria são:

- a) unir solidamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais;

---

(\*) Por simplificação serão designados no texto ou por **bloco** ou genericamente por **componentes de alvenaria**.

- b) distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos componentes de alvenaria;
- c) absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita; e,
- d) selar as juntas contra a penetração de água de chuva.

*PLUMMER<sup>2</sup> faz uma comparação com o concreto para definir enfaticamente a função da argamassa de assentamento: “Os ingredientes principais das argamassas de assentamento e do concreto são equivalentes e, por esta razão, a teoria que tem prevalecido nas últimas décadas é a de que os materiais e métodos que produzem concretos resistentes e duráveis são aplicáveis as argamassas de alvenaria. Ensaios de laboratório, bem como o comportamento de estruturas de alvenaria indicam que, em muitos casos, isso não é verdade. Tal concepção errônea é evidente se se considerar que o concreto por si próprio é um material estrutural, enquanto que a argamassa é empregada para unir componentes estruturais entre si, e portanto, age como adesivo e selante. Por esta razão, a função primária de uma argamassa de alvenaria é desenvolver uma completa, resistente e durável aderência entre as unidades de alvenaria”.*

*DAVISON<sup>3</sup> resume as funções em uma única: “A função fundamental da argamassa (de assentamento) é unir as unidades de alvenaria constituindo um todo monolítico”.*

Para que a argamassa tenha capacidade de prover as funções citadas ela deve apresentar as seguintes características<sup>1, 3, 4</sup>:

- a) ter trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão) suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
- b) ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do elemento não prejudique as suas funções primárias;
- c) adquirir rapidamente alguma resistência após assentada para resistir a esforços que possam atuar durante a construção;
- d) desenvolver resistência adequada para não comprometer a alvenaria da qual faz parte. Não deve, no entanto, ser mais resistente que os componentes que ela une;
- e) ter adequada aderência aos componentes a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria de juntas estanques à água de chuva;

- f) ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo;
- g) ter suficiente resiliência (baixo módulo de deformação) de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais (de pequena amplitude) da parede de alvenaria, sem fissurar.

A quantificação destas características é fortemente dependente não só do tipo e composição da argamassa, mas também das características do componente que ela irá unir. De maneira geral, não existe parametrização limitante para estas características.

## 2.2 Trabalhabilidade

DAVISON<sup>3</sup>, afirma que: “A trabalhabilidade é a mais importante propriedade da argamassa no estado plástico”. E de acordo com ISBERNER<sup>6</sup>: “A trabalhabilidade é igualmente difícil de ser definida e de ser medida”.

Apesar do pedreiro reconhecer a trabalhabilidade de uma argamassa facilmente ao manuseá-la com a colher, é impossível mensurá-la em laboratório pois ainda segundo ISBERNER<sup>6</sup>,<sup>6</sup> ela é uma propriedade de avaliação indefinível, arbitrária e pessoal sendo na realidade uma combinação de várias características reológicas da argamassa: plasticidade, coesão, consistência, viscosidade, adesão e massa específica.

Qualitativamente, diz-se que uma argamassa tem boa trabalhabilidade quando distribui-se facilmente ao ser assentada preenchendo todas as reentrâncias; **agarra** à colher de pedreiro (quando transportada e não **agarra** quando distribuída no componente de alvenaria); não segrega ao ser transportada; não endurece em contato com o componente de sucção elevada e permanece plástica por tempo suficiente para que os componentes sejam ajustados facilmente no nível e no prumo.

A importância da trabalhabilidade é que pelas suas características reológicas e por influir diretamente na qualidade do serviço do pedreiro, todas as demais propriedades desejáveis a ela se subordinam. Segundo DAVISON<sup>3</sup> boa trabalhabilidade e boa retenção de água são fatores essenciais para uma máxima aderência entre as unidades de alvenaria. SAHLIN<sup>7</sup>, afirma que sem uma boa trabalhabilidade as chances de se ter juntas uniformes (bem preenchidas) são muito pequenas.

A trabalhabilidade resulta do efeito de rolamento dos grãos de agregados lubrificadas pela pasta cimentante e relaciona-se com três parâmetros: o atrito

interno, a coesão e a viscosidade<sup>8</sup>. No entanto, segundo os autores, *BOMBLED & KALVENES* a quantificação destes parâmetros é problemática.

Assim a medida de trabalhabilidade é feita indiretamente através de uma correlação com a consistência da argamassa. Esta pode ser conceituada como a característica da argamassa que faz com que ela resista às deformações<sup>9</sup>.

As argamassas são classificadas, segundo a sua consistência, em *seca*, *plástica* e *fluida*. Na *Figura 1*, de *ROSELLO*<sup>10</sup> definem-se esquematicamente as três consistências. Estas são determinadas pela película de pasta que rodeia os grãos de areia. Na argamassa seca a pasta só preenche os vazios entre os grãos, permanecendo estes em contato, o que se traduz por massas ásperas e pouco trabalháveis. Na argamassa plástica uma fina película de pasta *molha* a superfície dos grãos de areia atuando como lubrificante. Na argamassa fluida, as partículas de areia estão imersas na pasta, sem coesão interna e com tendência a segregar — a argamassa se esparrama tal qual um líquido.

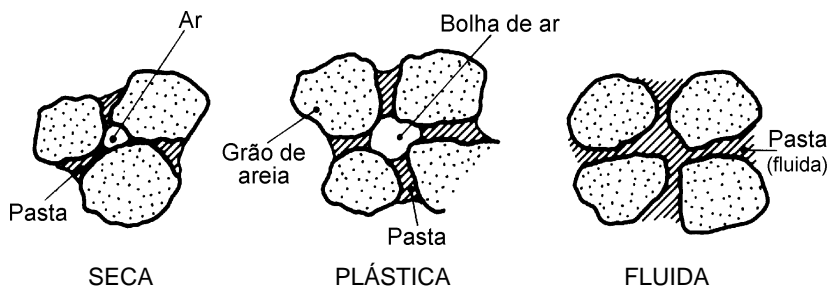


FIGURA 1- Consistência de argamassas

*SHALON & SOROKA*<sup>11</sup> pesquisando as consistências reais adotadas por diferentes pedreiros chegaram a três importantes conclusões: a consistência adequada para um pedreiro não o é para outro; ela é uma qualidade da argamassa de escolha individual de cada pedreiro e não pode ser generalizada e os pedreiros têm a capacidade de manter uma dada consistência (a ideal para cada um deles) constante qualquer que seja a composição (proporção) da argamassa.

Influem na consistência de uma argamassa: relação água/aglomerante; relação aglomerante/areia; granulometria da areia e natureza e qualidade do aglomerante. Na seção 4 estes fatores são analisados.

### 2.3 Retenção de Água

A retenção de água é entendida como a capacidade que a argamassa possui de reter a água que contém quando colocada em contato com o elemento de alta sucção<sup>7</sup>. Não se define a retenção de água contra a evaporação.

“A capacidade de retenção de água está intimamente relacionada com a tensão superficial da pasta aglomerante. Uma argamassa tende naturalmente a conservar a água necessária para molhar a superfície dos grãos de areia e do aglomerante<sup>10</sup>”. Porém, a água em excesso é facilmente cedida por efeito da sucção da base onde é assentada.

Portanto aumenta-se a capacidade de retenção de água da argamassa aumentando-se a superfície específica dos constituintes ou utilizando-se aditivos que por suas características adsorvam a água (por exemplo, derivados da celulose) ou impeçam a percolação da água (aeradores). A cal apresenta boas características de retenção de água não só em razão de sua elevada superfície específica, mas também, devido à grande capacidade adsortiva de seus cristais (até 100% do seu volume).

A capacidade de retenção de água de uma argamassa varia largamente com o potencial de sucção do elemento. *DAVIDSON*<sup>12</sup> observou que para diferentes tipos de argamassa a perda de água por sucção é crescente em função do *Initial Rate of Absortion (IRA)* dos blocos até valores de sucção entre 30 g/min e 50 g/min por 194 cm<sup>2</sup>, diminuindo para blocos com IRA maiores. O gráfico da *Figura 2* ilustra tal variabilidade.

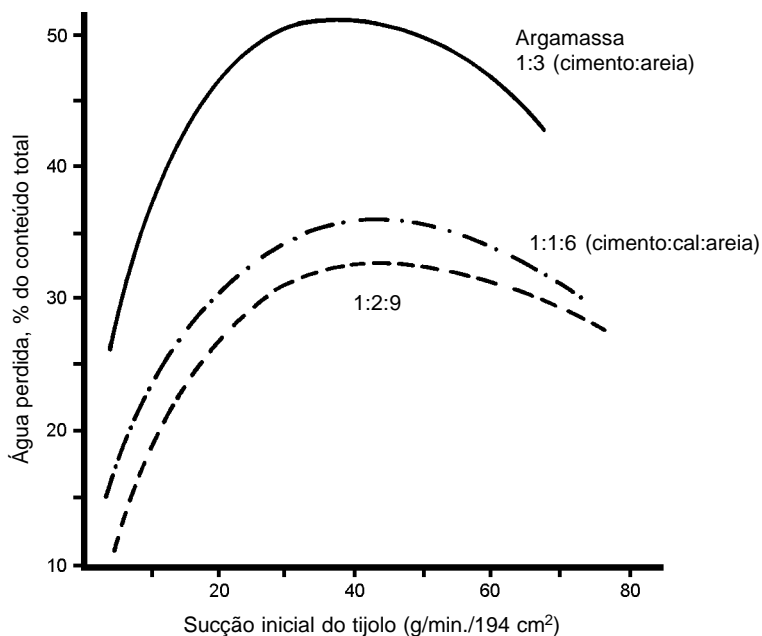


FIGURA 2 - Perda de água de argamassas em função da sucção dos elementos (tempo da contato 4 minutos) {i2}

Em não ocorrendo uma retenção adequada de água (em excesso) pela argamassa irá ocorrer que: a absorção excessiva de água pelo componente irá expandi-lo aumentando o potencial de retração na secagem; a argamassa perdendo rapidamente muita água provocará uma diminuição na resistência de aderência e apresentar-se-á mais rígida (maior módulo de deformação) quando endurecida, o que implica em menor capacidade de absorver deformações; a argamassa poderá ter reduzida sua resistência, pois a hidratação do cimento e a carbonatação da cal serão prejudicadas com a perda inadequada de água. Em decorrência destes fatores haverá ainda prejuízo na durabilidade e na estanqueidade da parede.

## 2.4 Capacidade de Aderência

A aderência não é uma propriedade intrínseca da argamassa, pois ela depende também das características da base<sup>9</sup>.

A resistência de aderência pode ser definida como a capacidade que a interface componente-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. Desta resistência depende a monolicidade da parede e a resistência da alvenaria frente a solicitações provocadas por: deformações volumétricas (por exemplo: retração hidráulica e dilatação térmica); carregamentos perpendiculares excêntricos; esforços ortogonais à parede (cargas de vento) etc.

Conceitua-se a capacidade de aderência da argamassa, para uma determinada base como sendo a capacidade que ela tem de fazer com que a interface entre ambas apresente uma certa resistência de aderência.

Decorre deste conceito a possível sistemática de avaliação da capacidade de aderência de uma argamassa: confecção de corpos-de-prova empregando componentes aos quais ela poderá vir a unir.

Não existe no entanto, uma correspondência biunívoca entre um dado parâmetro e a capacidade de aderência. Por exemplo, aumentando o teor relativo de cimento no aglomerante pode-se aumentar ou diminuir a capacidade de aderência. Depende das características da base. O mesmo se conclui com o aumento da capacidade de retenção de água ou outras características variáveis da argamassa.

Temos assim que na alvenaria estrutural é uma abstração quantificar a capacidade de aderência de uma argamassa de assentamento pois essa propriedade não possui sentido para a argamassa isolada. Quantifica-se diretamente a resistência de aderência do conjunto bloco-argamassa.

## 2.5 Resistência à Compressão

A resistência à compressão das argamassas se inicia com o endurecimento e aumenta continuamente com o tempo. As argamassas exclusivamente de cal e areia desenvolvem uma resistência pequena e de maneira lenta e cujo valor depende muito da umidade apropriada e da adequada absorção do dióxido de carbono do ar para ser atingida. Ao contrário, as argamassas de cimento dependem menos das condições ambientais, para desenvolver a resistência à compressão esperada.

A resistência requerida para uma argamassa a ser empregada na alvenaria estrutural irá variar com a resistência à compressão dos elementos. No entanto, como foi destacado por inúmeros pesquisadores, dentre eles ANDREWS<sup>4</sup> já em 1950: *“A resistência da parede de alvenaria construída com blocos de resistência intermediária não é muito influenciada pela resistência da argamassa como freqüentemente se supõe”*.

DAVISON<sup>8</sup> esclarece que: *“Talvez por causa da confusão entre concreto e argamassas de assentamento a importância da resistência à compressão tem sido muito enfatizada. Resistência de aderência é mais importante, bem como boa trabalhabilidade e retenção de água...”* (ver seção 2). Ou ainda, de KLEIN: *“...A execução habilidosa da alvenaria tem muito maior importância (que a resistência à compressão da argamassa)”*.

É de BOSELLO<sup>10</sup> a consideração de que: *“As medidas diretas da resistência da argamassa não são válidas para se conhecer a qualidade da obra...”*.

Os motivos para ainda hoje se ensaiar a resistência à compressão cubos e cilindros de argamassa empregados na alvenaria estrutural são: o ensaio permite um controle estatístico da qualidade da argamassa em si<sup>10</sup> e justifica-se também porque a resistência à compressão reflete o grau de hidratação da argamassa (que tem influência em outras características de desempenho<sup>5</sup>, por exemplo: durabilidade da própria argamassa).

## 2.6 Resiliência

No sentido restrito do termo, a resiliência ou *elasticidade* de uma argamassa é a capacidade que ela possui de se deformar sem apresentar ruptura quando sujeita a solicitações diversas e de retornar à dimensão original quando cessam estas solicitações.

No entanto, este sentido é estendido, no caso de argamassas, para o estado tal de deformação (plástica) em que a ruptura ocorre sob a forma de fissuras microscópicas ou capilares não prejudiciais.

As fissuras prejudiciais são aquelas que permitem a penetração da água de chuva através da parede ou que pelas suas características trazem prejuízos aos requisitos do usuário de ordem psicossociais (estética, temor pela segurança). Não estão relacionadas com a estabilidade da alvenaria ou estado limite de fissuração. Por isto o conceito é estendido para o estado de ocorrência de deformações plásticas.

A resiliência de uma argamassa (com o sentido descrito) está inversamente relacionada com o valor do seu módulo de deformação (e com a resistência à compressão). Segundo HILSDORF<sup>13</sup>, o módulo de deformação para argamassas mistas pode ser estimado por  $E_a = 1000 f_{aj}$  ( $E_a =$  relação linear entre o módulo de deformação e  $f_{aj} =$  resistência à compressão, segundo *Deutsches Institut für Normung (DIN) 18555* aos  $j$  dias de idade). Deve-se frisar que esta correlação só tem validade para os materiais empregados na Alemanha Ocidental.

Segundo HEDSTROM et alii<sup>14</sup> o termo *argamassa fraca* implica em uma argamassa com baixo módulo de deformação e que permite movimentos sem fissuras *prejudiciais* ou ainda das recomendações da *Building Research Station (BRS)*<sup>15</sup>: “Uma argamassa mais fraca irá acomodar pequenos movimentos e as fissuras irão se distribuir como fissuras capilares nas juntas”.

## 2.7 Durabilidade

As argamassas podem ter a sua integridade comprometida por uma série de fatores dentre os quais temos: retração na secagem; absorção de água; temperaturas de congelamento; choque térmico; agentes corrosivos atmosféricos; agentes agressivos biológicos. A análise pormenorizada do desempenho das argamassas sujeitas à ação de agentes agressivos não cabe no contexto deste trabalho.

A retração na secagem é um parágrafo à parte. Ela ocorre sempre, pois as argamassas são materiais com um teor de água em excesso (além da quantidade necessária para a combinação química dos aglomerantes). No entanto, o prejuízo maior que a retração na secagem da argamassa de assentamento pode causar não é o comprometimento da sua durabilidade, mas devido ao fato de que esta retração pode prejudicar sensivelmente o desempenho da alvenaria. Isto ocorre quando ela tem uma participação significativa no



aparecimento de fissuras prejudiciais na interface elemento-argamassa. Assim, a análise do fenômeno ganha importância. A influência da retração na secagem das argamassas é melhor compreendida estudando-se a parede de alvenaria e por isto não cabe no contexto deste trabalho.

### 3 TIPOS DE ARGAMASSA

#### 3.1 Argamassa de Cal

A argamassa tradicional de alvenaria é constituída de areia e cal. A pasta de cal, suspensão coloidal de hidróxido de cálcio, preenche os vazios entre os grãos de areia, proporcionando trabalhabilidade e retenção de água otimizada em comparação com outros tipos de argamassas, principalmente se a cal utilizada possuir um alto teor de óxidos de cálcio e for empregada sob a forma de pasta extinta (e não em pó, hidratada). A argamassa de cal desenvolve resistência mecânica lentamente e os valores máximos são pequenos, além do que para atingir estes valores ela requer condições ambientais específicas, como a manutenção da umidade e a garantia de acesso de dióxido de carbono durante todo o tempo de endurecimento. Além disso, ela não dá pega, endurecendo inicialmente por perda de água para os elementos e por evaporação. Por estas razões, as argamassas de cal não são recomendadas para a alvenaria com blocos estruturais.

#### 3.2 Argamassa de Cimento

As argamassas de cimento portland adquirem com rapidez resistências mecânicas elevadas e portanto desenvolvem, sem problemas, resistências adequadas para suportar as cargas durante uma construção de alvenaria estrutural. Mas não se pode ajustar a resistência requerida para uma argamassa de cimento simplesmente variando a proporção relativa de cimento e areia. Isto porque misturas pobres não possuem trabalhabilidade adequada e a mistura normal — traço 1:3 (cimento, areia, em volume) — ou as ricas, podem vir a ser deletérias em função das condições de uso<sup>18</sup>.

Estas razões fazem com que as argamassas de cimento tenham uso restrito na alvenaria estrutural. São empregadas em situações especiais<sup>15</sup> como por exemplo: fundações em solos agressivos; fundações abaixo do nível do lençol freático ou ainda quando são utilizados blocos de altíssimas resistências à compressão (*engineering bricks*), não fabricados no Brasil.

Afora os casos específicos, não se recomenda a utilização de argamassas de cimento na alvenaria estrutural<sup>1, 15, 18</sup>.

### 3.3 Argamassas de Cimento com Aditivos

As argamassas de cimento com pequena proporção deste em relação à areia podem ser empregadas se a elas foram adicionados aditivos plastificantes. Estes aditivos, geralmente aeradores (vinsol), tornam a argamassa trabalhável e com capacidade de retenção de água.

A desvantagem desta argamassa, segundo *RASGDALE & RAYNHA*<sup>18</sup>, é que comparada com uma argamassa mista de cal de cimento e propriedades semelhantes seu custo é maior. Além disto o teor de aditivo é crítico e quantidades incorretas podem trazer conseqüências adversas.

No Brasil estas argamassas têm sido muito pouco utilizadas na alvenaria estrutural pois, além das desvantagens citadas, são raros os estudos sobre a tecnologia adequada de utilização.

As argamassas adesivas (cimento-cola) que também podem ser classificadas junto com as anteriores são argamassas compostas de agregados inertes de granulometria fina fileres minerais, cimento portland, aditivos plastificantes e resinas solúveis em água. Em função de sua composição apresentam grande capacidade de aderência e elevada resistência quando endurecidas. São comercializadas pré-misturadas necessitando para utilização apenas uma dosagem adequada de água.

No entanto, não são recomendadas para a alvenaria estrutural, pois em função do seu custo e tecnologia de utilização devem ser aplicadas em camadas pouco espessas (2 mm a 3 mm) o que conduz a estruturas de alto módulo de deformação, incapazes de absorverem as deformações naturais sem apresentarem rupturas macroscópicas.

### 3.4 Argamassas Mistas de Cal e Cimento

Argamassas feitas com apropriadas proporções de cal e cimento possuem as propriedades e vantagens das argamassas feitas com cada material. Os ingleses<sup>1, 15</sup> utilizam a proporção 1:3 (cimento + cal:areia seca) em volume como traço básico, pois partem do princípio de que com esta proporção os vazios da areia são preenchidos pela pasta aglomerante. E assim ao se alterarem as proporções relativas de cal e cimento, a trabalhabilidade fica mais ou menos

assegurada, independentemente das modificações. Este tipo de argamassa é a de emprego mais adequado na alvenaria estrutural não armada.

### 3.5 Argamassas de Cimento de Alvenaria

O cimento de alvenaria é um cimento especial composto por cimento portland e um fíler mineral (geralmente calcário, finamente moído), com adição ou não de aditivos. Em tese, a argamassa produzida com este cimento seria adequada para uso na alvenaria estrutural.

No entanto, seu uso deve ser feito com cuidado (os ingleses recomendam<sup>1</sup> que seja empregada na alvenaria estrutural só após estudos específicos), pois a tecnologia de seu emprego não está bem consolidada entre nós (falta tradição de uso e estudos comprobatórios da sua adequabilidade) e sua qualidade é muito variável de fabricante para fabricante.

## 4 A VARIAÇÃO NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS MISTAS DE CAL E CIMENTO

### 4.1 Com a Alteração do Traço

Como foi visto, as argamassas mais adequadas para o emprego em parede de alvenaria resistente são as argamassas mistas de cal e cimento. Assim o estudo da variação nas propriedades das argamassas feito nas seções de 4.1 a 4.4 restringir-se-á a estas.

Ao se alterar as proporções relativas dos materiais constituintes de uma argamassa: cimento, cal e areia, as suas propriedades irão variar substancialmente. No Brasil são escassos os estudos voltados para a quantificação destas variações. Os dados disponíveis referem-se a trabalhos de pesquisa executados em outros países e que têm resultados restritos, pois relacionam-se com as características dos materiais empregados (citados nos trabalhos originais) naqueles países.

No entanto, de maneira geral, ao se substituir em uma argamassa de composição padrão (relação constante de uma parte de aglomerante para três partes de areia seca, em volume) gradativamente o cimento pela cal, desde que se mantenha constante a consistência, as propriedades da argamassa variam como indicado na *Tabela 1<sup>20</sup>*.

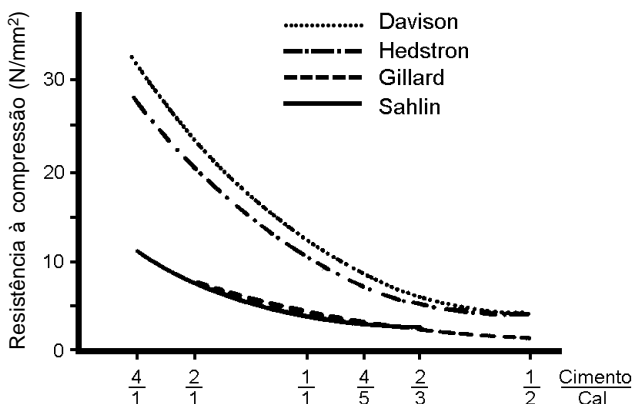
TABELA 1 - Variação nas propriedades de uma argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal

Propriedade	→	Aumento na proporção de cal no aglomerante	←
Resistência à compressão	(E)	Decresce	↑
Resistência à tração	(E)	Decresce	↑
Capacidade de aderência	(E)	Decresce	↑
Durabilidade	(E)	Decresce	↑
Impermeabilidade	(E)	Decresce	↑
Resistência à altas temperaturas	(E)	Decresce	↑
Resistências iniciais	(F)	Decresce	↑
Retração na secagem inicial	(F)	Cresce	
Retenção de água	(F)	Cresce	↑
Plasticidade	(F)	Cresce	↑
Trabalhabilidade	(F)	Cresce	↑
Resiliência	(E)	Cresce	↑
Módulo de elasticidade	(E)	Decresce	↑
Retração na secagem reversível	(E)	Decresce	↑
Custo	-	Decresce	↑

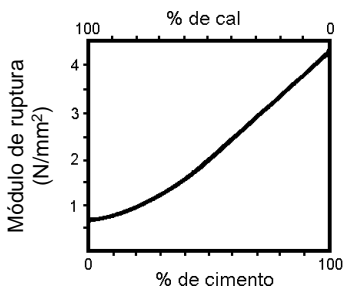
Obs.: Estados: (E) = Endurecido; (F) = Fresco.

Aquelas alterações nas propriedades das argamassas mistas podem ser melhor apreciadas nos trabalhos de *GILLARD & LEE*<sup>21</sup>; *WALKER*<sup>22</sup>; *LAMANA et alii*<sup>23</sup>; *ISBERNER*<sup>6</sup>; *HEDSTROM et alii*<sup>14</sup>; *DAVISON*<sup>3</sup>; *ANDEREG*<sup>24</sup>; *MINNICK*<sup>25</sup> e *JOHNSON*<sup>26</sup>. Nas Figuras 3a, 3b e 4 tem-se diversos gráficos que representam alguns dos mais significativos resultados obtidos destes trabalhos.

Os valores plotados nos gráficos das Figuras 3a, 3b e 4 podem servir como uma primeira referência para a parametrização das principais propriedades das argamassas mistas de cal e cimento. Ao se plotarem resultados de pesquisadores diversos em um mesmo gráfico, como na Figura 3a, nota-se como as condições de ensaio e as características dos materiais condicionam os resultados, que por isto devem ser considerados como não absolutos e apenas servir de referência.

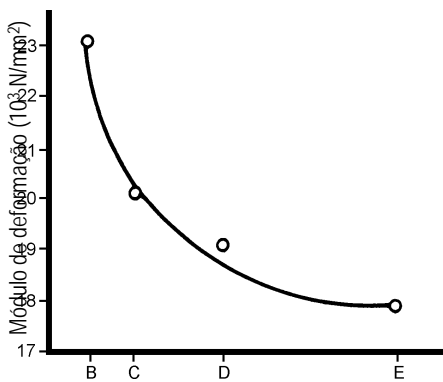


3a - Resistência à compressão

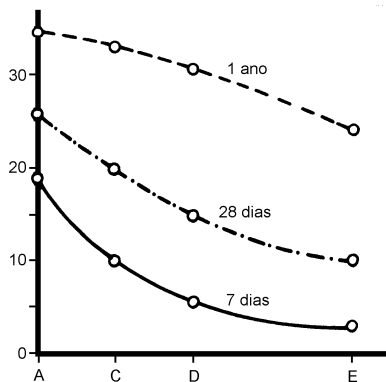


3b - Módulo de ruptura

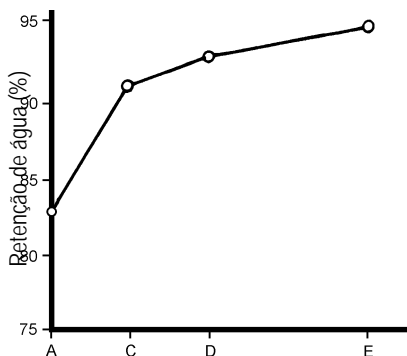
FIGURA 3 - Resistência à compressão e módulo de ruptura de argamassas mistas em função da proporção relativa de cal e cimento portland<sup>7</sup>



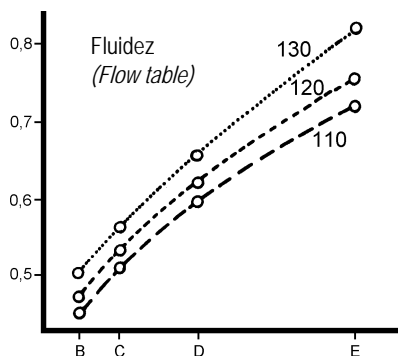
a - Módulo de elasticidade {14}



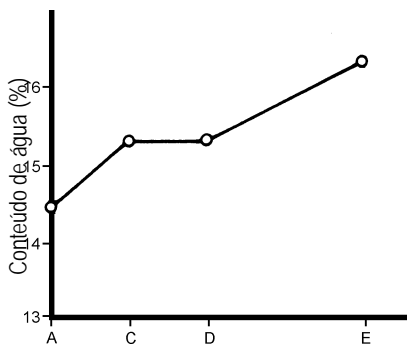
b - Capacidade de aderência {24}



c - Retenção de água



d - Relação água/cimento {6}



e - Conteúdo de água {21}

### COMPOSIÇÕES (em volume)

Cimento:Cal:Areia seca

- A - 1:0:3
- B - 1:0,25:3,75
- C - 1:0,5:4,5
- D - 1:1:6
- E - 1:2:9

FIGURA 4 - Variação nas propriedades das argamassas com a mudança das composições e do teor de água

Aumentando-se o teor de água de uma argamassa observa-se uma piora em todas as suas propriedades com exceção da trabalhabilidade, assim mesmo até um certo limite, que se ultrapassado leva também à perda de trabalhabilidade. No entanto, não é habitual fixar-se um valor máximo do teor de água (como é normal na tecnologia do concreto de cimento portland) pois a quantidade de água para uma dada argamassa é dosada pelo operário que irá manuseá-la, a fim de que, segundo os seus critérios pessoais, ela seja trabalhável. Nem mesmo a proibição de acréscimo de água e posterior reamassamento de uma argamassa após algumas horas do primeiro amassamento é recomendável, segundo *PLUMMER*<sup>2</sup>, pois a perda de resistência à compressão causada por este procedimento é compensada com o ganho na trabalhabilidade e na adequada retenção de água e conseqüentemente na capacidade de aderência.

## 4.2 Com a Modificação das Características dos Constituintes

### 4.2.1 Areia

A areia empregada na confecção de argamassas pode ter uma variabilidade muito grande em suas características em função de sua origem petrológica e geológica. A influência desta variabilidade nas propriedades das argamassas é muito extensa e quase sempre muito intensa.

As propriedades das argamassas que interferem fortemente no desempenho da alvenaria estrutural: trabalhabilidade, capacidade de aderência e resiliência, são fundamentalmente dependentes daquelas características. Isto faz com que a escolha de uma areia adequada para a confecção de argamassas seja uma opção preponderantemente técnica.

As características das areias que interessam podem ser resumidas em: composição mineralógica e granulometria. Quanto à composição mineralógica as areias empregadas na construção civil, na região sul, por exemplo, são essencialmente siliciosas, produtos da decomposição de rochas feldspáticas, principalmente granitos ou gnaisses. Em função de sua mineração ser feita em terrenos de origem aluvionar ou em solos residuais as areias podem ser compostas exclusivamente de sílica (areia quartzosa) ou da mistura desta com siltes e argilo-minerais. A existência destes últimos é que irá interferir de maneira sensível nas propriedades das argamassas em função dos tipos de minerais presentes e das dimensões de suas partículas.

Assim a mensuração das interferências causadas nas propriedades das argamassas por um dado tipo de areia não admite generalizações. Deve ser feita para cada areia especificamente.

Quanto à granulometria, influem: as dimensões máximas características, a distribuição granulométrica e a forma dos grãos. Na *Tabela 2*<sup>20</sup> tem-se uma sinopse qualitativa da influência destes parâmetros nas principais propriedades das argamassas. O termo *variável* é aplicável ou quando não existe uma influência definitiva ou quando esta influência depende de outros fatores.

TABELA 2 - Influência das características granulométricas das areias nas propriedades das argamassas de assentamento

Propriedades	Características da areia		
	Quanto menor o módulo de finura	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos anquulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Resiliência	Variável	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistências mecânicas	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

A regra geral é ocorrer uma interdependência, difícil de ser avaliada, entre os parâmetros granulométricos. De maneira que, mesmo conhecendo algumas características isoladas de uma dada areia, freqüentemente não se pode inferir com certeza sobre a influência que causará nas propriedades da argamassa que dela se utilizar. E mais ainda, se a areia contiver argilo-minerais.

Por tudo isto, parece ter mais validade medir-se as propriedades que as argamassas apresentam ao serem compostas por uma dada areia, do que procurar inferir estas propriedades a partir das características intrínsecas da areia de *per si*.

No entanto, pode-se afirmar que em linhas gerais, a areia que apresenta melhor potencial de produzir uma argamassa adequada é a que tem granulometria contínua (corrida) e classificada como média (módulo de finura entre 1,8 e 2,8) e tenha predominância de grãos arredondados.

A conveniência da presença ou não de minerais argilosos na areia é uma polêmica que até hoje não apresenta conclusões definitivas. As normas inglesa BS 1200<sup>15</sup>, alemã DIN 4226 e americana ASTM C 144<sup>16</sup>, especificações de



areias para argamassas de assentamento limitam seu teor. Na condição mais favorável (BS 1200), o máximo teor possível é de 5% em massa de argila e/ou silte.

No entanto, *ISBERNER*<sup>6</sup> em ensaios realizados com argamassas de cimento e areia com teores variados de caulinita, xisto argiloso e montmorilonita comprovou que apenas a resistência à compressão de argamassas ricas é sensivelmente prejudicada pela adição de argilo-minerais (teores ensaiados até 15% em massa). *RENSBURG et alii*<sup>27</sup> chegaram à conclusão de que teores excessivos (superiores a 20%) de argilas na areia reduzem em muito a capacidade de aderência das argamassas.

A experiência prática brasileira (por exemplo, no estado do Rio de Janeiro, a utilização de areias argilosas com até 30% de argilas é a prática comum), comprova que as argamassas feitas com areias argilosas apresentam melhor trabalhabilidade e melhor resiliência sendo que a capacidade de aderência e a resistência podem (ou não) ser prejudicadas em função do teor e da natureza de materiais finos.

Assim, a utilização de areias argilosas é um problema de compatibilização destas tendências opostas. A otimização significa máxima trabalhabilidade e resiliência, com valores adequados (e não máximos) de capacidade de aderência e resistência. Isto implica na necessidade de se ensaiar a areia argilosa para se comprovar a sua adequabilidade segundo critérios de desempenho, não sendo correto, no entender do autor, a simples limitação de um teor máximo de material argiloso.

Na *Tabela 3* tem-se as faixas granulométricas recomendadas nas normas BS 1200 e ASTM C 144<sup>15, 16</sup> para as areias empregadas na fabricação de argamassas de assentamento.

TABELA 3 - Composições granulométricas recomendadas de areias para argamassas de assentamento

Peneira (abertura nominal em mm)	Porcentagem (em massa) que passa na peneira	
	<b>BS 1200</b>	<b>ASTM C 144</b>
4,75 (5,0 - BS 1200)	100	100
2,36	90 a 100	95 a 100
1,18	70 a 100	70 a 100
0,60	40 a 80	40 a 75
0,30	5 a 40	10 a 35
0,15	0 a 10	2 a 15

A norma ASTM C 144 tem limitações complementares: a areia não pode ter mais de 50% de grãos retidos entre duas peneiras consecutivas e nem mais de 25% entre as peneiras # 0,30 mm e 0,15 mm e se o módulo de finura (MF) variar de mais de 0,2 do valor especificado a areia deve ser considerada inadequada e ser rejeitada. Segundo SAHLIN<sup>7</sup> o módulo de finura deve ser especificado entre 1,6 e 2,5.

A norma DIN 4226 impõe as seguintes faixas granulométricas: de 0 mm a 0,2 mm, percentagem retida 10% a 25% em massa; de 0,2 mm a 1,0 mm: 30% a 40% e de 1,0 mm a 3,0 mm: 40% a 60%. KLEIN<sup>19</sup> cita como o módulo de finura ideal 2,4. Para evitar-se concentração de tensões na junta, SAHLIN<sup>7</sup> recomenda que o diâmetro máximo da areia esteja entre um terço e a metade da espessura da junta. Para adequada trabalhabilidade e retenção de água AMRHEIN<sup>28</sup> afirma que a areia deve ter no mínimo 5% em massa passando na peneira # 0,075 mm.

#### 4.2.2 Cal

Como pode ser observado na *Tabela 1* a adição de cal em uma argamassa, em substituição ao cimento, fundamentalmente melhora as propriedades ligadas à trabalhabilidade e à capacidade de absorver deformações piorando todas as demais.

Parece então evidente que se deva utilizar a cal (hidróxido de cálcio) na sua forma mais favorável para otimização daquelas propriedades.

As seguintes formas favorecem a retenção de água e plasticidade da argamassa recém-misturada e a resiliência da argamassa endurecida:

- a) quanto à forma de emprego a cal em pasta (resultante da extinção da cal em água) é superior ao leite de cal (suspensão de cal hidratada em água) e ambas são superiores à cal hidratada em pó;
- b) quanto ao processo de hidratação dos óxidos de cálcio e magnésio, a cal extinta (hidratação com excesso de água, operação geralmente efetuada em obra) é superior à cal hidratada em pó (hidratação em reatores, em unidades fabris);
- c) quanto à composição, a cal dolomítica ou magnesiana é superior à cal cálcica (desde que haja uma completa hidratação dos óxidos de magnésio, normalmente menos reativos).

Observa-se que a cal hidratada em pó, que é correntemente empregada na preparação de argamassas de assentamento para a alvenaria estrutural apresenta características inferiores comparada com a cal extinta.

Nesta comparação supõe-se que ambos os tipos de cal sejam puros e da melhor qualidade. No entanto, a cal hidratada comercializada entre nós não possui, no geral, boa qualidade (ver ensaios realizados pelo *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT*<sup>29</sup> e *Associação Brasileira de Produtores de Cal - ABPC*) não atendendo às especificações da *Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) EB-152*<sup>30</sup> quanto ao teor de óxidos totais, máximo teor de óxido de magnésio livre, finura e plasticidade. A cal extinta em obra, em contrapartida, pode ter sua qualidade melhor controlada avaliando-se o rendimento obtido no processo de extinção.

Em função das características inferiores de cal hidratada, as normas CP-121 *walling*<sup>1</sup> e DIN 1053 *Mauerwerk*<sup>31</sup> recomendam utilizar um volume maior de cal nas argamassas de cal hidratada do que nas argamassas que empregam a cal extinta, para que ambas possuam a mesma trabalhabilidade. O código CP-121 recomenda um uso de, no mínimo, 50% em volume a mais de cal hidratada ou quanto for necessário (acima deste percentual) para que a trabalhabilidade seja a mesma. A norma DIN 1053 especifica um teor de cal hidratada 33% maior que de cal extinta.

Na avaliação da qualidade da cal é fundamental, segundo *GILLARD & LEE*<sup>21</sup> o teor de óxidos de cálcio e magnésio disponíveis (*Available Lime Content*). Segundo estes autores as propriedades reológicas das argamassas estão diretamente relacionadas com este teor.

#### 4.2.3 Cimento

A utilização dos diferentes tipos e marcas de cimentos portland fabricados no Brasil, não provoca grandes modificações nas propriedades mais interessantes das argamassas de assentamento (mistas).

Isto por causa do pequeno teor de cimento empregado na dosagem e em função das características razoavelmente constantes dos cimentos portland normalizados.

Evidentemente o emprego de cimentos de diferentes classes de resistência (por exemplo: CP II-E 32 ou CP II-E 40) irá produzir argamassas com resistências mecânicas variáveis, no entanto a trabalhabilidade e a resiliência das argamassas é pouco influenciada. Os cimentos que apresentam maior finura (maior superfície

específica) têm potencial para tornar a argamassa mais trabalhável e com maior retenção de água. Os cimentos de endurecimento mais lento podem produzir argamassas mais resilientes. Assim, o cimento portland pozolânico, que possui estas duas características (maior finura e endurecimento mais lento), pode vir a compor uma argamassa com propriedades otimizadas. PATTON<sup>32</sup> destacou esta possibilidade de emprego dos cimentos pozolânicos.

Os chamados cimentos de alvenaria (*masonry cement*) pelas mesmas razões são potencialmente mais adequados para a confecção de argamassas de assentamento para a alvenaria estrutural não armada. Mas, pelos motivos citados na seção 3.5, seu uso só deve ser feito após estudos específicos.

Está supondo-se ainda que os cimentos sejam empregados dentro do seu prazo de validade e que tenham sido estocados corretamente, pois se o cimento já estiver parcialmente hidratado quando do seu uso, todas as propriedades de argamassa ficam prejudicadas.

### 4.3 Com a Variação na Produção e no Manuseio

As argamassas podem ser produzidas por mistura mecânica ou manual dos materiais constituintes. A alvenaria estrutural, por ser um processo construtivo racionalizado e exigir uma argamassa de características constantes, não admite o emprego da mistura manual.

A mistura mecânica de todos os componentes: areia, cal em pó, cimento e água, feita imediatamente antes do emprego da argamassa, é a prática comum e dá origem a um produto que utiliza apenas parte do potencial que a cal possui em melhorar as qualidades reológicas e resilientes da argamassa.

Isto porque o hidróxido de cálcio obtido no processo de hidratação em reatores (em pó) possui uma superfície específica relativamente pequena se comparada com a obtida no processo de extinção. Mas esta superfície específica pode ser muito aumentada se a cal permanecer um certo tempo em contato com a água, principalmente se a cal hidratada contiver grande percentagem de óxido de magnésio não hidratado (o que é comum nos tipos de cales brasileiros).

A prática comum do pedreiro de deixar a argamassa de cal *curtir* ou *descansar* tem justamente o objetivo de tornar a argamassa mais trabalhável

e de evitar que a argamassa fissure macroscopicamente quando aplicada (o que significa que após *descansar* ela possui maior capacidade de absorver deformações).

Então, para otimizar as propriedades interessantes de argamassa mista, recomenda-se produzir primeiramente a argamassa de cal, que deve ser estocada para *curtir* por um dado tempo. Antes do seu emprego, após o *descanso*, adiciona-se o cimento na proporção adequada.

Como foi recomendado na seção 4.2.2 deve-se dar preferência à mistura de areia com pasta de cal. Em caso de impossibilidade de se extinguir a cal em obra, deve se empregar o leite de cal, obtido com a dissolução da cal hidratada em água e posterior repouso da solução. A utilização da cal hidratada em pó diretamente, implica em um consumo maior desta (em relação ao leite de cal ou à pasta de cal).

Os ingleses, no código CP-121 *walling*<sup>1</sup> recomendam que: em todos os casos a argamassa de cal repouse no mínimo por 16 horas; quando se preparar o leite de cal, este deverá repousar também por 16 horas no mínimo; a pasta de cal deve descansar por 2 semanas antes do uso; quando se misturar a cal em pó com a areia, misturar primeiro a areia e a cal a seco e depois acrescentar água.

Outra vantagem em se misturar previamente a cal com a areia e depois a argamassa de cal com o cimento é a de evitar o desperdício de cimento. Como as dosagens são geralmente por volume e com emprego de areia seca, a mistura de areia úmida, com um certo inchamento, introduz em erro que conduz a um consumo maior de cimento. Como a argamassa de cal tem volume constante e praticamente igual ao da areia seca, esse erro não ocorre. Por exemplo, para um traço 1:1:6, prepara-se uma argamassa de cal de 1:6 que posteriormente será misturada com o cimento (6 partes da argamassa de cal para uma de cimento) compondo o traço especificado.

A argamassa após a adição de cimento possui um prazo de validade não superior a 3 horas (*AMRHEIN*<sup>28</sup> limita a 2,5 horas). Neste período a argamassa ao perder água por evaporação, perde fluidez e plasticidade. O reamassamento, com acréscimo de água ocasiona uma perda de resistência à compressão. Mas segundo *PLUMMER*<sup>2</sup> esta diminuição da resistência é compensada por um ganho na capacidade de aderência, que fica muito prejudicada com a perda de fluidez e plasticidade. Além disso, tornando novamente a argamassa trabalhável, pela adição de água, diminui-se a possibilidade de falhas resultantes do não preenchimento adequado das juntas.

#### 4.4 Com as Condições de Cura

Após o assentamento da alvenaria a cura da argamassa é feita sob as condições ambientais existentes. Se ocorrerem condições adversas, a cura deficiente ocasionará variação nas propriedades da argamassa endurecida, todas no sentido negativo: cairão as resistências mecânicas; a aderência final entre o elemento e a argamassa será reduzida; aumentará a retração na secagem; diminuirá a capacidade da argamassa de absorver deformações. E a durabilidade da alvenaria, por conseguinte, ficará comprometida.

### 5 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

#### 5.1 Classificação

A tecnologia da alvenaria estrutural incorpora uma aparente ilogicidade: emprega um material, a argamassa de assentamento, que tem uma importância capital na qualidade final da estrutura de alvenaria, mas sobre tal material não possui meios de exercer um controle prévio das características do material que realmente definem aquela qualidade. Não existe parametrização limite para, por exemplo: trabalhabilidade; capacidade de aderência; capacidade de absorver deformações ou retração na secagem.

É uma ilogicidade aparente porque na verdade seria o componente junta de argamassa, que possui funções muito bem definidas (ver seção 1), que deveria ter sua qualidade controlada. Porém, a junta de argamassa não pode ser obtida isoladamente e portanto, o que objetivamente se tem de controlar são as características do conjunto bloco-junta de argamassa (desempenho).

Esta situação justifica a tendência mundial de especificar argamassas por composições e não por propriedades que elas possam vir a apresentar.

No entanto, a adoção de composições-tipo standardizadas subordina-se obrigatoriamente à existência dos seguintes requisitos:

- a) normalização e controle de qualidade efetivos dos constituintes das argamassas;
- b) pesquisas laboratoriais constantes das características das composições-tipo e de avaliação da adequabilidade de emprego destas

composições através de ensaios do conjunto bloco-junta de argamassa; e,

- c) controle de qualidade (estatístico) da produção, por intermédio da mensuração de uma ou mais propriedades de fácil reprodutividade e de pequena dispersão estatística.

O objetivo principal deste controle de qualidade é a verificação da constância de características da argamassa produzida e não o estabelecimento de parâmetros limitativos para alguma propriedade, de *per si* concludentes.

Isto justifica a adoção da resistência à compressão como único requisito especificado em normas estrangeiras (com exceção da C 270 da *ASTM - American Society for Testing and Materials*<sup>33</sup> que especifica ainda um valor mínimo de retenção de água) para as argamassas de assentamento empregadas na alvenaria estrutural.

Ou seja, apesar de a resistência à compressão não ser uma propriedade conclusiva quanto à adequabilidade da argamassa, a parametrização da resistência apresentada por corpos-de-prova em ensaios normalizados conduz à uniformidade de produção. A adequabilidade da argamassa, como foi dito, deve ser avaliada em ensaios do conjunto elemento-argamassa.

A metodologia de avaliação de argamassas de assentamento pode ser fracionada em: ensaios de caracterização de composições-tipo, ensaios de adequabilidade e ensaios de controle de qualidade da produção.

Os ensaios de adequabilidade por serem ensaios de desempenho da parede de alvenaria ou de corpos-de-provas de alvenaria, executados após o endurecimento da argamassa, não serão abordados neste trabalho.

## 5.2 Ensaios de Caracterização de Composições-Tipo

Os ensaios de caracterização de composições-tipo são ensaios laboratoriais de avaliação daquelas propriedades das argamassas que irão ter influência nos resultados dos ensaios de adequabilidade.

Estes ensaios de caracterização são essenciais para o projeto e escolha de composições, por fornecerem dados que apropriadamente manejados, permitem compor traços convenientes.

As propriedades que com maior ou menor importância devem ser caracterizadas são:

- a) consistência (plasticidade); retenção de água; retenção de consistência (*consistence retentivity*);
- b) resistência à compressão; resistência à tração na flexão;
- c) módulo de deformação; coeficiente de *Poisson*;
- d) tempo de endurecimento; retração na secagem;
- e) massa específica; conteúdo de ar (recém-misturada).

No Brasil inexistem métodos de ensaio normalizados para avaliação destas propriedades das argamassas.

Em outros países, principalmente na Inglaterra, nos Estados Unidos e na Alemanha Ocidental existe normalização de métodos apropriados. Métodos para a determinação de uma mesma propriedade mas de origens diferentes divergem consideravelmente. A análise de resultados obtidos em diversos países deve levar em conta certas divergências de método.

A Comissão *RILEM - Réunion Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* do *CIB - Conseil International du Batiment pour la Recherche, l'Étude et la Documentation*, para o estudo de argamassas, editou um relatório<sup>9</sup> em que são analisados e comparados os métodos de ensaio empregados em quinze países.

As normas *BS 4551 - Methods of Testing Mortars, Screeds and Plasters*<sup>34</sup> e *DIN 18555 - Mörtel aus mineralischen Bindemitteln; Prüfung*<sup>35</sup> (Argamassas de Aglomerantes Minerais; Ensaios) são as mais completas e se fundamentam em uma tecnologia experimental bastante desenvolvida.

*GILLARD & LEE*<sup>21</sup> executaram um trabalho experimental de quantificação das propriedades de diversas composições-tipo empregando os métodos ingleses da norma *BS 4551*<sup>34</sup> e concluíram que tais métodos possibilitam uma boa reprodutividade para argamassas mistas.

### 5.3 Ensaios de Controle de Qualidade da Produção

É inerente ao processo de fabricação de argamassas em canteiro de obras a probabilidade de obterem-se produtos com características bastante



variáveis. A causa principal é a não uniformidade dos materiais básicos e, a probabilidade aumenta muito quando não existe controle de qualidade destes materiais (como no Brasil).

O emprego de argamassas inadequadas implica em uma alvenaria estrutural deficiente. E quase sempre as deficiências relacionam-se com a perda de monolicidade da parede por falhas na interface elemento-argamassa ocasionadas pelas baixas capacidades de aderência e de absorver deformações da argamassa empregada.

O controle de qualidade de produção ideal seria aquele que avaliasse *in situ* e antes do seu emprego, as capacidades de aderência e de absorver deformações da argamassa. Até hoje, no entanto, não se conseguiu desenvolver um método que possibilitasse estas avaliações.

Assim, o controle de qualidade executado até o presente, é apenas um controle de uniformidade de produção determinado pela resistência à compressão, apresentado por um corpo-de-prova, a uma certa idade.

A resistência à compressão da argamassa é uma propriedade secundária na tecnologia da alvenaria estrutural (ver seção 2.5), além do que, a resistência apresentada pelo corpo-de-prova cúbico ou cilíndrico, não tem uma relação direta com a resistência da junta de argamassa, que possui um formato laminar e está sujeita a um estado triplo de tensões. No entanto, é uma propriedade que possibilita a execução de ensaios de boa reprodutividade e de baixo coeficiente de variação, sendo, portanto, adequado para um controle de uniformidade de produção.

Além disso, com os resultados deste ensaio pode-se avaliar, através de correlações com ensaios laboratoriais mais complexos, a durabilidade esperada, a resistência à tração na flexão, o módulo de deformação e o coeficiente de *Poisson* da argamassa.

O ensaio de resistência à compressão, feito no Brasil, apresenta para argamassas mistas uma dispersão de resultados excessiva e inadequada e, por isso e pelo exposto, possui validade limitada para o controle de qualidade de produção. Esta dispersão ocorre porque este ensaio foi desenvolvido para se avaliar a resistência do cimento portland, mantendo-se constantes as características da areia e o teor de água, o que evidentemente não reproduz a realidade no campo das argamassas. Propõe-se a adoção da tecnologia inglesa que utiliza o corpo-de-prova cúbico de características específicas para argamassas reais.

Um outro ensaio de controle de qualidade de produção adotado nos Estados Unidos é o de retenção de água. Esta propriedade das argamassas tem uma relação com a capacidade de aderência e com a capacidade de absorver deformações. Apesar de esta não ser uma relação direta, pode-se parametrizar a retenção de água de maneira a estreitar a faixa de variação daquelas propriedades essenciais, aumentando assim, a possibilidade de se obter argamassas adequadas.

A deficiência do método tradicionalmente empregado nos Estados Unidos (norma ASTM C 91<sup>36</sup>) é de não ser muito operacional para uso no campo. Além de não fornecer o percentual de água retida diretamente, mas através de uma correlação com a perda de consistência (na *flow table*). O método inglês da BS 4551<sup>34</sup> pela sua simplicidade pode ser empregado no canteiro de obras com o mesmo resultado que em laboratório. Ele fornece diretamente a quantidade de água retida pela argamassa ao entrar em contato com um material poroso em condições padronizadas (discos de papel-filtro).

Outros ensaios de controle de qualidade de produção que podem ser realizados conjuntamente com o de retenção de água são os de consistência (fluidez, viscosidade ou resistência à penetração) e retenção da consistência (após perda de água). No relatório da Comissão RILEM/CIB<sup>9</sup> são apresentados trabalhos de diversos pesquisadores que compararam os vários métodos empregados na avaliação da consistência (penetração de bola; penetração de sonda; mesa de fluidez; viscosidade Mo-metro). Do exame destes trabalhos não foi possível detectar-se uma forte evidência de qual ensaio seria o mais adequado e confiável. Porém pela comparação entre as simplicidades de cada método e dos equipamentos que empregam, condições essenciais para ensaios de campo, os ensaios de penetração se destacam. E dentre estes a penetração de bola (*dropping ball test*) da BS 4551<sup>34</sup> possui a vantagem extra de ser feito concomitantemente com os de retenção de água e retenção da consistência, sem equipamento adicional e em reduzido tempo.

Nos Estados Unidos tem-se também procurado desenvolver ensaios de campo. Em 1980 foi editada a norma ASTM C 780<sup>37</sup> que estabelece uma metodologia de avaliação das argamassas de assentamento no canteiro de obras. Entre outros a norma standardiza os seguintes métodos: consistência (penetração de cone); retenção da consistência; conteúdo de água e teor relativo aglomerante/agregado. No entanto, tais métodos são menos práticos que os da norma inglesa citada.

## 6 FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS

A tecnologia da fabricação de argamassas é muito simples: definidos os componentes a serem utilizados e a composição (proporção relativa de

cada componente) na fase de projeto a fabricação resume-se em misturar mecanicamente os componentes em uma certa seqüência e por um dado tempo.

A fabricação da junta de argamassa é mais complexa. Compõe-se das tecnologias de: emprego, moldagem e cura. Esta fabricação confunde-se com a fabricação da parede de alvenaria.

Considerando apenas as argamassas mistas, a escolha da seqüência de mistura é função do estado como o componente cal é empregado. Na *Tabela 4* são discriminadas quatro maneiras de se executar a mistura de uma mesma argamassa (traço em volume), em função do estado em que a cal é empregada, conforme o código CP-121 - *walling*, da BSI<sup>1</sup>. Com isto obtém-se argamassas com características diversas.

Na seqüência A → D (*Tabela 4*) temos, mantendo-se constante a quantidade de cal (ver seção 4.3): menor trabalhabilidade e menor capacidade de retenção de água e de absorver deformações. Pode-se manter uma certa constância nestas propriedades, mas com o emprego de maior quantidade de cal (crescente com a seqüência A → D).

Como os traços são especificados em volume e a cal e o cimento são adquiridos em massa, as seguintes massas específicas devem ser utilizadas no cálculo: cimento = 1440 kg/m<sup>3</sup>; cal em pó = 575 kg/m<sup>3</sup> e cal em pasta = 1360 kg/m<sup>3</sup>. A norma ASTM C 270<sup>33</sup> fornece valores um pouco diferentes: cimento = 1505 kg/m<sup>3</sup>; cal em pó = 640 kg/m<sup>3</sup> e cal em pasta = 1280 kg/m<sup>3</sup>. Quanto ao tempo de mistura em betoneira, não há um valor limite bem quantificado. Os alemães<sup>31</sup> recomendam que a mistura seja feita até obter-se homogeneidade. Os ingleses<sup>1</sup>, até obter-se consistência adequada. Os americanos<sup>33</sup> fazem a mesma recomendação, com a ressalva de que a mistura se processe por 3 minutos, no mínimo *ROSELLO*<sup>10</sup> afirma que: “*Quanto mais prolongada é a duração da mistura, melhora-se a plasticidade e a retenção de água (da argamassa) porque se introduz ar na massa*”. *DAVISON*<sup>3</sup> limita o tempo de mistura a um máximo de 10 minutos.

## 7 COMPOSIÇÕES RECOMENDADAS - ESPECIFICAÇÕES INTERNACIONAIS

### 7.1 Normalização

No Brasil inexistem pesquisas que possam ser adotadas como base para a recomendação de composições-tipo de argamassas de assentamento para a

TABELA 4 - Seqüências de mistura de argamassas mistas

Argamassa tipo	Componentes (tipo e dosagem)		Mistura mecânica	
	Areia	Cal	Argamassa intermediária (de cal)	Argamassa mista
A	Umidade natural; dosagem em volume.	Em pasta, dosagem em volume.	Areia + pasta; mistura e <i>descanso</i> por 16 horas, no mínimo.	Argamassa intermediária (em volume) + cimento e + água; emprego imediato.
		Em leite de cal, dosagem em volume.	Areia + leite de cal (água + cal em pó) preparado com 16 horas de antecedência, no mínimo. Mistura e <i>descanso</i> por 16 horas, no mínimo.	
B	Aumento de volume por inchamento deve ser considerado (os traços são de areia seca).	Em pó, dosagem em massa.	Areia + cal; mistura parcial; + água mistura e <i>descanso</i> por 16 horas, no mínimo.	Argamassa + cal + cimento; mistura parcial; + água; mistura; emprego imediato.
		Idem	-	
C				
D				

alvenaria estrutural não armada. Explicam tal assertiva, além da falta de tradição em pesquisas tecnológicas neste campo a inexistência de:

- a) especificações para a areia e especificações adequadas para a cal (e ainda para cimento de alvenaria, aditivos etc.);
- b) controle de qualidade para os materiais citados em a);
- c) métodos de ensaios normalizados para caracterização de propriedades das composições-tipo, a menos da resistência à compressão (e ainda assim inadequado, ver seção 5.3);
- d) métodos de ensaios normalizados para avaliação do desempenho de argamassas considerando-se o conjunto bloco-argamassa.

Serão citadas, como ilustração, as composições-tipo recomendadas na Inglaterra, Alemanha Ocidental e Estados Unidos.

Deve-se ressaltar três aspectos essenciais: a comparação entre as especificações evidencia a dependência das composições das características dos materiais standardizados e dos métodos de ensaio normalizados; os empregos sugeridos para as composições apresentam variações apreciáveis de país para país; não há como adotar-se com segurança quaisquer uma das composições recomendadas, pois são particulares aos materiais e à tradição construtivas locais.

No gráfico da *Figura 5* compara-se, por exemplo, as resistências à compressão médias (mínimas) que argamassas de mesma composição devem apresentar segundo as especificações daqueles países.

## 7.2 Especificações Inglesas

Na *Tabela 5* tem-se as argamassas recomendadas na Inglaterra para o assentamento de alvenaria segundo o código CP-121 *walling*<sup>1</sup>. A resistência à compressão em ensaios de campo que as argamassas devem apresentar são extraídas da BS 5628 - *Code of Practice for Structural Use of Masonry - Part 1 - Unreinforced Masonry*<sup>38</sup>.

Para a alvenaria estrutural a escolha da argamassa é condicionada pelo cálculo estrutural<sup>38</sup>. Estabelece-se ainda uma mínima qualidade que a argamassa deve ter para que a parede apresente uma durabilidade adequada<sup>1</sup>.

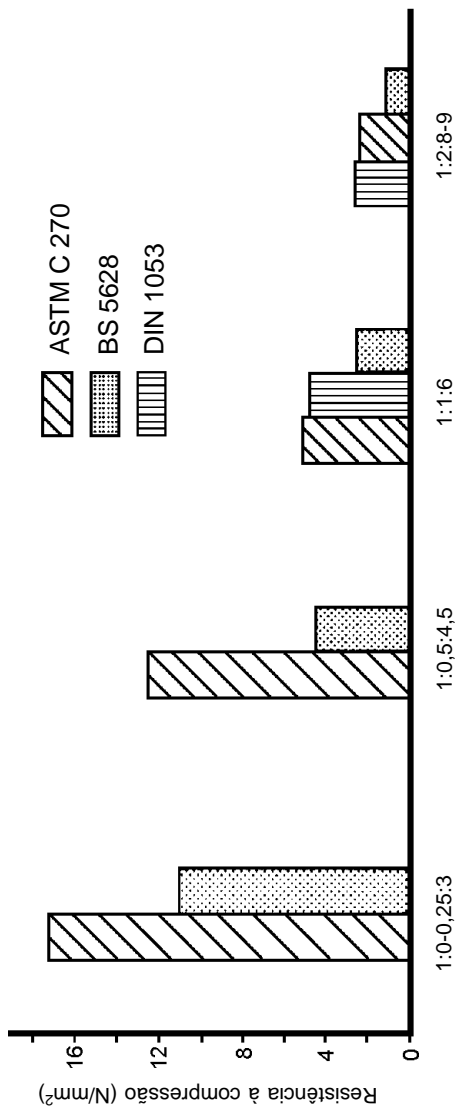


FIGURA 5 - Resistências à compressão médias exigidas para argamassas normalizadas segundo a composição-tipo (argamassas:traço em volume - cimento:cal em pasta:areia)

TABELA 5 - Argamassas recomendadas na Inglaterra (proporções em volume) segundo CP-121

	Grupo de argamassa	Cimento:cal:areia	Cimento de alvenaria:areia	Cimento:areia (com plastificante)	Resistência à compressão média aos 28 dias (ensaios de campo) (N/mm <sup>2</sup> )
↑ Aumento na resistência à compressão. Diminuição na capacidade de absorver deformações ↑	I	1,0:0 a 0,25:3,0	-	-	11,0
	II	1,0:0,5:4,0 a 4,5	1,0:2,5 a 3,5	1,0:3,0 a 4,0	4,5
	III	1,0:1,0:5,0 a 6,0	1,0:4,0 a 5,0	1,0:5,0 a 6,0	2,5
	IV	1,0:2,0:8,0 a 9,0	1,0:5,5 a 6,5	1,0:7,0 a 8,0	1,0
	V	1,0:3,0:10,0 a 12,0	1,0:6,5 a 7,0	1,0:8,0	-
Direções de mudança nas propriedades	→	Aumento na resistência à danos devidos ao congelamento.			
	←	Aumento na capacidade de aderência e conseqüente resistência à penetração de água.			

Obs.: 1) Resistências aproximadamente equivalentes em cada grupo.

2) Proporções para areia seca. Quando há variação na quantidade de areia (por exemplo, 8 a 9) os valores maiores referem-se a areia bem graduada e os menores quando for grossa ou uniformemente fina (para obter-se trabalhabilidade).

3) Proporções para pasta de cal. Quando for empregada cal hidratada em pó na mistura seu volume deve ser aumentado por mais de 50% até o necessário para obter-se trabalhabilidade adequada.

4) Cimento portland BS 12; cal BS 890; areia BS 1200; cimento de alvenaria BS 5224; plastificante BS 4887; ensaios de resistência à compressão BS 4551.

Por exemplo, para paredes internas sem revestimento, deve-se usar, no mínimo, argamassa do grupo IV; para paredes externas, III ou IV; para fundações, III e para muros de arrimo permanentemente úmidos, II.

### 7.3 Especificações Alemãs

Na *Tabela 6* tem-se as composições recomendadas na Alemanha Ocidental, conforme DIN 1053 *Mauerwerk, berechnung and ausführung*<sup>31</sup> (Alvenaria, Cálculo e Execução).

As recomendações quanto ao emprego são:

- a) *Grupo I* - Admitido seu uso para edifícios de até 2 pavimentos e quando a espessura das paredes for maior ou igual a 24 cm.
- b) *Grupo II e IIa* - É proibido o uso simultâneo destes dois grupos no mesmo canteiro de obras. Não é permitido o uso em alvenaria armada.
- c) *Grupo III* - Sem restrições.

A escolha da argamassa na alvenaria estrutural é feita conjuntamente com a escolha do tipo de bloco e em função das tensões admissíveis projetadas.

TABELA 6 - Argamassas recomendadas na Alemanha Ocidental (proporções em volume), segundo DIN 1053

Grupo de argamassa	Cimento portland	Cal		Areia	Resistência à compressão mínima aos 28 dias (N/mm <sup>2</sup> )	
		Pasta	Pó		Valor isolado	Média
I		1		4	-	-
			1	3		
II	1	1,5		8	2,0	2,5
	1		2	8		
IIa	1		1	6	4,0	4,9
III	1			4	7,9	9,8

- Obs.:
- 1) O volume de areia refere-se ao estado de umidade natural (em depósito).
  - 2) O conteúdo de cimento não pode ser diminuído quando se utilizam aditivos plastificantes.
  - 3) Cimento conforme DIN 1164; cal DIN 1060; areia DIN 4226; ensaio de resistência à compressão DIN 18555.



## 7.4 Especificações Americanas

A especificação ASTM C 270 *Standard Specification for Mortar for Unity Masonry*<sup>33</sup>, recomenda as composições da *Tabela 7*. Além da resistência à compressão mínima existe a exigência de uma fluidez (*flow*) mínima de 70% após a sucção no ensaio de retenção de água (método ASTM C 91<sup>36</sup>).

TABELA 7 - Argamassas recomendadas nos Estados Unidos (proporções em volume), segundo ASTM C 91

Tipo de argamassa	Cimento portland	Cal	Areia	Resistência à compressão média (mínima) aos 28 dias (N/mm <sup>2</sup> )
M	1	-	de 2,25 a 3,00 vezes a soma dos volumes de cimento e cal	17,2
S	1	0,25 a 0,50		12,4
N	1	0,50 a 1,25		5,2
O	1	1,25 a 2,50		2,4
K	1	2,50 a 4,00		0,5

- Obs.: 1) Cal hidratada em pó ou cal em pasta.  
2) Areia úmida e solta.  
3) Cimento portland conforme ASTM C 150; cal virgem ASTM C 5; cal hidratada ASTM C 207; areia ASTM C 144; ensaio de resistência à compressão ASTM C 91.

A escolha da argamassa a ser empregada na alvenaria estrutural deve ser feita segundo as exigências dos códigos de construção adotados (nos Estados Unidos eles são locais) quanto às tensões admissíveis em projeto. A norma ASTM C 270<sup>33</sup> apresenta um guia para seleção de argamassas em função do tipo de construção. Por exemplo: para paredes estruturais a argamassa recomendada é a de tipo N (alternativamente pode ser empregada a S ou M); para paredes não estruturais tipo O (K, N ou S); para fundações e muros de arrimo tipo S (M ou N). Esta norma não recomenda o emprego de aditivos na argamassa.

## 8 A ESCOLHA DA ARGAMASSA

No Brasil, a escolha da argamassa de assentamento adequada para a alvenaria estrutural é um problema crítico e até o momento não equacionado.

Apesar de o desempenho da parede de alvenaria estar essencialmente subordinado às características da argamassa, e de a alvenaria estrutural estar já implantada, há mais de uma década não foram ainda executadas pesquisas, no entender do autor, pertinentes.

A adoção de composições padronizadas, no estágio atual de conhecimento tecnológico das argamassas mistas (no Brasil) não é recomendável. Pois, além de inexistirem pesquisas que correlacionem tais composições com as características desejáveis da parede de alvenaria também inexistente ou é inconsistente a padronização e o controle de qualidade dos tipos de cal e das areias empregadas. É justamente quando se sabe que, as características destes materiais são as que mais decisivamente influem na qualidade da argamassa.

No entanto, há a necessidade premente de se especificar argamassas de assentamento para a alvenaria estrutural que possuam adequado desempenho funcional e concomitantemente inibam a ocorrência de problemas patológicos.

Diante disto, há que se escolher uma argamassa que:

- a) admita o máximo teor de cal (*available lime*) na composição;
- b) empregue pasta de cal;
- c) utilize uma areia granulometricamente contínua e classificada como média;
- d) *descanse* pelo menos 24 horas antes do seu emprego.

Na fundamental busca de uma argamassa ideal, deve-se ter como escopo dois conceitos:

- 1º) *A argamassa adequada é aquela que melhor compatibilize as capacidades de aderência com a de absorver deformações.*
- 2º) *A avaliação correta destas capacidades da argamassa só é possível se se ensaiarem corpos-de-prova bloco-argamassa.*

Os ingleses têm uma regra<sup>19</sup>: “*não use uma argamassa mais forte que aquela exatamente necessária para propiciar a resistência requerida para a alvenaria*”.

ANDEREG em 1942<sup>24</sup> citava uma máxima inglesa que segundo ele deveria ser adotada nos Estados Unidos: “*Escolha argamassas mais fracas que os tijolos. As argamassas devem ter muitas das funções de uma válvula de segurança e válvulas de segurança não podem ser tolhidas - (not be tied down)*”.

### Referências Bibliográficas

1. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *Code of practice for walling; brick and block masonry*. London, 1973. (CP-121; part 1).
2. PLUMMER, H.C. *Brick and tile engineering*. 2.ed. McLean, Brick Institute of America, 1962.
3. DAVISON, J.I. *Masonry mortar*. Ottawa, National Research Council of Canada, 1974. (Canadian Building Digest-163).
4. ANDREWS, H. *Mortar for brickwork, block construction and masonry*. London HMSO-Building Research Station, 1950. (National Building Studies Bulletin 8).
5. ISBERNER, A.W. *Properties of masonry cement mortars*. In: *Designing engineering and constructing with masonry products*. Houston, Gulf, 1969. p.42-50.
6. \_\_\_\_\_. *Masonry mortars; a progress report*. Skokie, Portland Cement Association, 1964.
7. SAHLIN, Sven. *Structural masonry*. Englewood Cliffs. Prentice-Hall, 1971.
8. BOMBLED, J. P. & KALVENES, O. *Comportment rhéologique des pâtes, mortiers et bétons; mesure, evolution, influence de certains parametres*. *Revue des Matériaux de Construction et de Travaux Publics*, Paris, (617):39-52, fev.1967.
9. RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES MATÉRIAUX ET LES CONSTRUCTION (RILEM). Commission Rilem/Cib. *Mortiers et enduits; rapport d'activité*. *Bulletin Rilem*, Paris, (30):35-55, March. 1966.
10. ROSELLO, M.T.V. *Morteros de cemento para albañileria*. Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1976. (Monografia 337).
11. SHALON, R. & SOROKA, I. *Consistency of cement-lime mortars*. *Materials, Research & Standards*, Philadelphia, 4(9):465-71, Sept. 1964.
12. DAVIDSON, J.I. *Loss of moisture from fresh mortars to bricks*. *Materials, Research & Standards*, Philadelphia, 1(5):383-88, May. 1961.

13. HILSDORF, Hubert. *Les matériaux de maçonnerie et leurs propriétés physiques* In: *STRUCTURES en Maçonnerie*. Paris, Comité Mixte International sur la Conception et L'Etude des Immeubles de Grande Hauteur, 1973. v.27, p.21-39.
14. HEDSTROM, R.O. et alii. *Influence of mortar and block properties on shrinkage cracking of masonry walls*. *Journal of the PCA Research and Development Laboratories*, Chicago, 10(1):34-51, Jan. 1968.
15. BUILDING RESEARCH STATION. *Mortars for jointing*. London, HMSO, 1965. (Digest 58; 2nd Series).
16. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *British standards specification for sands for mortar for plain and reinforced brickwork, blockwalling and masonry; BS-1200*. London, 1976.
17. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *Standard specification for aggregate for masonry mortar; C144*. In: *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, 1982. v.16, p.123-24.
18. RASGDALE, L.A. & RAYNHAM, E.A. *Building materials technology*. 2.ed. London, Edward Arnold, 1972.
19. KLEIN, A. *Multi-storey flat buildings in calcium silicate bricks and blocks and the testing of wall panels and of brick, blocks and mortar for calculated masonry*. In: *AUTOCLAVED calcium silicate building products*. London, Society of Chemical Industry, 1967. p.239-251.
20. SABBATINI, F.H. *Argamassas; notas de aula da disciplina Materiais de Construção Civil*. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 1981.
21. GILLARD, R. & LEE, H.N. *Testing of building mortars using the new British standard methods*. In: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *The reaction parameters of lime*. Philadelphia, 1970. p.82-116. (STP-472).
22. WALKER JR., D.D. *Accelerated curing of lime-cement mortars*. In: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *Masonry; past and present*. Philadelphia, 1975. p.96-106. (STP-589).
23. LAMANA, A. & DELFIN, F. & BULLEMORE, M. *Adherencia entre mortero y bloques de hormigón; influencia de diferentes variables*. *Revista del IDIEM*, Santiago, 9(2):79-102, set. 1970.

24. ANDEREG, F.D. *The effect of brick absorption characteristics upon mortar properties. American Society for Testing and Materials, Proc., Philadelphia, 42:821-36, 1942.*
25. MINNICK, L.J. *Effect of lime on characteristics of mortar in masonry construction. American Ceramic Society Bulletin, Ohio, 38(5):239-245, 1959.*
26. JOHNSON, H.V. *Cement-lime mortars. Technologic Papers of the Bureau of Standards, Washington, 20(308):241-73, 1926.*
27. RENSBURG, J.J.J. et alii. *Factors influencing the bond strength calcium silicate bricks and mortar. Pretoria, Council for Scientific and Industrial Research, 1978. (CSIR Research Report 340).*
28. AMRHEIN, J.E. *Reinforced masonry engineering handbook; clay and concrete masonry. 3.ed. Los Angeles, Masonry, Institute of America, 1978.*
29. *IPT diz como está a qualidade do produto. A Construção São Paulo, São Paulo (1492):11-12, 1976.*
30. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Cal hidratada para argamassas; EB-153. Rio de Janeiro, 1972.*
31. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). *Mauerwerk berechnung and ausführung; DIN-1053. Berlin. 1974.*
32. PATTON, W.J. *Construction materials. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976.*
33. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *Standard specification for mortar for unit masonry; C270. In: \_\_\_\_\_ . Annual Book of ASTM Standards; Philadelphia, 1982. v.16, p.167-81.*
34. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *Methods of testing mortars, screeds and plasters; BS 4551. London, 1980.*
35. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). *Prüfung von mörteln mit mineralischen bindemitteln; DIN-18555; teil 1,2,3. Berlin. 1982.*

36. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *Standard specification for masonry cement; C91*. In: \_\_\_\_\_. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, 1982. v.13, p.71-6.
37. \_\_\_\_\_. *Standard method for preconstruction and construction evaluation of mortars of plain and reinforced unit masonry; C780*. In: \_\_\_\_\_. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, 1982. v.16.
38. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *Code of practice for structural use of masonry: unreinforced masonry; BS 5628; part 1*. London, 1978.



**Sede:**

Av. Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré - 05347-902-São Paulo/SP  
Tel.: (11) 3760-5300 - Fax: (11) 3760-5320  
DCC 0800-0555776 - [www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)

**Escritórios Regionais:**

Pernambuco - Tel: (81) 3092-7070 - Fax: (81) 3092-7074  
Distrito Federal - Tel./Fax: (61) 3327-8768 e 3328-7776  
Minas Gerais - Tel./Fax: (31) 3223-0721  
Rio de Janeiro - Tel: (21) 2531-1990 - Fax: (21) 2531-2729  
São Paulo - Tel: (11) 3760-5374 - Fax: (11) 3760-5320  
Paraná - Tel: (41) 3353-7426 - Fax: (41) 3353-4707

**Representações Regionais:**

Ceará: - Tel./Fax: (85) 3261-2697  
Bahia - Tel./Fax: (71) 3354-6947  
Santa Catarina - Tel./Fax: (48) 3322-0470  
Rio Grande do Sul - Tel./Fax: (51) 3395-3444  
Mato Grosso e Mato Grosso do Sul - Tel./Fax: (67) 3327-2480  
Espírito Santo - Tel./Fax: (27) 3314-3601