



# TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS

Prof. Dr<sup>a</sup> Marienne do Rocio M. Maron da Costa

[mariennecosta@uol.com.br](mailto:mariennecosta@uol.com.br)

Tópico da Disciplina TC 034 – Materiais III

Departamento de Construção Civil- DCC

Universidade Federal do Paraná - UFPR

2º.semestre/2010

# Definição

## **ARGAMASSA – NBR 13281**

- **Mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.**

# Um pouco de História

## ARGAMASSAS MAIS ANTIGAS: CAL + AREIA

**1º. registro** de emprego na construção: Pré-História (11.000 anos atrás)

⇒ Descoberto em 1985, em Israel, ao escavar uma rua: piso polido de 180 m<sup>2</sup> feito com pedras e uma argamassa cal e areia ~ 7000 a 9000 a.c.

**2º. registro:** laje de 25 cm de espessura executada com argamassa de cal no Pátio da Vila de Lepenske-Vir, na Iugoslávia – 5600 a.c.

A partir daí: argamassa de cal e gesso pelos Egípcios, Gregos, Etruscos e Romanos.

# Um pouco de História

**Com as alterações das técnicas de construção**

**=>inclusão de cimento, aditivos, adições ...**

**Final século XIX surge na Europa e Estados Unidos**

**⇒Argamassa Industrializada (adição de água em obra)**

# Funções das Argamassas na Construção

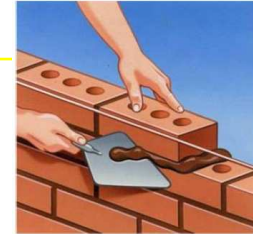
- **Revestimento:**
  - alvenarias
  - emboço
  - reboco
  - monocamada



- **Ponte de aderência:**
  - chapisco

- **Regularização (revestimento de piso):**
  - contrapiso

- **Assentamento:**
  - alvenaria
  - cerâmicos (*argamassa colante*)

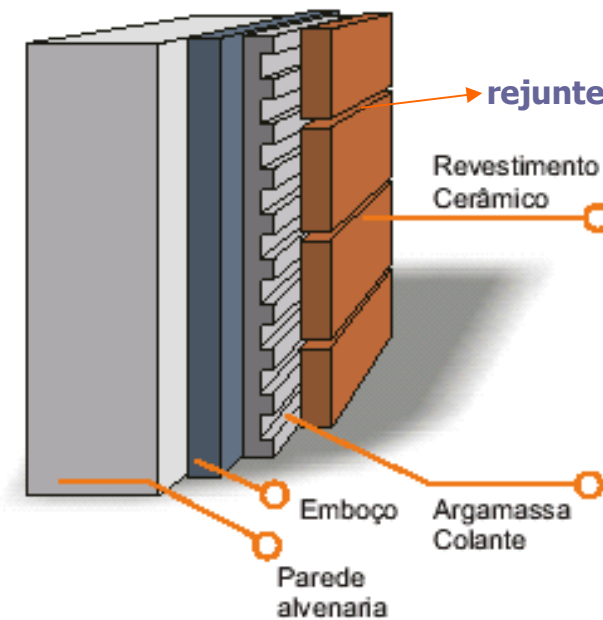
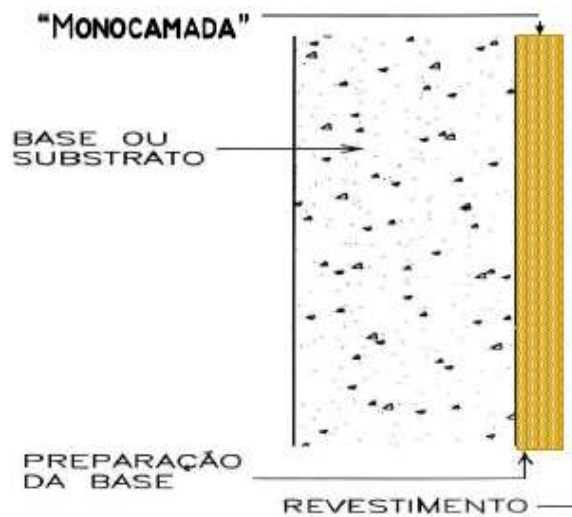
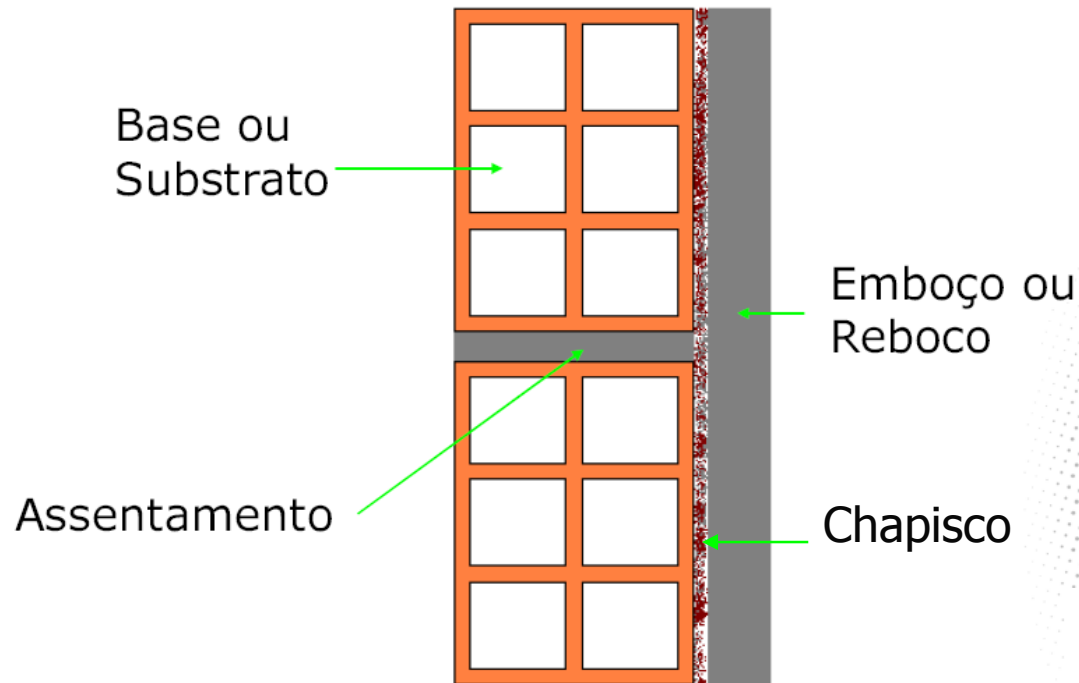


- **Rejuntamento:**
  - cerâmicos
  - rochas ornamentais

- **Argamassa armada**

- **Recuperação de estrutura**
  - Argamassa de reparo

# Funções das argamassas

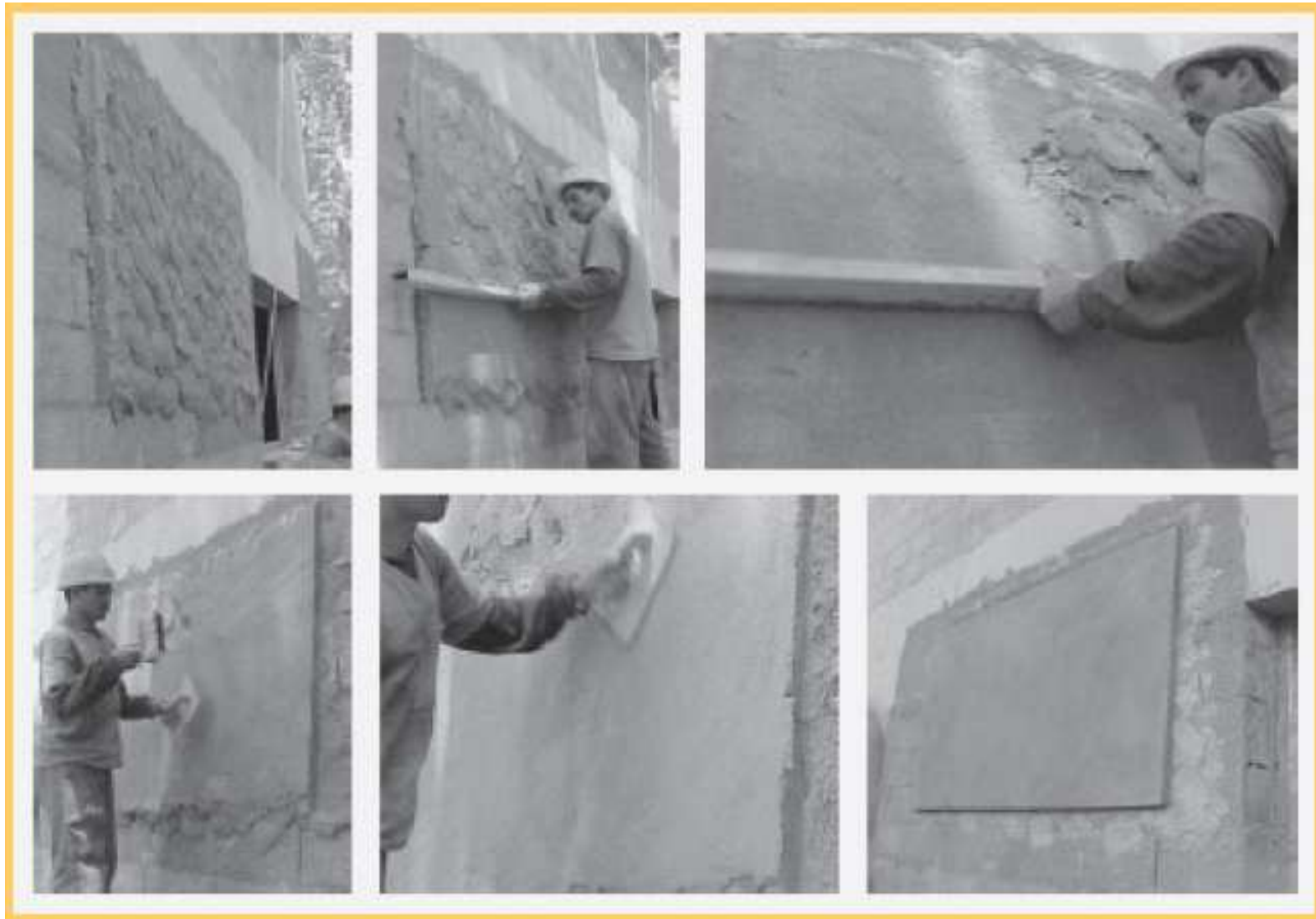


# Argamassa de assentamento



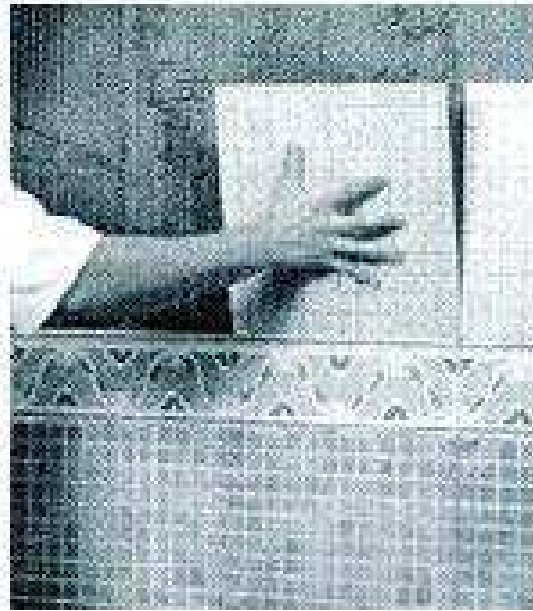
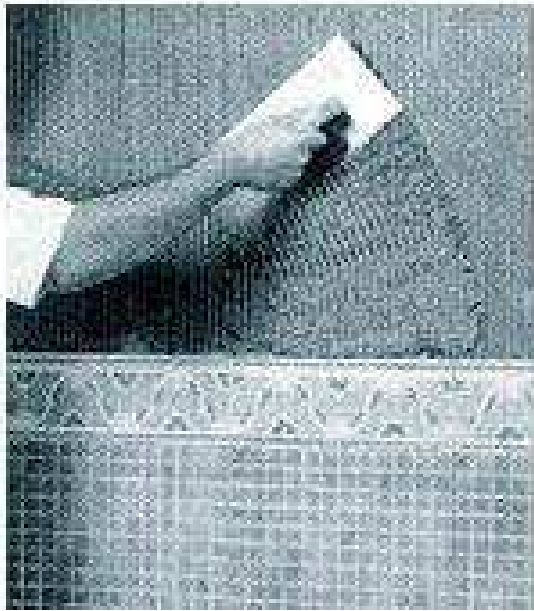
Parede de alvenaria de bloco cerâmico

# Argamassa de revestimento

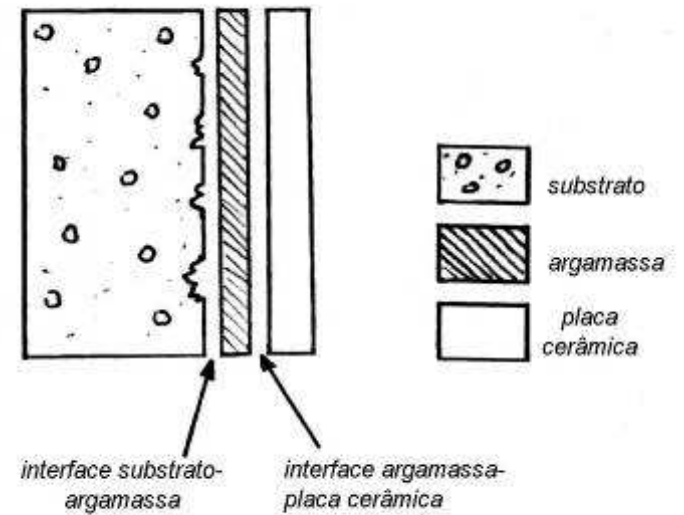




# Argamassa Colante



Força aplicada



# Argamassa Projetada

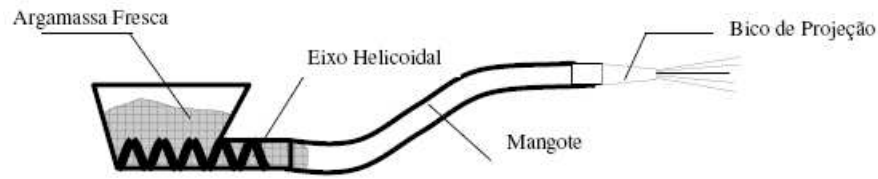
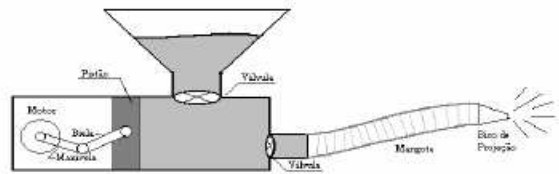


Figura 7.1 – Esquema de bomba do tipo helicoidal



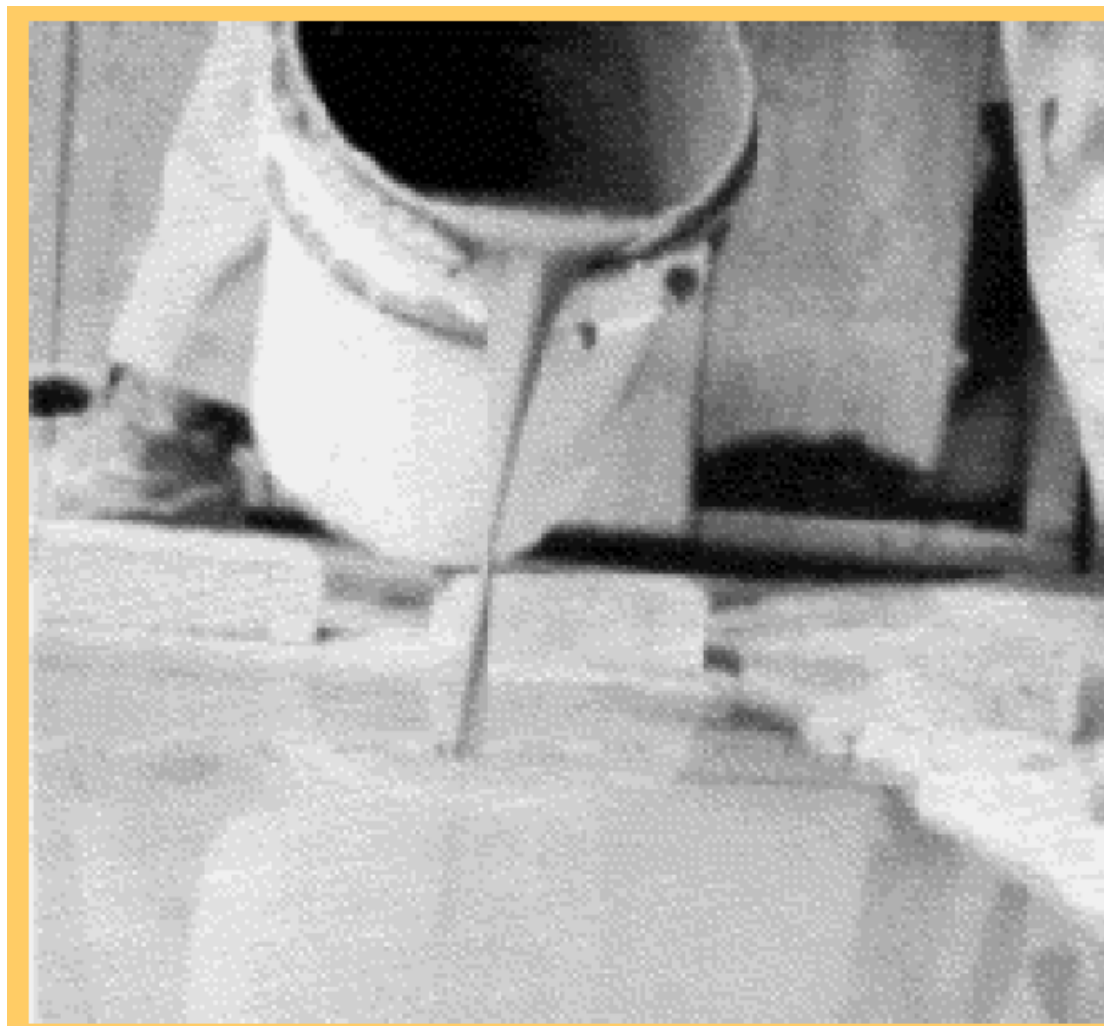
Esquema de bomba do tipo pistão

Elton Bauer, UFB



Equipamento de projeção => influência da Energia de Lançamento

# Argamassa Auto - adensável



# Tipos de argamassas

## NBR 13530 – Classificação

### **APLICAÇÃO**

- manual
- mecânica (projeção)

### **PROPRIEDADES ESPECIAIS**

- impermeabilização
- proteção radiológica
- isolamento térmico
- pigmentadas
- texturizadas

# Tipos de argamassas

## NBR 13530 – Classificação

### **TIPO DE AGLOMERANTE**

- cal
- cimento e cal
- cimento
- gesso



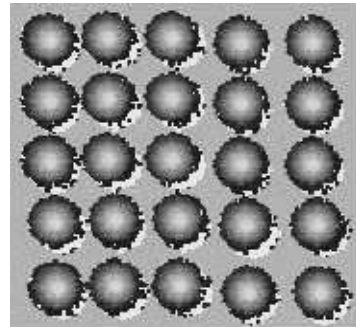
Extinção da cal virgem

# Tipos de argamassas

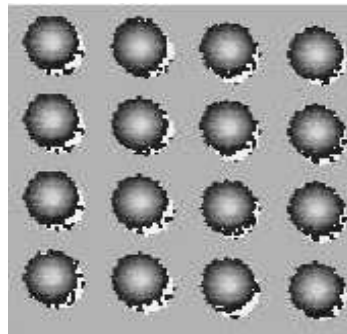
## NBR 13530 – Classificação

### TEOR DE AGLOMERANTES

- RICA



- POBRE



# Tipos de argamassas

## NBR 13530 – Classificação

### **QUANTIDADE DE AGLOMERANTES**

- simples => 1 aglomerante – Ex: argamassa de cimento
  
- mista => mais de 1 aglomerante –  
Ex: argamassa de cimento e cal

# Tipos de argamassas

## NBR 13530 – Classificação

### CONSISTÊNCIA

- seca
- plástica
- fluida





# Tipos de argamassas

## NBR 13530 – Classificação

### FORMA DE PREPARO

- industrializada
  - sacos
- preparada na obra
- argamassa intermediária
  - cal e areia →
- centrais de argamassa móveis



Central de argamassa



Argamassa de cal



# Composição das argamassas

- Agregados (fração grossa + fração fina)
- Aglomerantes (cimento, cal hidratada ou virgem, gesso)
- Adições minerais (escória, pozolana, ...)
- Aditivos (incorp.ar, imperme., ret.água, ...)

**IMPORTANTE!!** **Relação água / materiais secos**



Formulação dos constituintes em MASSA

# PROPORÇÃO DA MISTURA

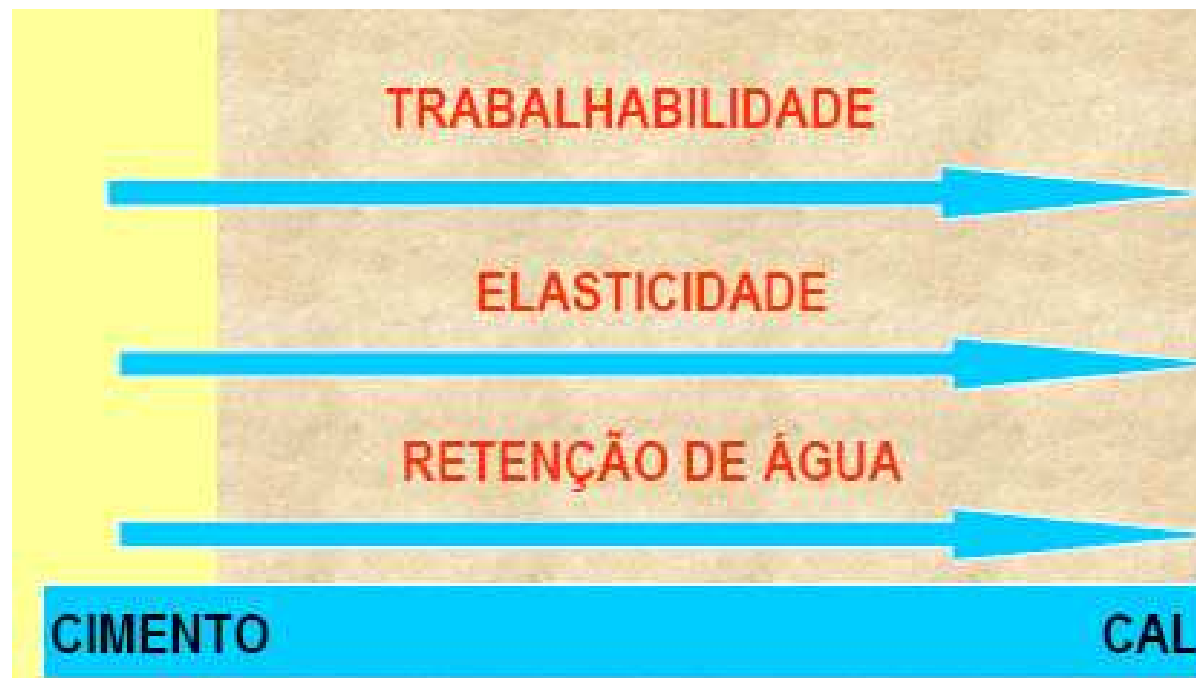
**Alguns traços  
utilizados na  
Dosagem!**

**Ex. para  
Argamassa de  
cimento e cal**

<b>Traço em volume (cim : cal : areia)</b>
<b>1 : 0,0 : 3</b>
<b>1 : 0,0 : 4</b>
<b>1 : 0,5 : 3</b>
<b>1 : 1,0 : 4</b>
<b>1 : 1,5 : 5</b>
<b>1 : 2,0 : 6</b>
<b>1 : 1,0 : 4</b>

# Principais funções dos componentes

- **AGLOMERANTE**
  - resistência mecânica
  - módulo de elasticidade
  - resistência a água
- **AGREGADO**
  - retração
  - movimentação higro-térmica
  - abrasão
  - custo
- **ADITIVO**
  - reologia (ex: incorporador de ar)
  - coesão
  - estanqueidade a água
  - retenção de água



## Efeito do Aditivo Incorporador de ar



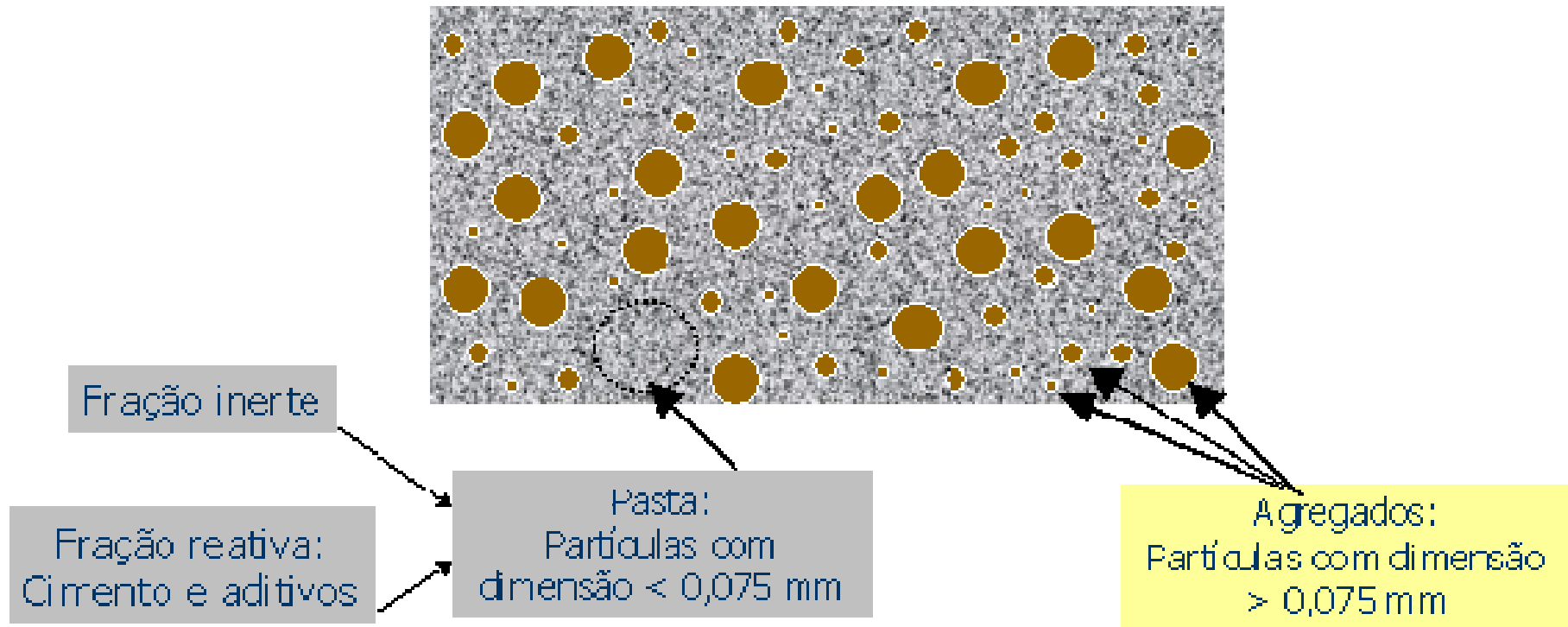
Sem aditivo  
Incorporador de ar



Com aditivo  
Incorporador de ar

# Mistura – suspensão de partículas

## ARGAMASSA:



*Peneira nº. 200  
Abertura 0,075 mm*

# Procedimento de Mistura

- tempo de mistura
- tipo de equipamento (potência)
- seqüência de mistura dos componentes  
(água no pó; pó na água)



Betoneira



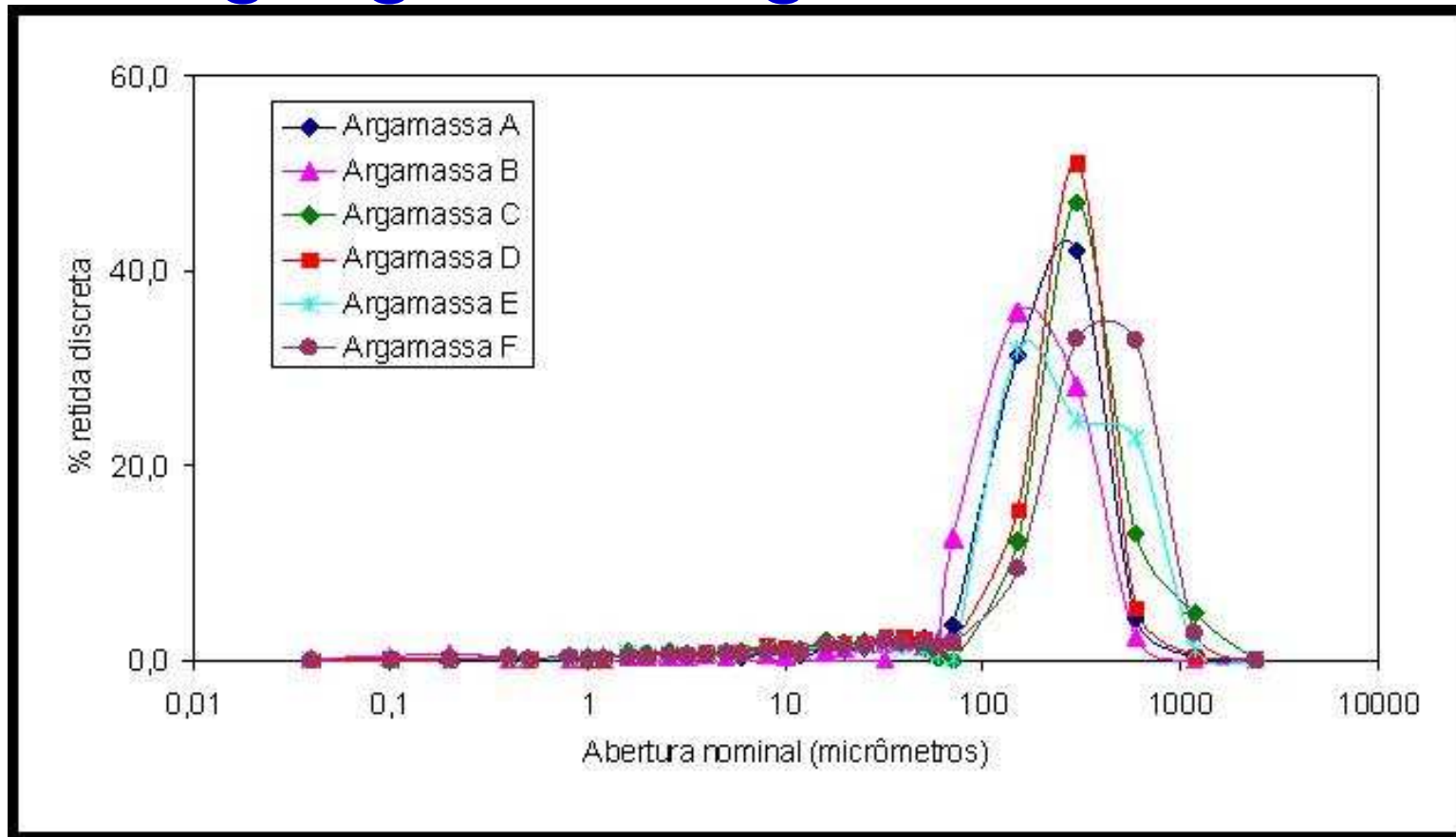
Argamassadeira



Misturador / laboratório

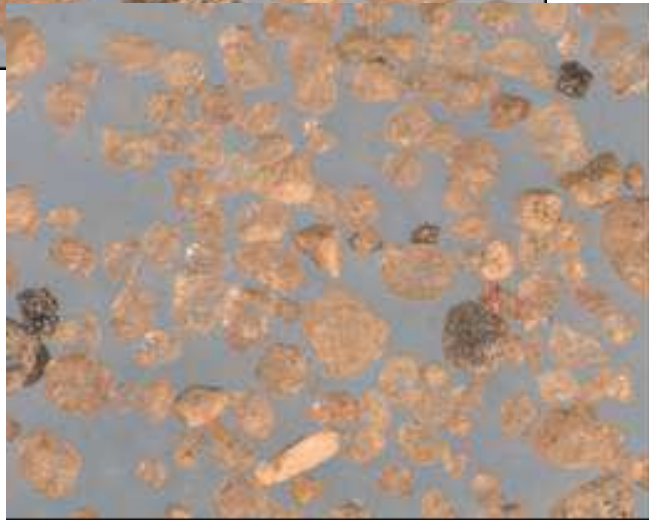
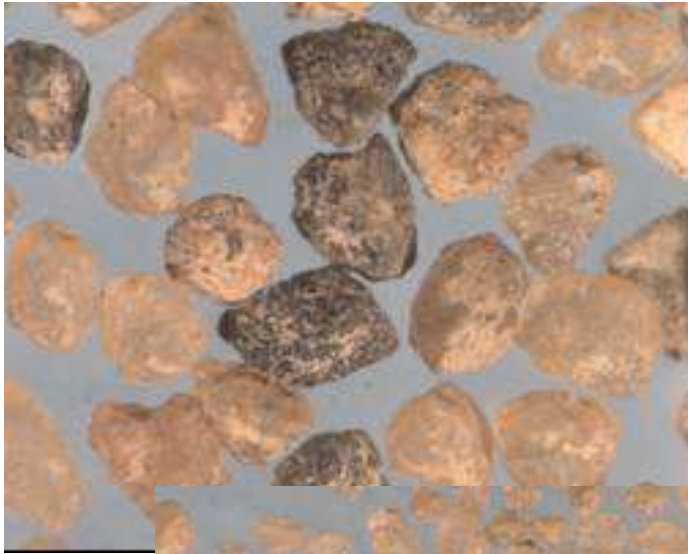


# Controle da Granulometria do agregado e aglomerante



Ex: Curva Granulométrica de ARGAMASSAS COLANTES  
(Tese de Doutorado: Prof. Marienne Costa; jan/2006 - USP)

# Controle da Morfologia do agregado



Agregado NATURAL X ARTIFICIAL => COMPORTAMENTO DISTINTO

# PROPRIEDADES DA ARGAMASSA

**DESEMPENHO**

NECESSIDADES DO CLIENTE

Aplicação

Uso

PONTO FUNDAMENTAL  
INTER-RELAÇÃO

*Estado Fresco*



*Estado Endurecido*

# Propriedades no Estado Fresco

*Desempenho na aplicação*

Adesão

Densidade

Reologia (plasticidade, consistência ~ trabalhabilidade)

Retração

Retenção de água (sucção, exsudação)

# Densidade de massa:

## Aparente ( $\rho_a$ )

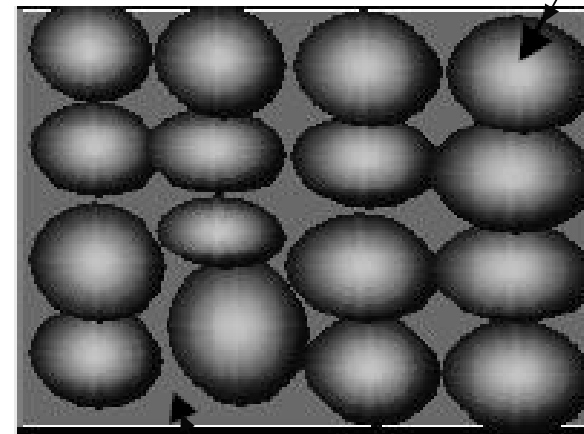
- volume total do recipiente
- inclui vazio entre grãos
- influenciada pelo adensamento

$$\rho = \frac{M}{V} \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$$



## Específica ( $\rho_e$ )

- volume dos grãos
- exclui vazio entre grãos



Volume dos grãos

Volume de vazios entre os grãos

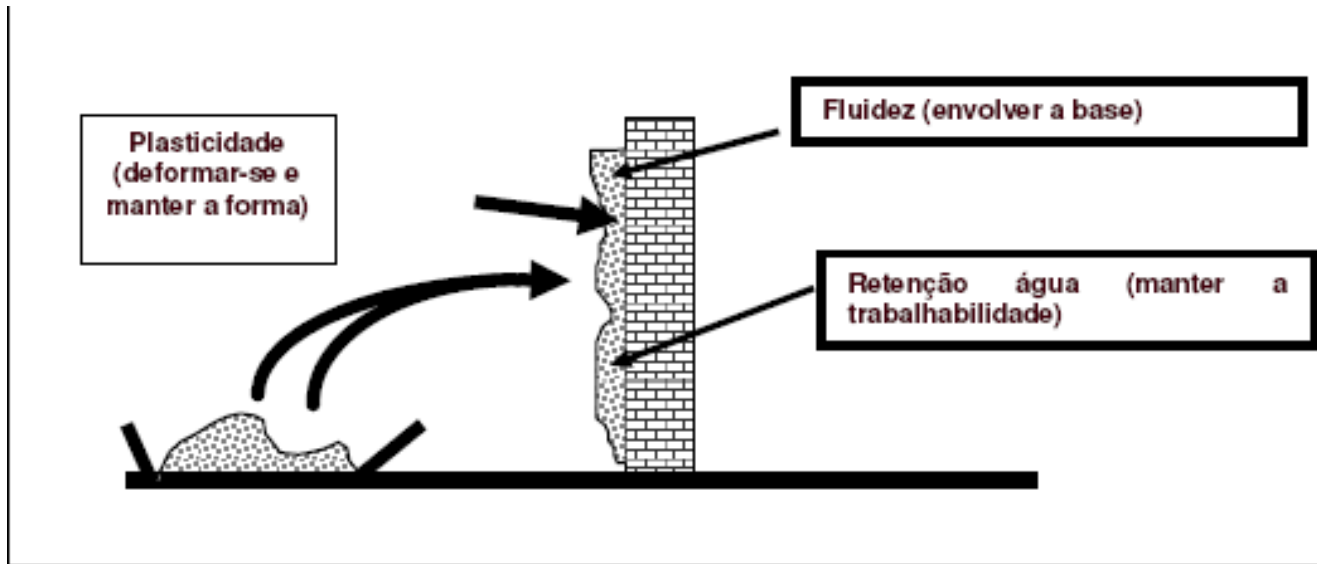
## Valores práticos de densidade dos componentes

### Densidade de massa

<i>(kg/dm<sup>3</sup>)</i>	Aparente	Específica
<b>Cimento</b>	1,15 ~ 1,25	~ 3,1
<b>Cal hidratada</b>	0,5 a 0,8	~2,6
<b>Areia</b>	1,1 a 1,25*	~ 2,6
<b>Gesso</b>	~ 0,6	~ 2,6

\* úmida

# Trabalhabilidade:



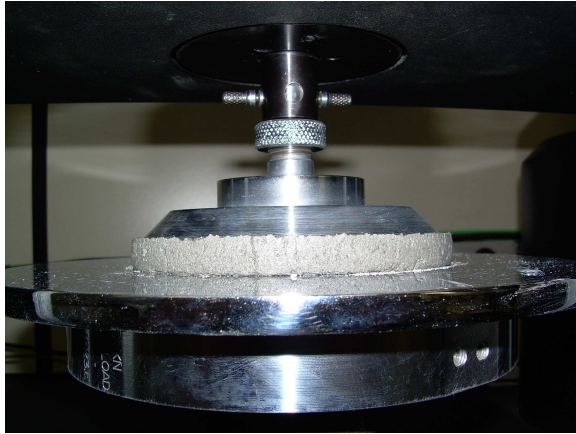
Argamassa após as quedas da mesa



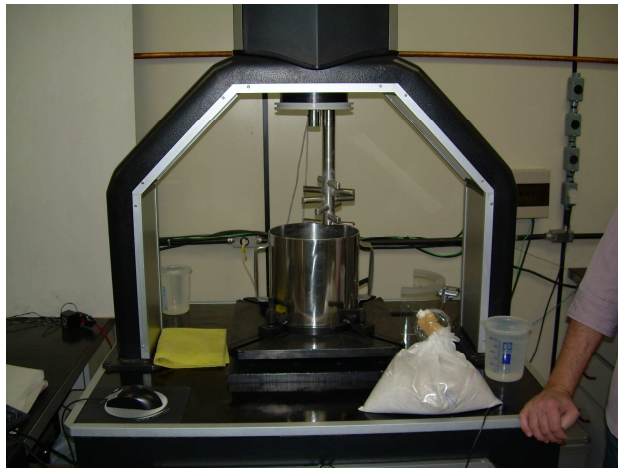
Ensaio de Mesa de Fluidez ("Flow table")

# Trabalhabilidade:

Ensaio Reológicos



Ensaio "Squeeze Flow"



Reômetro

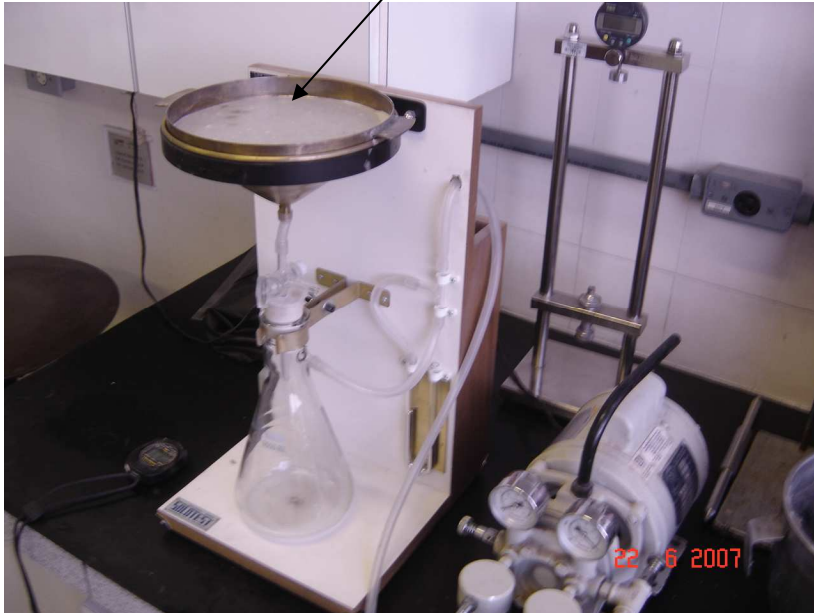
Ensaio de penetração de cone	
Ensaio K-Slump	
Vane test ou ensaio de palheta	
Mesa de consistência	
Cone de escoamento	

Ensaio Monoponto

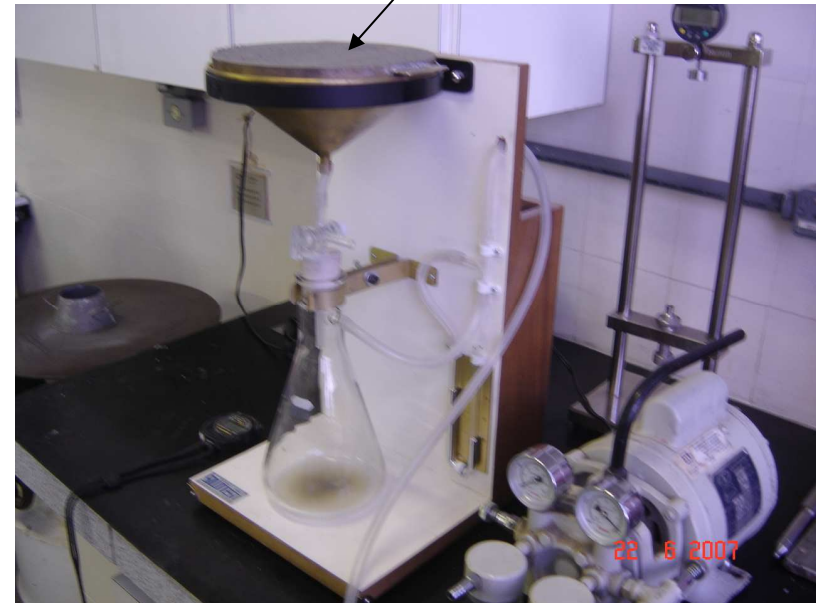


# Retenção de água:

*Papel filtro*



*Argamassa fresca*



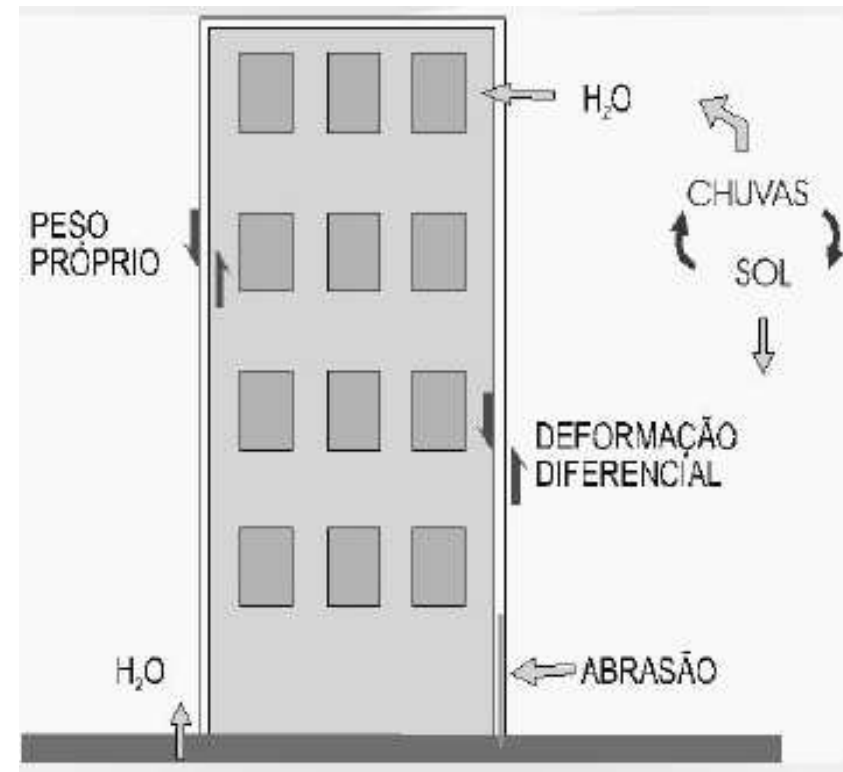
*(ensaio em andamento)*

Ensaio de Retenção de água - Funil de Buchner

# Propriedades no Estado Endurecido

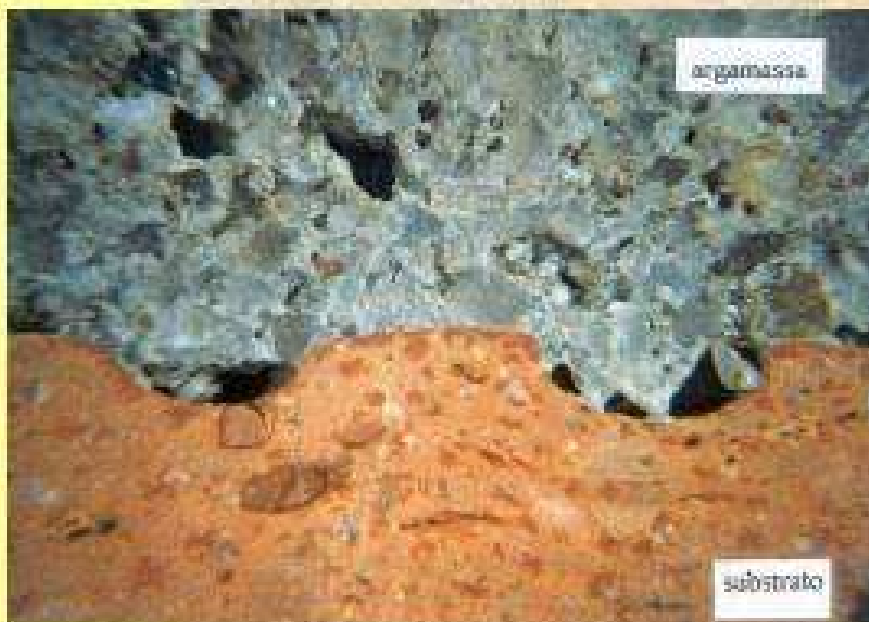
## *Desempenho no uso*

- Aderência
- Retração
- Permeabilidade / capilaridade
- Abrasão
- Elasticidade / Deformabilidade
- Resistência - Biodeterioração



# Aderência:

## Deficiente extensão de aderência



Argamassa de cimento e areia (1:3), aplicada sobre substrato cerâmico tipo I **seco** – retenção de água papel filtro = 90%; funil de Buchner 35%.



# Aderência:

## Melhora na extensão de aderência



Argamassa de cimento:cal:areia (1:1/4:3), aplicada sobre substrato cerâmico tipo II **seco** – retenção de água papel filtro = 92%; funil de Buchner 66%.

Imagem obtida de lupa estereoscópica com ampliação de 20 vezes – (fonte CARASEK, Helena, 1996).

## EXTENSÃO DE ADERÊNCIA!



# Aderência:

Limites mínimos de Aderência - NBR 13749

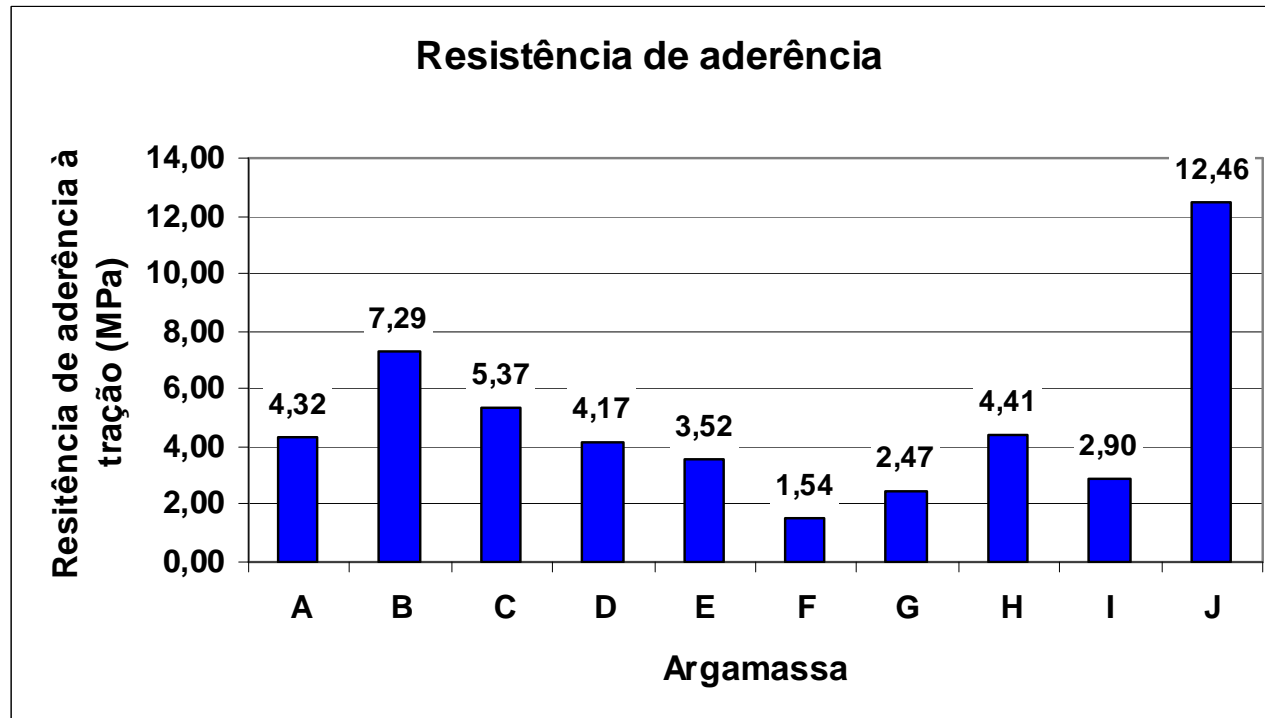
<i>Local</i>		<i>Acabamento</i>	<i>Ra</i>
<i>Parede</i>	<i>Interna</i>	<i>Pintura ou base para reboco</i>	$\geq 0,20$
		<i>Cerâmica ou laminado</i>	$\geq 0,30$
	<i>Externa</i>	<i>Pintura ou base para reboco</i>	$\geq 0,30$
		<i>Cerâmica</i>	$\geq 0,30$
<i>Teto</i>			$\geq 0,20$

(valores em MPa)

# Aderência (ensaio laboratorial):



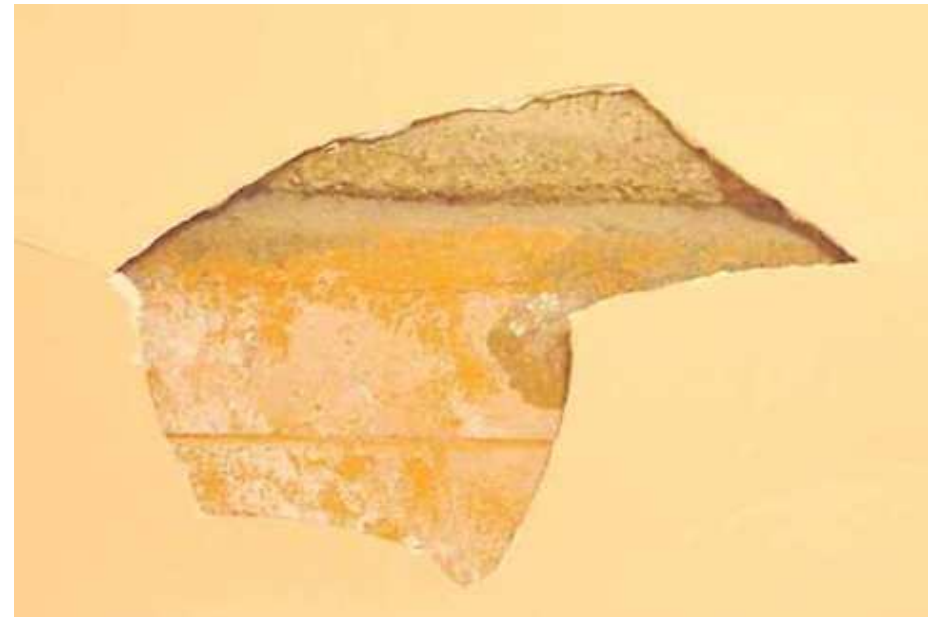
# Aderência:



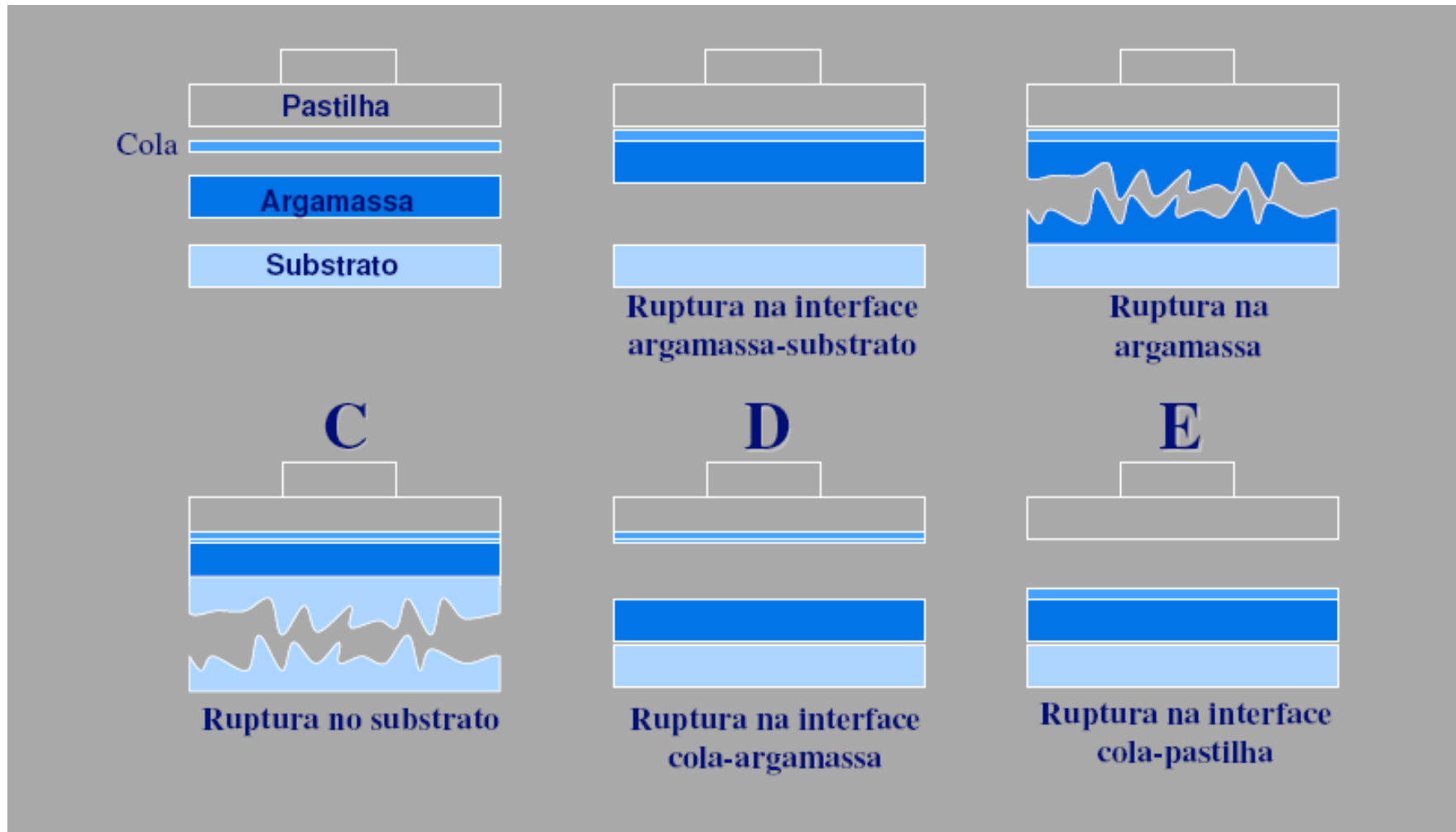
**Resultados de Argamassas de revestimento industrializadas  
(pesquisa em andamento)**



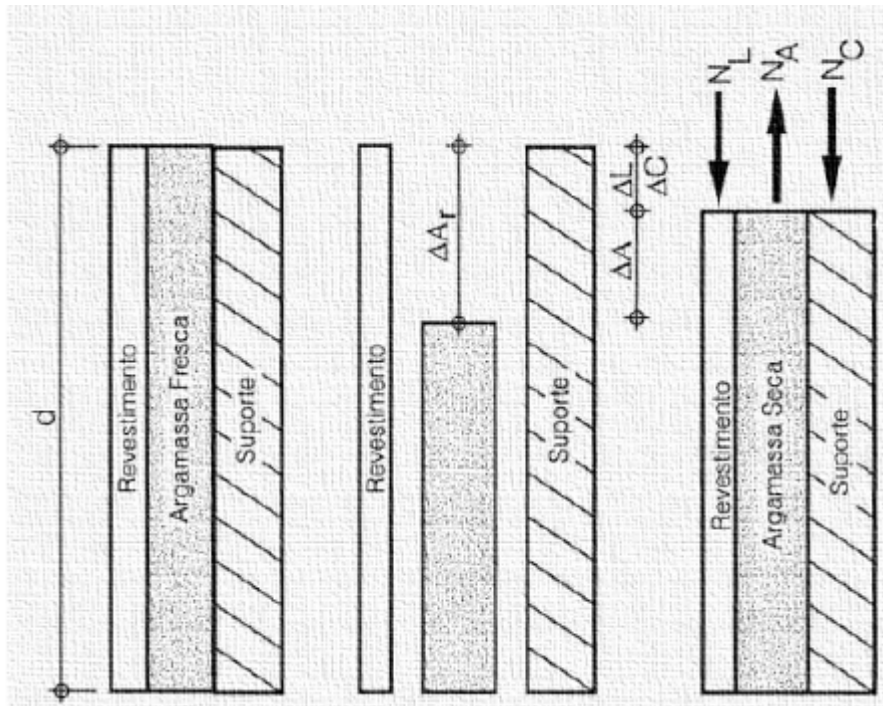
# Aderência:



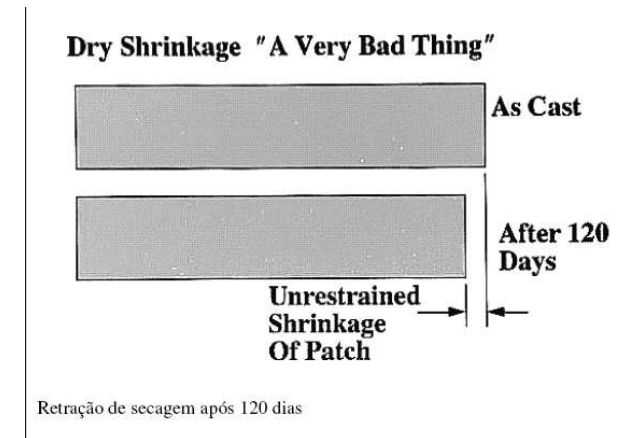
# Aderência (tipos de rupturas no ensaio:



# Retração:



- Retração Plástica
- Retração por secagem

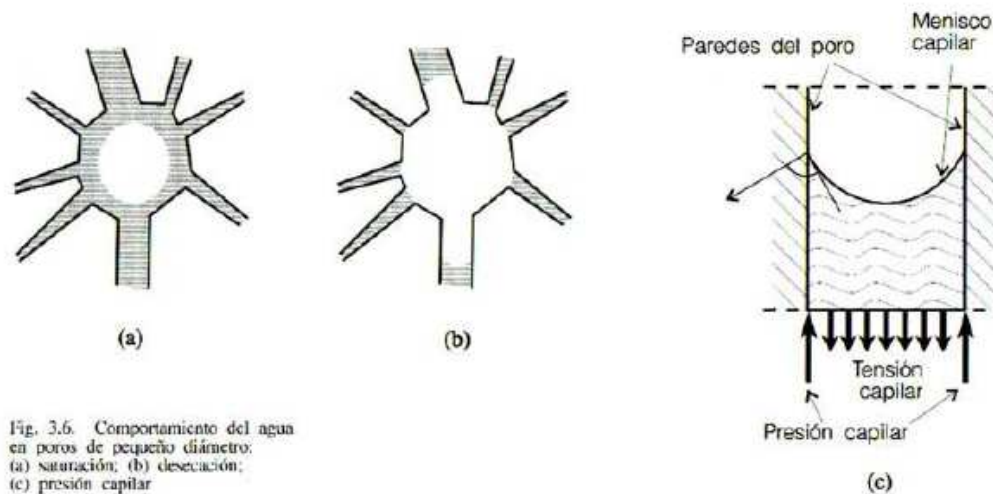


## Retração de secagem



## Retração Plástica:

- A retração plástica é característica de concreto e argamassa frescos, causado pela tensão capilar da água nos poros do concreto.
- Ocorrem nas primeiras horas depois da mistura do concreto, pouco depois do desaparecimento do brilho da pasta úmida.
- Sua causa ocorre quando a perda d'água por evaporação superficial supera a quantidade de água de exudação, ativando forças capilares na água dos poros.



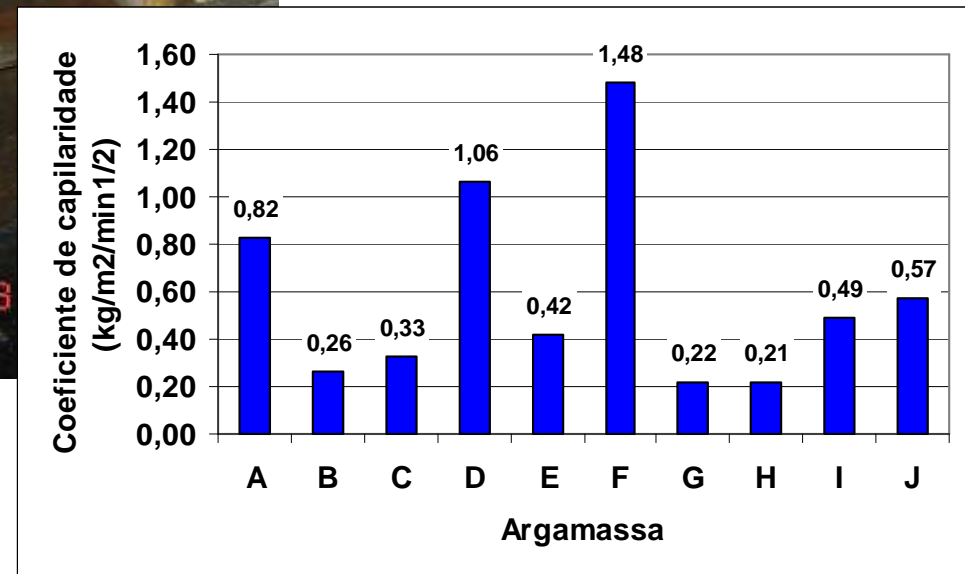
## Fissuras de Retração Plástica:



# Permeabilidade / Capilaridade :



Corpo de prova PRISMÁTICO - 4x4x16 cm



Resultados de Argamassas de revestimento industrializadas

## Resistência a abrasão:



# Resistência a tração na flexão:



Corpo de prova PRISMÁTICO - 4x4x16 cm



## Módulo de elasticidade dinâmico:

Composição da argamassa	Módulo de elasticidade $E_a$	Retração aos 28 dias (o/oo)
Rica (ex: 1:3)	140.000 kgf/cm <sup>2</sup>	0,607
Média (ex: 1:5)	50.000 kgf/cm <sup>2</sup>	0,649
Fracas (ex: 1:3:12)	10.500 kgf/cm <sup>2</sup>	0,642

# Propriedades + importantes

Para a **ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO**:

- CONSISTÊNCIA E PLASTICIDADE
- RETENÇÃO DE ÁGUA
- ADERÊNCIA
- RESISTÊNCIA MECÂNICA
- CAPACIDADE DE ABSORVER DEFORMAÇÕES

Para a **ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**:

- CONSISTÊNCIA E PLASTICIDADE
- ADESÃO INICIAL
- BAIXA RETRAÇÃO
- ADERÊNCIA
- PERMEABILIDADE À ÁGUA
- RESISTÊNCIA MECÂNICA (PPALMENTE SUPERFICIAL)
- CAPACIDADE DE ABSORVER DEFORMAÇÕEAS

# **NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA PARA ARGAMASSAS de Revestimento:**

NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos  
Requisitos

NBR 13277 – Determinação da retenção de água

NBR 13278 – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado

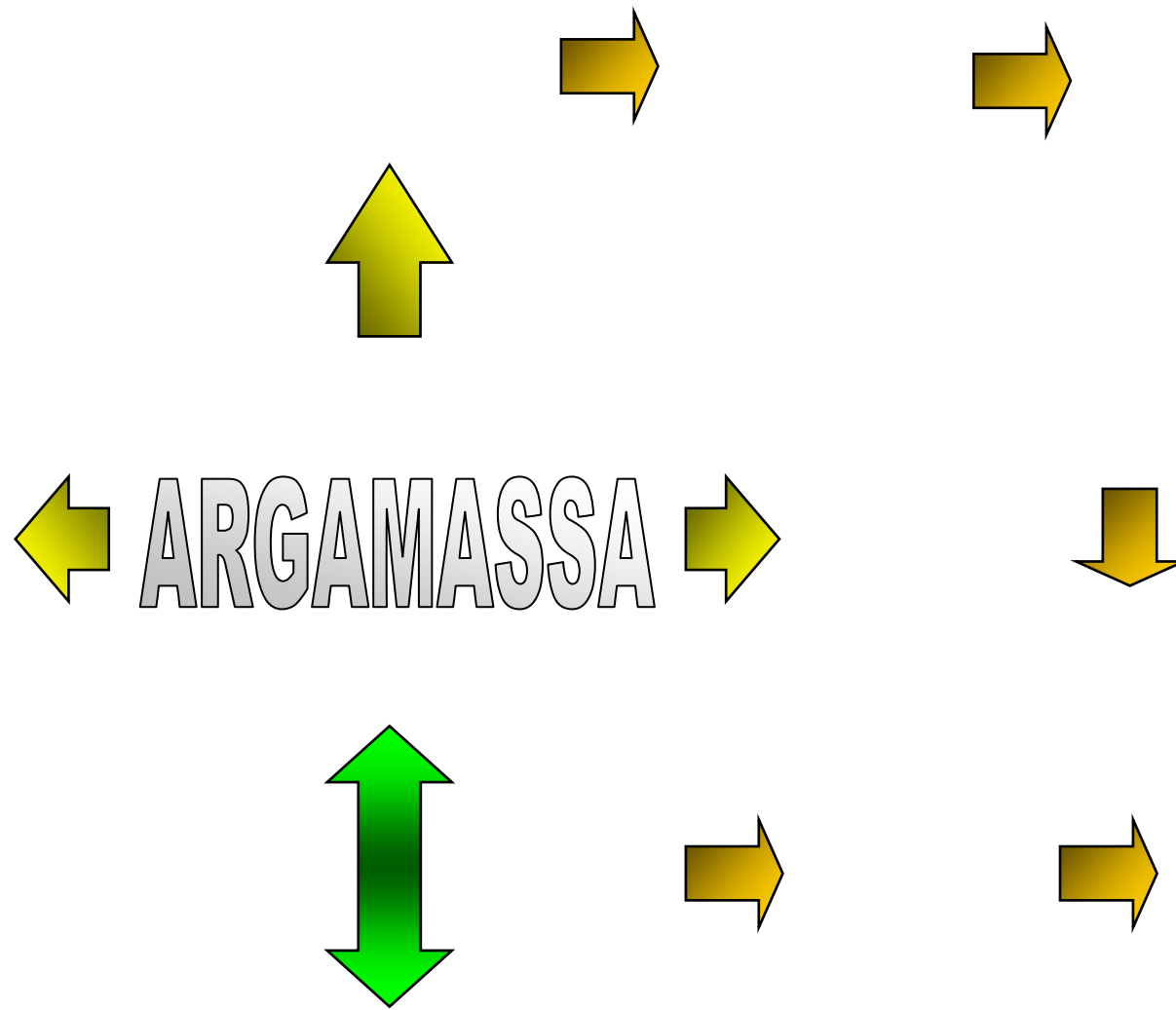
NBR 13279 – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

NBRZ 13280 – Determinação da densidade de massa aparente no estado  
endurecido

NBR 15258 – Determinação da resistência potencial de aderência à tração

NBR 15259 – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente  
de capilaridade

***MÉTODO “SQUEEZE FLOW “NORMALIZADO recentemente***



**IMPORTÂNCIA DA  
REOLOGIA  
NAS  
ARGAMASSAS**

# Tendência atual para Projeção das Argamassas

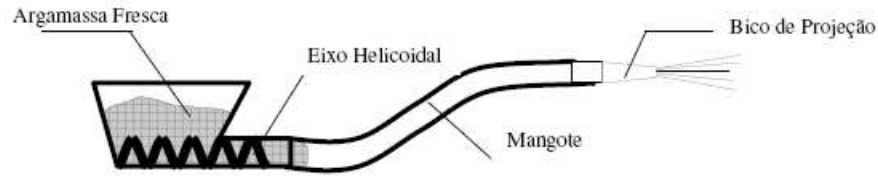
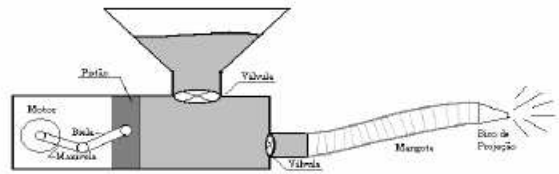


Figura 7.1 – Esquema de bomba do tipo helicoidal



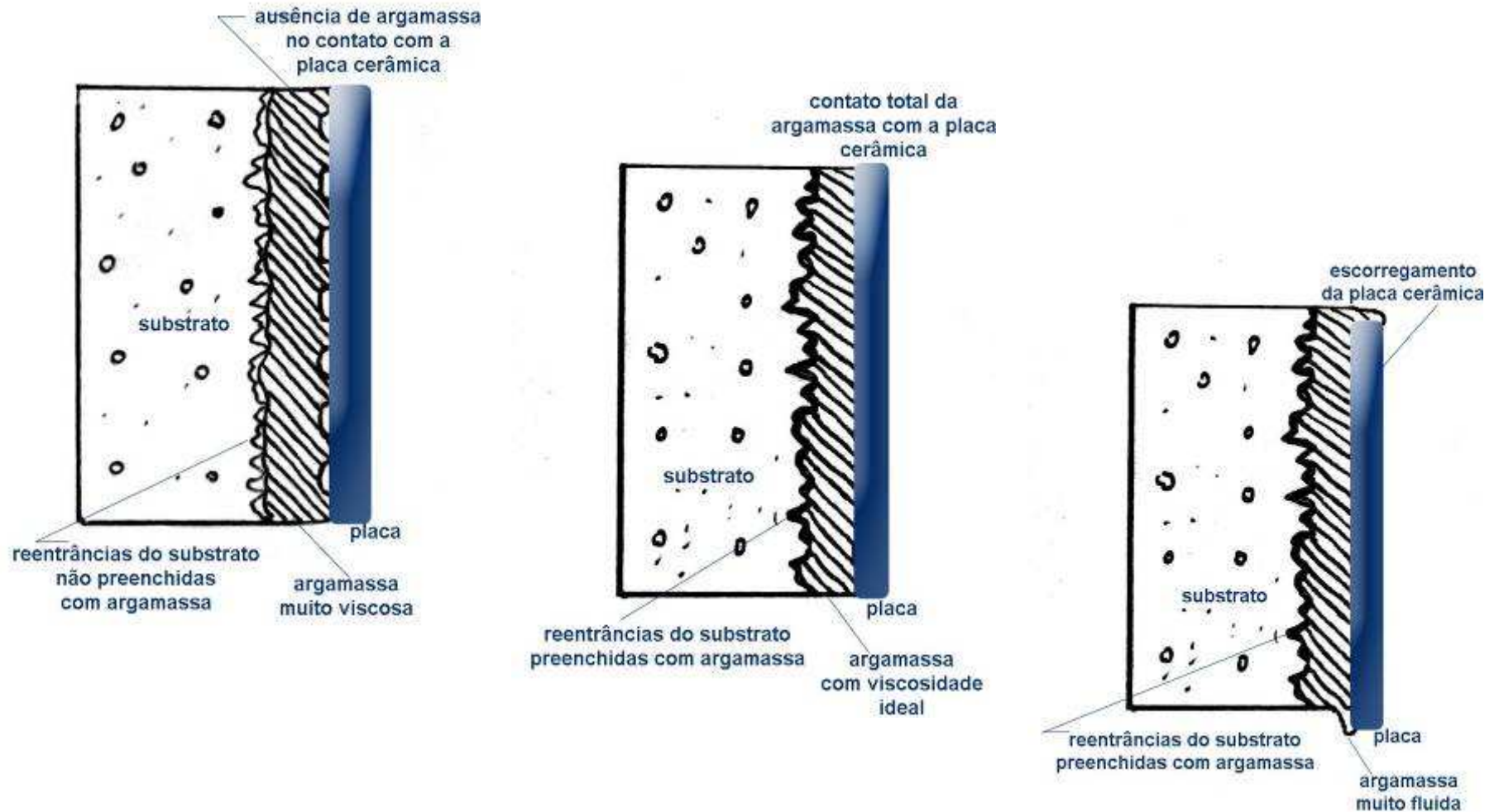
Esquema de bomba do tipo pistão

Elton Bauer, UFB



Equipamento de projeção => influencia a Energia de Lançamento

# Eficiência do contato da argamassa colante nas interfaces em função da viscosidade



# Ensaio Reológico "SQUEEZE FLOW"



Moldes

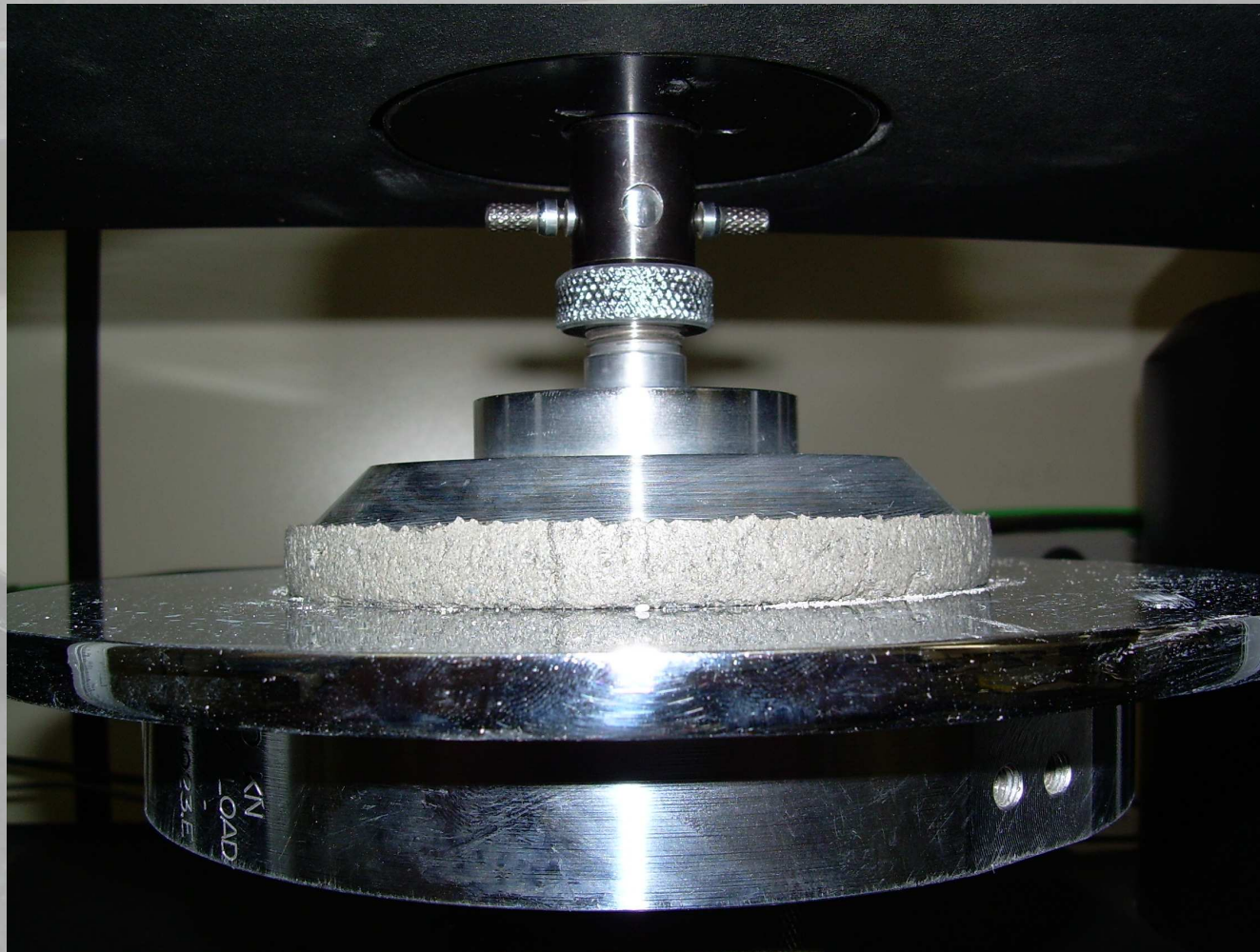


Outras configurações de ensaio



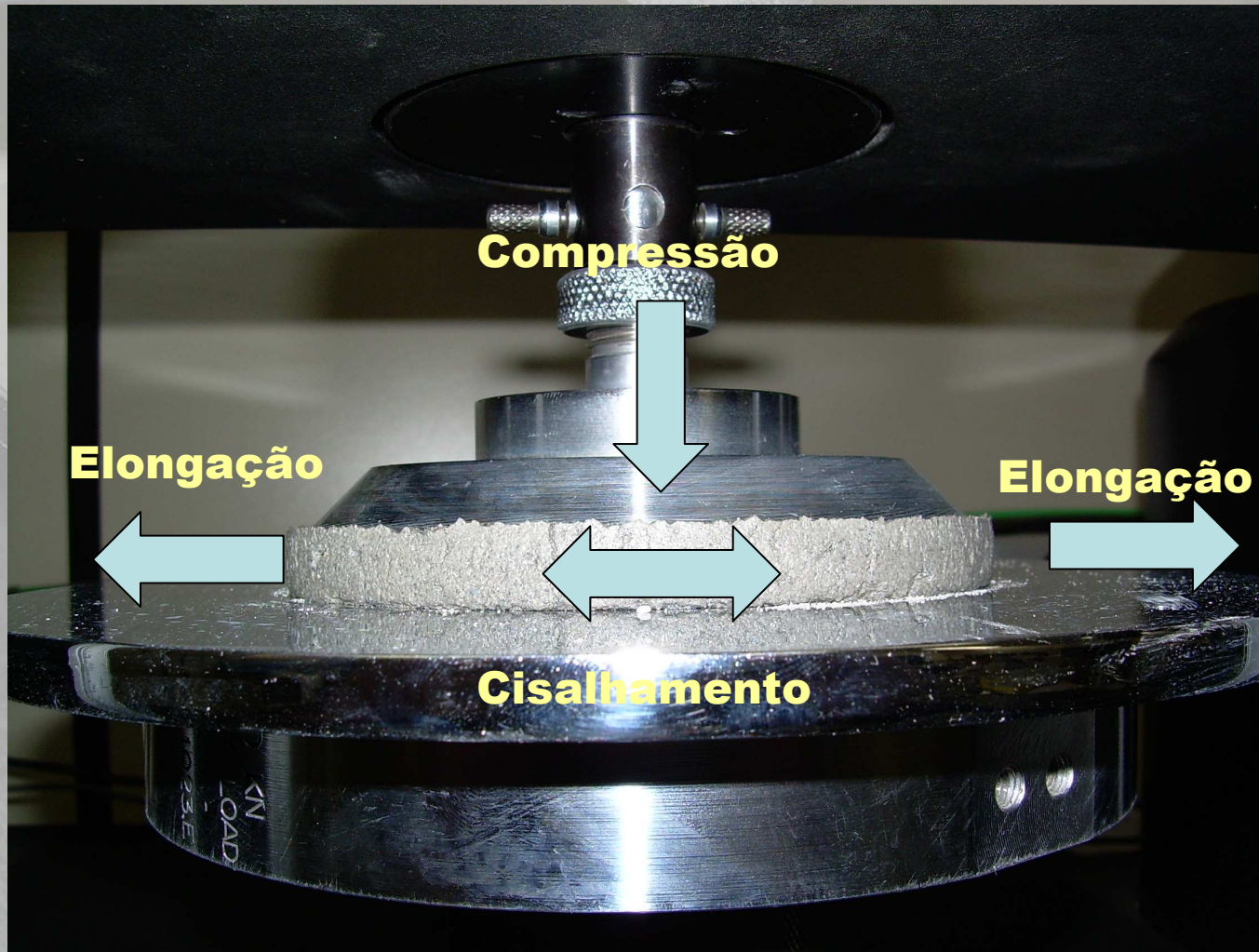
Prensa Universal



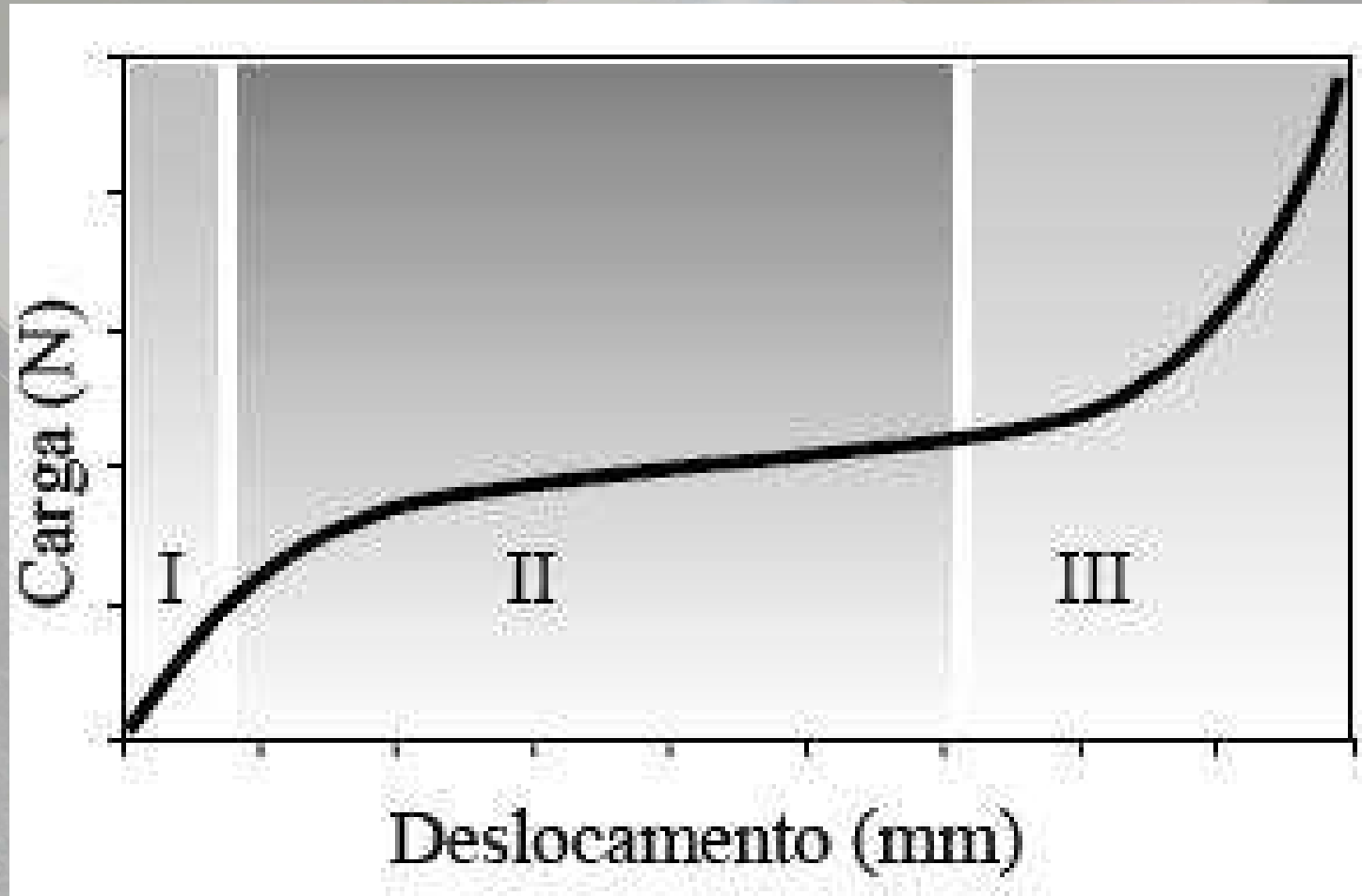


- Compressão da amostra cilíndrica entre 2 placas paralelas;
- Controle por deslocamento ou carga.

# Solicitações



# Análise



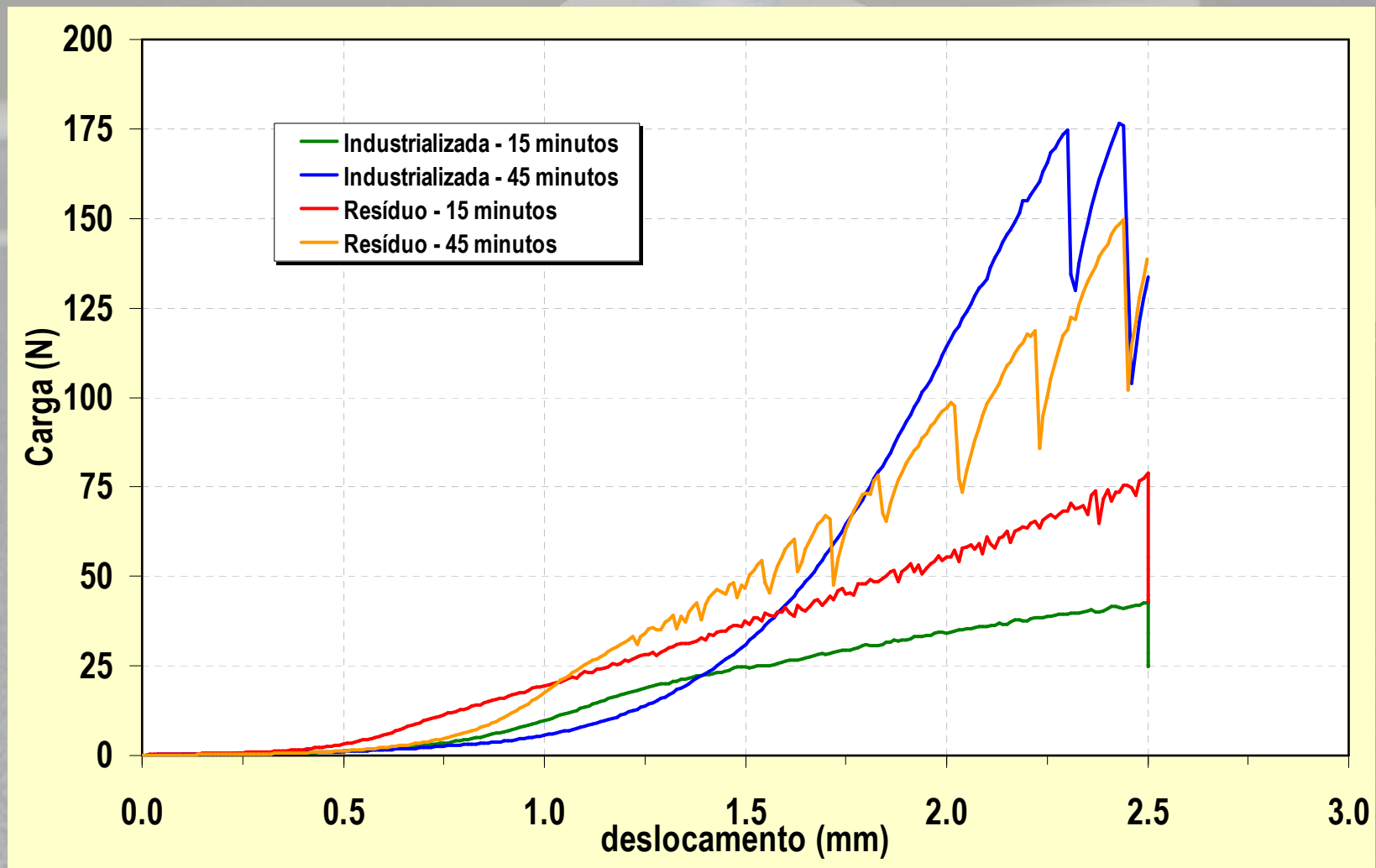
# Análise

- Determinação de Viscosidade
- Determinação de Tensão de Escoamento.

$$\tau_0 = 12hF / \pi D^3$$

$$\eta = 64Ft / 3\pi(h^{-2} - h_0^{-2})D^4$$

# Resultados de Pesquisa (argamassa de revestimento)



# “Squeeze Flow”

- Método simples preciso, versátil e de fácil implementação;
- Submete as argamassas a solicitações próximas das reais;
- Reflete a percepção do pedreiro durante aplicação;
- Permite avaliação da influência de variáveis intrínsecas e extrínsecas;
- Determinação de parâmetros reológicos.

# REÔMETRO



Controle do comportamento reológico durante a Mistura  
*Equipamento do Laboratório de Materiais da EPUSP*

# Viscosímetro de Brookfield – fração passante # 200

## Reometria em Pastas



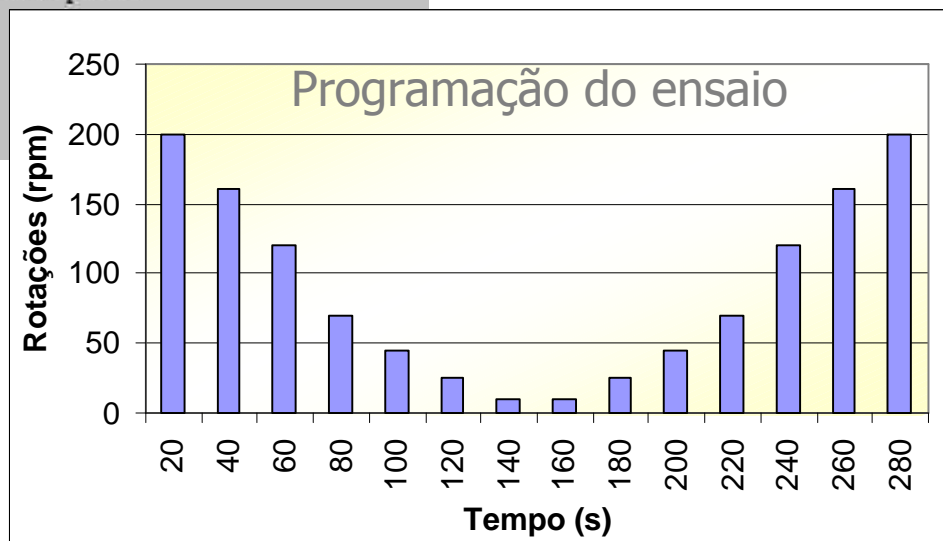
Detalhe dos acessórios



spindle

copo  
metálico que  
suporta o spindle

Suporte que  
acopla o copo  
metálico





# PATOLOGIA

# EM ARGAMASSAS

3-4 Sexta-Feira, 26 de fevereiro de 1993 COTI

## Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante Nino André Borges Nascimento, 27. O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

A Defesa Civil municipal interditou a área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlander, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

Na área térrea interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interditada, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.



Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

Oberlander afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlander disse que um dos

problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.

# PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS PATOLÓGICAS:

## *Argamassas de Revestimento*

- Eflorescência
- Bolor
- Vesículas
- Descolamento com empolamento
- Descolamento em placas duras
- Descolamento em placas quebradiças
- Descolamento com pulverulência
- Fissuras horizontais
- Fissuras mapeadas
- Fissuras geométricas



## Eflorescência

Manchas de umidade, pó branco acumulado sobre a superfície.

■ **Causas prováveis:** umidade constante ou infiltração, sais solúveis presentes no componente da alvenaria, sais solúveis presentes na água de amassamento, cal não carbonatada.

■ **Reparo:** eliminação da infiltração de umidade, secagem do revestimento, escovamento da superfície, reparo do revestimento se estiver pulverulento.



## Bolor

Manchas esverdeadas ou escuras, revestimento em desagregação.

- **Causas prováveis:** umidade constante, área não exposta ao sol.
- **Reparo:** eliminação da infiltração da umidade, lavagem com solução de hipoclorito, reparo do revestimento se estiver pulverulento



## Vesículas

Empolamento da pintura com parte interna branca, preta ou vermelho castanho.

- **Causas prováveis:** hidratação retardada do óxido de cálcio da cal, presença de pirita ou de matéria orgânica na areia, presença de concreções ferruginosas na areia.
- **Reparo:** renovação da camada de reboco.



## Descolamento com empolamento

A superfície do reboco descola do emboço formando bolhas.

- **Causas prováveis:** hidratação retardada do óxido de magnésio da cal.
- **Reparo:** renovação da camada de reboco.



## Descolamento em placas duras

Placas endurecidas que quebram com dificuldade. Sob percussão, o revestimento apresenta som cavo.

■ **Causas prováveis:** superfície de contato com a camada inferior apresenta placas de mica, argamassa muito rica em cimento ou aplicada em camada muito espessa, corrosão da armadura do concreto de base. Em outros casos, a superfície da base é muito lisa ou está impregnada com substância hidrófuga, ou ainda a camada de chapisco está ausente.

■ **Reparo:** renovação do revestimento para o primeiro conjunto de causas. Apicoamento da base, aplicação de chapisco ou outro artifício para melhorar a aderência, antes da renovação do revestimento, no segundo caso.

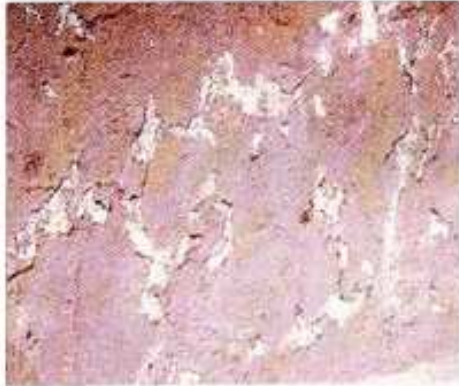


## Descolamento em placas quebradiças

Placas endurecidas, mas quebradiças, desagregando-se com facilidade e som cavo.

- **Causas prováveis:** argamassa magra, ausência da camada de chapisco.
- **Reparo:** renovação do revestimento.





## Descolamento com pulverulência

Película de tinta se descola arrastando o reboco que se desagrega com facilidade, revestimento monocamada se desagrega com facilidade, reboco apresenta som cavo.

- **Causas prováveis:** excesso de finos no agregado, argamassa magra, argamassa rica em cal, reboco aplicado em camada muito espessa.
- **Reparo:** renovação da camada de reboco.

## Fissuras horizontais



Aparecem ao longo de toda a parede com descolamento do revestimento em placas, com som cavo.

- **Causas prováveis:** expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do óxido de magnésio da cal, expansão da argamassa de assentamento pela reação cimento/sulfatos ou devido à presença de argilo-minerais expansivos no agregado.
- **Reparo:** no primeiro caso, renovação do revestimento após a hidratação completa da cal na argamassa. No segundo, a solução deve ser pensada de acordo com a intensidade da reação expansiva.



## Fissuras mapeadas

Distribuem-se por toda a superfície do revestimento em monocamada. Pode ocorrer descolamento do revestimento em placas (fácil desagregação).

■ **Causas prováveis:** ausência de juntas, retração da argamassa por excesso de finos de agregado, de água de amassamento, cimento como único aglomerante.

■ **Reparo:** reparo das fissuras e renovação da pintura, renovação do revestimento em caso de descolamento.



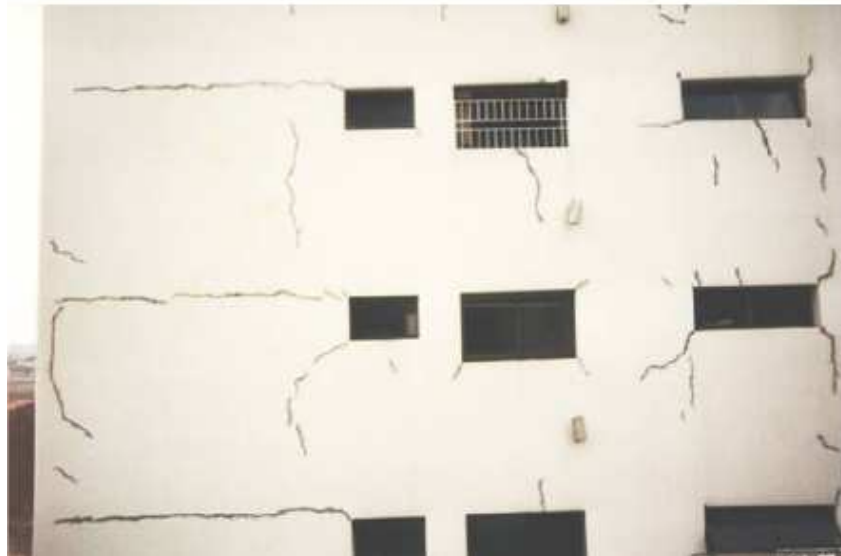
## Fissuras geométricas

Acompanham o contorno do componente da alvenaria.

- **Causas prováveis:** argamassa de assentamento com excesso de cimento ou finos no agregado, movimentação higrotérmica do componente.

- **Reparo:** reparo das fissuras e renovação da pintura.

## FISURAS OCASIONADAS PELA AUSÊNCIA DE VERGA E CONTRAVERGA



# PATOLOGIA EM FACHADAS CERÂMICAS



Uso de saibro

# PATOLOGIA EM FACHADAS CERÂMICAS



Uso de saibro

# Falta de estanqueidade

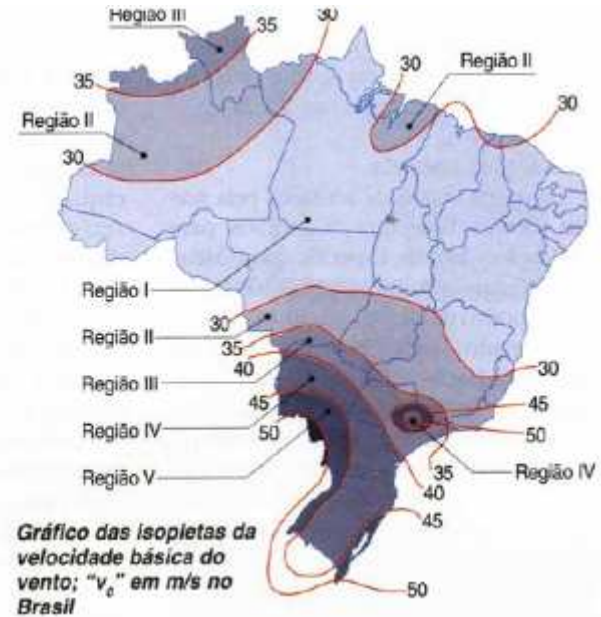




## Desempenho térmico

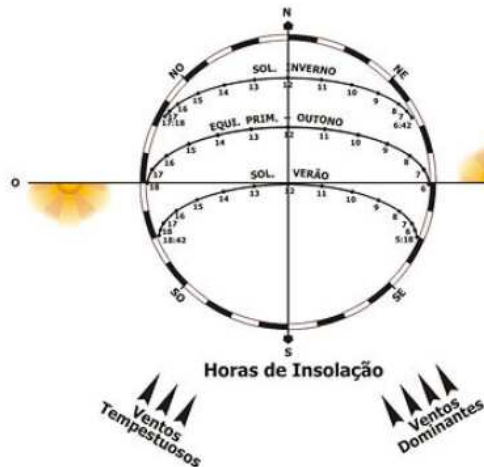


## Estanqueidade a água



## Insolação

Percurso Aparente do Sol  
Rio de Janeiro – Latitude 22°54'



## FUTURO PRÓXIMO

Mapeamento das argamassas brasileiras  
por região de utilização  
(CLASSIFICAÇÃO MERUC – FRANÇA)