

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/184

**Seleção de Substâncias
Retardadoras do Tempo de Pega do
Gesso de Construção**

Angela Maria Hincapié Henao
Maria Alba Cincotto

São Paulo - 1997

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Célio Taniguchi
Vice-Diretor: Prof. Dr. Eduardo Camilher Damasceno

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Vahan Agopyan
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Paulo Helene

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Paulo Helene
Prof. Dr. Vahan Agopyan

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

Este texto é resumo da dissertação de mestrado: "Efeito de Substâncias Retardadoras de Pega nas Propriedades do Gesso de Construção", que se encontra à disposição com os autores ou na biblioteca da Engenharia Civil.

Hincapiê Henao, Angela Maria

Seleção de substâncias retardadoras do tempo de pega do gesso na construção / A.M.H. Henao, M.A. Cincotto. -- São Paulo : EPUSP, 1997.

25p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/184)

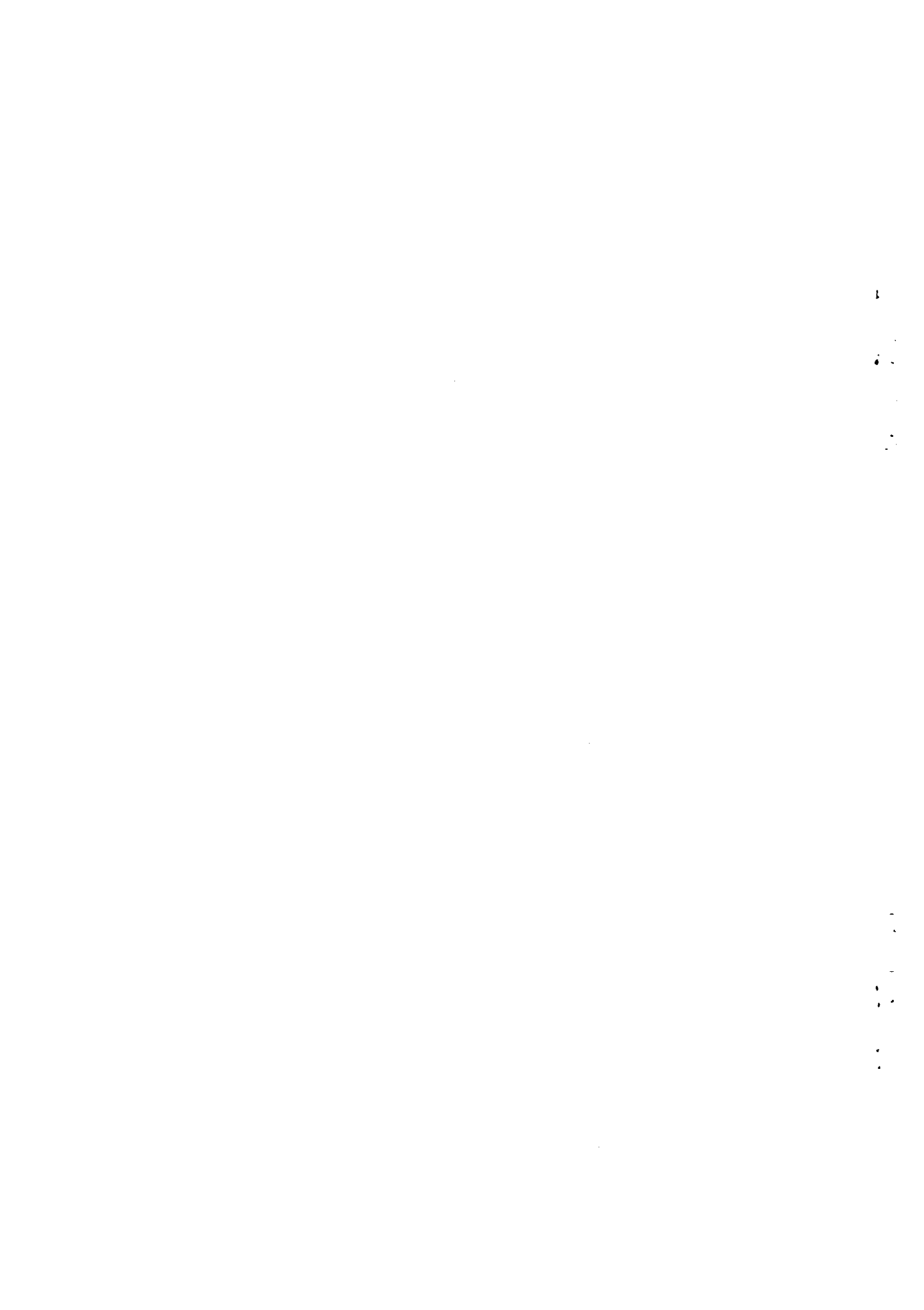
1. Gesso (Materiais de construção) I. Cincotto, Maria Alba II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série
ISSN 0103-9830

CDU 691.55

SELEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS RETARDADORAS DO TEMPO DE PEGA DO GESSO DE CONSTRUÇÃO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO PROPOSTO.....	2
1.1.1 <i>Revestimento em gesso.....</i>	<i>2</i>
1.1.2 <i>Aditivos retardadores.....</i>	<i>6</i>
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAIS E TÉCNICAS DE ENSAIO.....	7
3.1 METODOLOGIA.....	7
3.2 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GESSO.....	8
3.3 SELEÇÃO DE ADITIVOS RETARDADORES.....	9
3.4 MÉTODOS DE ENSAIOS.....	10
3.4.1 <i>Relação a g para uma pasta de consistência normal.....</i>	<i>10</i>
3.4.2 <i>Tempos de início e fim de pega.....</i>	<i>10</i>
3.4.3 <i>Procedimento adotado para o preparo dos corpos de prova (cps).....</i>	<i>10</i>
3.4.4 <i>Dureza.....</i>	<i>11</i>
3.4.5 <i>Resistência à compressão.....</i>	<i>11</i>
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NA CONSISTÊNCIA.....	12
4.2 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NOS TEMPOS DE PEGA.....	12
4.3 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NA DUREZA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	18
4.4 SELEÇÃO DE ADITIVOS COM MELHOR DESEMPENHO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24



SELEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS RETARDADORAS DO TEMPO DE PEGA DO GESSO DE CONSTRUÇÃO

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo da é estudar o efeito de um grupo de substâncias químicas em algumas propriedades do gesso como: consistência, tempo de pega, dureza e resistência à compressão, e recomendar o emprego de alguns deles com base nos resultados de desempenho e avaliação econômica.

As substâncias retardadoras estudadas foram o ácido cítrico, o citrato de sódio, o acetato de amônio, acetato de sódio, bórax, ácido tartárico, hexametáfosfato de sódio, fosfato de amônio, fosfato de potássio, caseína, peptona e metilcelulose.

As concentrações encontradas que retardam o início de pega fixado em 1 hora foram: 0,03% de ácido cítrico, 0,045% de citrato de sódio, 1,5% de acetato de amônio, 2,0 % de acetato de sódio, 0,7% de bórax, 20 % de ácido tartárico, 0,25% de hexametáfosfato de sódio, 0,40% de fosfato de amônio, 0,25% de fosfato de potássio, 10 % de caseína e 0,01% peptona.

Apresentaram melhor desempenho as misturas com citratos, bórax, fosfatos e peptona, afetando negativamente as propriedades mecânicas em valores próximos de 10%. Já com o emprego de acetatos, ácido tartárico e gelatina as propriedades mecânicas do material apresentaram quedas entre 40 e 90%.

ABSTRACT

The effect of chemical substances on several plaster of Paris properties, such as setting time, hardness and compression strength, has been carried out in this work. The economical and performance analysis can be done by using some of them.

Several retarding substances were studied: citric acid, sodium citrate, ammonium acetate, sodium acetate, borax, tartaric acid, sodium hexametaphosphate, ammonium phosphate, potassium phosphate, casein, peptone and methyl cellulose.

The concentrations that retard the initial setting time (for an 1-hour period) were: 0.03% citric acid, 0.045% sodium citrate, 1.5% ammonium acetate, 2.0% sodium acetate, 0.7% sodium tetraborate decahydrate (borax), 20% tartaric acid, 0.25% sodium hexametaphosphate, 0.4% ammonium phosphate, 0.25% potassium phosphate, 10% casein and 0.01% peptone.

The mixtures with citrates, borax, phosphates, and peptone presented the best performance, with a negative effect on the mechanical properties of approximately 10%. The acetates, tartaric acid, and gelatin causes a decrease from 40 up to 90%.

1. INTRODUÇÃO

É comum encontrar na literatura internacional, pesquisas sobre a influência de retardadores de pega nas propriedades do gesso de construção, visto que algumas das propriedades tanto no estado fresco (fluidez) como endurecido (resistências) são alteradas. No estado endurecido existe consenso de que há uma diminuição das propriedades mecânicas atribuída a uma mudança na microestrutura do material. A queda nas propriedades permite perceber que se deve escolher o aditivo que ofereça garantia de um produto de boa qualidade e, para serem obtidos os melhores resultados é preciso selecionar o aditivo e a dosagem certa, permitindo alterar o tempo de trabalhabilidade das pastas sem alterar as propriedades mecânicas do material, tendo o produto final propriedades garantidas de uso. O estudo das pastas com adição de retardadores pode mostrar se existe ou não compatibilidade entre estes materiais, porque esta compatibilidade vai definir a durabilidade do material.

No Brasil, não se tem dados sobre os efeitos das substâncias retardadoras nas propriedades do gesso nos estados fresco e endurecido; torna-se pois indispensável pesquisas que aumentem o conhecimento destes materiais.

Portanto, o objetivo deste trabalho é o estudo da influência das substâncias retardadoras de pega em algumas propriedades físicas e mecânicas do gesso de construção, sendo que o conhecimento dessas propriedades permitiram uma utilização do material mais adequada em obra.

1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO PROPOSTO

1.1.1 Revestimento em gesso

Desde as épocas mais remotas existe a prática de revestir paredes com materiais cimentícios como o gesso, as cales e os cimentos, uma vez que misturados com água, ou com areia e água, formam pastas e argamassas, respectivamente, que permitem ser manuseadas no momento da aplicação e endurecerem deixando as superfícies prontas para aplicação de pinturas ou mesmo assentamento de materiais cerâmicos, dando um efeito estético às edificações.

Sempre existiu a prática de proteger a superfície das edificações de agentes externos com materiais que permitam por sua vez dar estética à estrutura; os revestimentos cumprem estas funções. Quando aplicados em alvenarias tanto internas como externas, devem apresentar requisitos mínimos de desempenho como estabilidade mecânica, capacidade de absorver deformações da base, segurança em caso de incêndio, e estanqueidade à água (CSTB 1980), devendo ter uma boa aparência e uma boa resistência ao choque.

No caso de revestimento de fachadas, as exigências quanto ao material são maiores devido às solicitações às quais estão expostos: luz, calor, chuva, vento, ruído, temperatura, e umidade do ambiente. Os cuidados com revestimentos interiores são muito menores, a menos que o ambiente interior seja agressivo ao revestimento. O material mais tradicional empregado nos revestimentos são as argamassas de cimento e cal porque, além de atender aos requisitos citados, protegem as edificações da ação da chuva, devido à sua baixa permeabilidade. Estas argamassas não permitem a difusão da umidade para o ambiente interno, causa de formação de bolor, agente patogênico. O gesso é um dos materiais usados como revestimento de paredes e tetos em alvenarias internas, especificamente em áreas secas, dada sua solubilidade em água.

A aplicação dos revestimentos de argamassa é realizada em três camadas (chapisco, emboço e reboco); este tipo de aplicação, por ser em três camadas, implica em custos de mão de obra e de material. A pasta de gesso tornou-se um material alternativo de qualidade para aplicação de revestimentos internos com algumas vantagens com respeito aos revestimentos de argamassa como citadas a seguir.

Em primeiro lugar, *a pasta de gesso pode ser aplicada numa só camada, de espessura máxima de 5 mm*, diretamente sobre as paredes, se estas apresentarem uma superfície regular, obtendo-se uma economia em material e mão de obra quando comparadas aos revestimentos tradicionais. Isto sem contar que aumenta a produtividade em obra. Quando a superfície não for regular, as pastas de gesso podem ser aplicadas sobre uma camada regularizadora de emboço dispensando o reboco e a massa corrida, necessários à aplicação da pintura, diminuindo também o custo.

A trabalhabilidade, uma das características mais importantes das pastas e argamassas em geral, permite que estas sejam de fácil aplicação; nas argamassas, a

trabalhabilidade depende de sua composição bem como da finura e forma dos agregados; os gessos, por serem um material muito fino, resultam numa pasta com maior trabalhabilidade; porém, esta característica é afetada pelo rápido endurecimento, em geral inferior a 20 minutos, quando misturado com água. Portanto, parte das pesquisas sobre gesso referem-se a aditivos retardadores, parâmetro importante na tecnologia moderna. Os franceses, por exemplo, aplicam gesso projetado sobre paredes e tetos; este tipo de aplicação exige que o tempo de uso da pasta seja de uma a duas horas, sendo possível atingir este tempo, somente com adição de substâncias que retardem a pega.

O tempo de aplicação para que o revestimento de alvenaria esteja pronto é também uma das vantagens sobre as argamassas tradicionais, devido ao rápido endurecimento. A camada de emboço deve ser aplicada 24 horas após a aplicação do chapisco, e, o reboco, 7 dias após a aplicação do emboço, sendo necessário no mínimo 30 dias de secagem do reboco para aplicação da pintura; a exposição da argamassa ao ar é necessária para ser atingido um ótimo grau de carbonatação da cal (CINCOTTO et al. 1995). Comparativamente, as pastas de gesso precisam de somente uma semana (HINCAPIE et al. 1996a) para que a superfície esteja pronta para receber lixamento e pintura.

Uma das propriedades mais importantes a mencionar é a *aderência do revestimento de gesso* quando aplicado em diferentes tipos de substrato como tijolos, concreto e blocos cerâmico, de concreto, silico-calcários e celular, etc. Um acompanhamento feito em obra (HINCAPIE et al. 1996b) permite dizer que embora esta propriedade dependa de diferentes fatores como tipo de substrato, limpeza e preparo da superfície bem como o modo de aplicação, a aderência do gesso nos diferentes tipos de substratos é alta, chegando a ter valores de tensão de arrancamento de 1,5 MPa, superior aos valores obtidos com revestimentos de argamassas (JOHN et al. 1994), sendo o valor exigido, para este último material, pela ABNT, maior do que 0.3 MPa.

O acabamento quanto à lisura da superfície endurecida é muito superior ao de argamassas de cimento e cal, mesmo produzidas com areias muito finas, proporcionando um acabamento de qualidade, base adequada à pintura.

A alta porosidade do revestimento, resultante da evaporação da água de amassamento, vai permitir um *isolamento térmico e acústico*, porém, estas propriedades variam com a densidade e a espessura do revestimento. Uma outra vantagem é sua *resistência ao fogo*, devida à baixa condutividade térmica do material e à sua incombustibilidade. O gesso endurecido conta com cerca de 20% de água na sua composição; pela ação térmica decompõe-se consumindo calor e ao mesmo tempo, protege a estrutura contra incêndio através da água combinada evaporada.

O gesso endurecido apresenta uma *retração insignificante* com respeito às argamassas de cimento e cal mal dosadas, o que gera fissuras, causando descolamento do revestimento (CINCOTTO et al. 1995).

O gesso possui uma *alta durabilidade quando aplicado em interiores*; em aplicações externas ou em áreas molhadas, as pastas de gesso não apresentam um bom desempenho devido à sua solubilidade (2,1 g/L), sendo um material pouco resistente à ação da água chuva; porém, estudos sobre o tema (MURAT; ATTARI 1991, SINGH; GARG 1996) estão sendo desenvolvidos para tornar este material pouco permeável por meio de adições e aditivos.

O gesso endurecido tem *densidade aparente baixa*, da ordem de 1000 kg/m^3 (WIRCHING 1991), sendo outra de suas vantagens. Dependendo da porosidade do material, esta densidade pode ser ainda menor (800 kg/m^3), produzindo um peso de 8 kg por m^2 quando a espessura de revestimento é de 10 mm, assim reduzindo o peso das edificações. As argamassas produzem revestimentos de 30 kg por m^2 quando aplicados com 20 mm de espessura.

Como visto, podemos resumir as vantagens dos revestimentos em gesso na tabela 1.

Os revestimentos de gesso apresentam algumas desvantagens que demandam cuidado. Como mencionado, os revestimentos devem ser aplicados em áreas secas, uma vez que pode apresentar descolamento do revestimento, devido à solubilidade do gesso endurecido. Em áreas molhadas ou com muita umidade estes são suscetíveis ao desenvolvimento de bolor, principalmente em edificações com má ventilação, os quais causam uma deterioração progressiva, ocasionando descolamento do revestimento. Com pH neutro, a pasta de gesso promove a corrosão de componentes de aço-carbono

em presença de umidade, provocando manchas, sendo necessária a proteção destes materiais com pinturas anticorrosivas.

Tabela 1 Vantagens comparativas dos gessos para revestimentos

	<i>Revestimento em Gesso</i>	<i>Revestimento em Argamassas de Cimento e Cal</i>
Etapas de aplicação	1	3
Produtividade	maior	menor
Custo	1/3	1
Aderência	maior	menor
Superfície pronta para pintura	7 dias	40 dias
Retração	menor	maior
Propriedades mecânicas	maior	menor
Massa específica	menor	maior
Acabamento superficial (lisura e brancura)	maior	menor
Conforto térmico e acústico	maior	menor
Comportamento frente ao fogo	maior	menor

1.1.2 Aditivos retardadores

Os aditivos, em geral, são substâncias empregadas para modificar algumas propriedades das pastas, argamassas e concretos. O seu uso vem desde épocas muito antigas sendo citado, por exemplo o emprego de aditivos provenientes de proteínas animais como caseína (proteína do leite) e a queratina. (PRACTICAL BUILDING CONSERVATION, 1990). Hoje, estes aditivos foram substituídos por substâncias químicas que, adicionadas em pequenas quantidades (<10%), permitem melhorar as propriedades das pastas e argamassas empregadas em construção civil. O uso de aditivo retardador tem a finalidade de atrasar a pega das pastas de gesso, de maneira a permitir um tempo de aplicação mais longo no emprego das pastas. No caso específico do gesso há um grande número de substâncias que podem ser empregadas como retardadores: citratos, acetatos, tartaratos, fosfatos, boratos, proteínas (albumina, goma arábica, caseína, queratina), etc, que retardam tanto o início como o fim de pega da pasta, permitindo manter a trabalhabilidade das mesmas por um período maior. O emprego de retardadores tem também outras aplicações, além dos revestimentos. AGOPYAN (1982), por exemplo, adicionou queratina às pastas de gesso, com o objetivo de prolongar o tempo de pega de 15 minutos para uma hora, necessário para produção de gesso reforçado com fibras.

No comércio nacional é conhecido que alguns fabricantes de gesso controlam os tempos de pega adicionando ácido tartárico e metilcelulose com o propósito de produzir pastas mais trabalháveis, mostrando a adaptação dos produtores e construtores às necessidades modernas da construção; contudo, não se conhece que exista um controle direto dos tempos de pega na prática de construção.

2. OBJETIVOS

Os objetivos principais desta pesquisa são:

- 1) Estudo da influência de substâncias retardadoras, selecionadas da literatura, nos tempos de início e fim de pega das pastas de gesso.
- 2) Análise da influência dos retardadores no comportamento mecânico de gesso endurecido. Este estudo está limitado à avaliação de resistência à compressão, e dureza do material.
- 3) Avaliação de custos dos produtos selecionados.
- 4) Seleção de 3 produtos com melhor desempenho, segundo o item 2 e 3.

3. MATERIAIS E TÉCNICAS DE ENSAIO

3.1 METODOLOGIA

Foram selecionadas 12 substâncias citadas na literatura como retardadoras. Foram avaliadas diferentes propriedades do gesso nos estados fresco e endurecido. A relação a/g de cada amostra empregada em todos os ensaios é constante, determinada segundo a norma ABNT NBR 12128. Definida a relação a/g, para uma pasta de consistência normal, foi medido o tempo de início e fim de pega com 5 ou 6 concentrações diferentes para cada um dos aditivos, por meio da agulha de Vicat. Para cada aditivo, foram traçadas duas curvas, mostrando a variação dos tempos de início e fim de pega, quando incrementado o teor de aditivo, selecionando-se destes resultados, as concentrações que produzem tempo de retardamento do início de pega de 1 hora, para cada um dos retardadores, considerado como o *tempo de pega ótimo*, com base na literatura (AGOPYAN 1982, ULLMANS 1985, WIRCHING 1991), e num acompanhamento feito em obra.

Realizou-se também uma avaliação visual da fluidez da pasta, observando se os retardadores melhoram ou não a trabalhabilidade das mesmas.

Para a realização dos ensaios mecânicos, foram escolhidas 3 concentrações para cada uma das substâncias retardadoras: a concentração que produz 100% de retardo do tempo de início de pega da pasta sem retardador; a concentração que produz um tempo de início de pega de 1 hora; e, uma concentração intermediária entre esses dois valores. Isto permitiu conhecer a partir de que concentração as propriedades mecânicas são alteradas.

O método de preparo da pasta tanto para os ensaios no estado fresco como no estado endurecido foi o mesmo: inicialmente o gesso, a água e o aditivo foram pesados levando em conta a relação água/gesso constante para uma consistência normal de uma pasta sem retardador. A quantidade de retardador adicionado, foi calculada em porcentagem da massa de gesso. É preparada uma solução aquosa do aditivo quando este último é solúvel; se o retardador é insolúvel em água, este é misturado com o gesso em pó por mistura manual, por cerca de 5 minutos; o gesso ou a mistura de gesso e aditivo, foram adicionados à solução, polvilhando-os por 1 minuto e deixando em repouso por 2 minutos. Depois de 3 minutos a pasta foi misturada por 1 minuto e transferida para o molde.

3.2 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GESSO

No mercado brasileiro existem diferentes marcas de gesso de construção de boa qualidade (CINCOTTO et al. 1988); mas, apesar dos diferentes estudos realizados e das informações pedidas aos fabricantes não se conseguiu saber se estes gessos, chamados de gessos lentos ou gessos para revestimento, possuem aditivos retardadores ou se as suas propriedades são devidas aos sulfatos presentes (eventualmente anidrita insolúvel). Portanto, foi selecionado um gesso para fundição por ser um gesso mais puro, possivelmente constituído de hemidrato β , sem aditivo. A marca escolhida deve-se ao fato deste gesso ter apresentado excelente qualidade nas diferentes pesquisas realizadas na EPUSP e por ter renome no mercado nacional. O gesso foi adquirido diretamente de dois fornecedores, diferenciando-os como lote 1 e 2 (L1 e L2). Para cada lote foram desenvolvidos no transcurso da pesquisa, vários ensaios tanto de consistência como de tempo de início e fim de pega das pastas puras (sem aditivo); das

10 medidas de consistência não se observou mudança no valor; enquanto que foi observada uma pequena variação (4%) das 15 medidas (para cada lote) do tempo de pega, observando um bom comportamento do gesso na estocagem.

A caracterização química, física e mecânica dos gessos comerciais aditivos, é apresentada na tabela 2.

Tabela 2 Caracterização química, física e mecânica dos gessos

<i>Características</i>	<i>Determinações(%)</i>	<i>Método ensaio</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>Exigência NBR 13207</i>	
Químicas	Água livre	NBR 12130	1,76	0,93	< 1,3%	
	Água combinada	NBR 12130	5,52	5,35	4,2-6,2	
	Trióxido de enxofre(SO ₃)	NBR 12130	52,9	53,0	> 55%	
	Oxido de Cálcio (CaO)	NBR 12130	37,7	38,0	> 38%	
	Gas carbônico (CO ₂)	NBR 9166	0,58	0,51		
	Oxido de Magnésio(MgO)	RILEM	0,33	0,31		
	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	RILEM	0,64	0,54		
	RI	RILEM	0,79	1,03		
	pH		6,87	6,64		
	<i>Constituintes calculados</i>					
	Hemidrato	RILEM	89,0	86,3		
	Anidrita	RILEM	6,39	9,2		
	MgCO ₃	RILEM	0,69	0,65		
	CaCO ₃	RILEM	0,50	0,39		
Físicas	Massa unitária (Kg/m ³)	NBR 12127	606	596	< 700	
	Modulo de finura	NBR 12127	1,05	1,04	< 1,1	
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 6474	2,646	2,632		
	Blaine (m ² /kg)	NBR 5732	664,6	817,1		
	a/g para consistência normal	NBR 12128	0,50	0,53		
	Tempo inicio pega (min)	NBR 12128	09:07	09:59	> 10	
	Tempo fim pega (minutos)	NBR 12128	18:02	22:50	> 45	
Mecânicas (MPa)	Dureza	NBR 12129	52,2	50,5	> 30	
	Resistência compressão	NBR 12129	21	16,7	>8.4	

3.3 SELEÇÃO DE ADITIVOS RETARDADORES

Foram selecionados 12 produtos químicos, considerados neste trabalho como aditivos retardadores de pega. A seleção foi realizada escolhendo as substâncias mais mencionadas na literatura internacional, sendo estes os citratos (em especial o ácido cítrico), o ácido tartárico, o bórax, os acetatos e os fosfatos, nessa ordem. Do grupo das proteínas, a queratina e a albumina, que são as mais citadas, não foram encontradas no mercado nacional; por tal motivo, optou-se por proteínas de mais fácil aquisição como a caseína, a metilcelulose e a peptona. Estes aditivos são todos reagentes químicos de alta pureza (p.a.), com exceção das proteínas que são produtos comerciais, em forma de pó, de cor creme e muito finos.

Um resumo das principais características das substâncias selecionadas, assim como o número de citações na literatura, encontram-se na tabela 3. Nesta tabela, os aditivos numerados de 1 a 6 foram avaliados com o gesso do lote 1; enquanto que os aditivos numerados de 6 a 12 foram avaliados com o gesso do lote 2.

Tabela 3 Principais características dos aditivos

Aditivo	Fórmula	pH. 25°C	Solubilidade g/100 ml água	N ° de citações
1. ácido cítrico	$C_6H_8O_7$	5,0	133	13
2. Citrato de sódio	$C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$	8,0	77	5
3. Acetato de amônio	CH_3COONH_4	7,0	100	6
4. Acetato de sódio	$C_2H_3Na_2 \cdot 3H_2O$	8,9	125	6
5. Bórax	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	9,5	6,2	9
6. Ácido tartárico-L	$C_4H_6O_6$	2,2	139	9
7. Hexametáfosfato	$Na_4P_4O_{12}$	8,5	leve	3
8. Fosfato dibásico	$(NH_4)_2 \cdot HPO_4$	8,0	131	3
9. Fosfato monobásico	KH_2PO_4	8,5	15	4
10. Caseína	*	6,3	insolúvel	3
11. Peptona	*	6,4	solúvel	1
12. Metilcelulose	*	5,2	solúvel	3

* proteínas

3.4 MÉTODOS DE ENSAIOS

3.4.1 Relação a/g para uma pasta de consistência normal

A relação a/g foi determinada por meio da agulha de Vicat modificado, segundo a norma NBR 12128. Os resultados estão na tabela 2.

3.4.2 Tempos de início e fim de pega

Os tempos de pega das pastas de gesso com e sem retardador, foram medidos por meio de aparelho de Vicat, segundo a norma NBR 12128.

Foram avaliados 5 ou 6 concentrações para cada um dos aditivos tendo sido os teores de aditivo selecionados da literatura. O tempo de pega de cada um dos teores de aditivos é a média de 2 determinações cujos resultados não diferiram mais do que 10%; isto porque inicialmente foi analisado o comportamento com 4 medidas, tendo-se observado que a média com 2 medidas não diferia da média com 4 medidas.

3.4.3 Procedimento adotado para o preparo dos corpos de prova (cps)

Mistura: A mistura foi feita como citado no item 3.1, segundo a norma NBR 12128.

Moldagem: Todos os cps foram moldados em duas camadas; estas camadas são compactadas a mão, por meio de uma espátula e logo vibrados, manualmente, por 10 golpes (1/seg) dos moldes numa mesa comum de laboratório. Depois da compactação, a superfície dos cps foi rasada com uma espátula logo no início da pega. A temperatura da sala de ensaios foi sempre mantida a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa.

Cura: Os cps foram deixados nos moldes de duas a três horas, período em que a hidratação foi completada. Logo após, foram desmoldados, pesados e colocados numa estufa a $40 \pm 5^\circ\text{C}$ para secagem total até massa constante. O período de secagem estendeu-se por 5 dias. Depois de secos, os cps foram pesados. A variação de massa antes e depois da secagem foi cerca de 20%. Uma vez secos, os cps foram ensaiados.

3.4.4 Dureza

Para a avaliação da dureza (D), foram moldados 3 cps cúbicos de 5 cm de aresta, para todos os aditivos e cada um dos teores selecionados. Foram escolhidas 3 faces de cada um dos cps, resultando em 9 por teor de aditivo. A face exposta à secagem do cp, quando rugosa, foi lixada para diminuir o erro de ensaio. A dureza foi determinada segundo a norma NBR 12129 - Gesso para construção - Determinação das propriedades mecânicas.

3.4.5 Resistência à compressão

A resistência à compressão dos cubos foi determinada usando uma prensa Shidmazu, a uma velocidade de aplicação de carga de 3000 kgf por minuto. Os ensaios foram realizados nos mesmos cps, anteriormente submetidos ao ensaio de dureza, mas nas duas faces paralelas restantes, segundo a norma NBR 12129 - Gesso para construção - Determinação das propriedades mecânicas do gesso. Para cada teor, o resultado é a média de 3 medidas, cujos resultados individuais não diferiram mais do que 15% em relação à média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados os resultados obtidos com 11 aditivos, dos 12 selecionados, quanto ao tempo de pega (agulha de Vicat), resistência à compressão e dureza. Não foi possível a avaliação dos gessos com adição de metilcelulose, porque este aditivo não se

comportou como retardador de pega, como será explicado em detalhe no item 4.1. Uma análise do desempenho mecânico, conjuntamente a uma análise de custo do aditivo permitiu a escolha de 4 aditivos.

4.1 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NA CONSISTÊNCIA

Cabem algumas observações da influência dos aditivos na fluidez da pasta: Foi observada uma mudança na consistência das pastas quando empregado ácido cítrico e bórax, com o aumento da trabalhabilidade das mesmas e nenhuma mudança significativa com os outros aditivos; com o ácido tartárico, em particular, encontraram-se grandes quantidades de borbulhas de ar no momento da mistura. A caseína deixa a pasta mais cremosa.

4.2 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NOS TEMPOS DE PEGA

Os resultados de início e fim de pega das pastas de gesso preparadas com relação a/g de 0,50 e 0,53 para os lotes 1 e 2, respectivamente e os 11 aditivos seleccionados, estão apresentados nas figura 1 a 6.

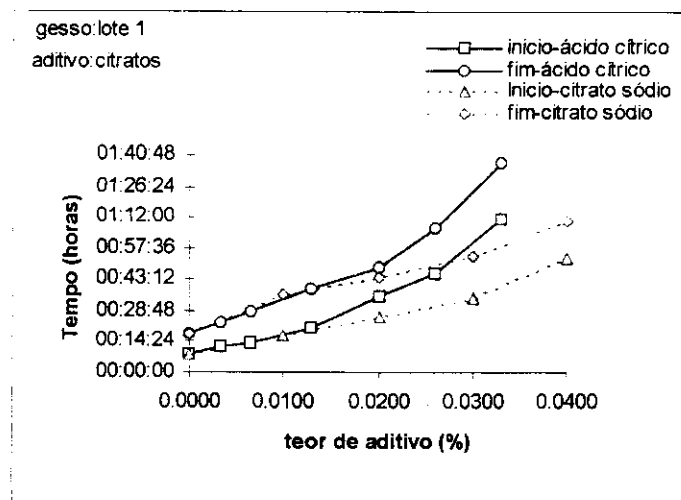


Figura 1 Influência dos citratos na pega.

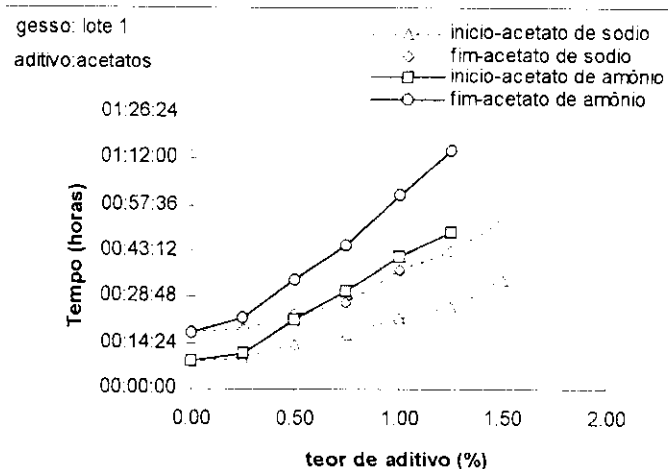


Figura 2 Influência dos acetatos na pega.

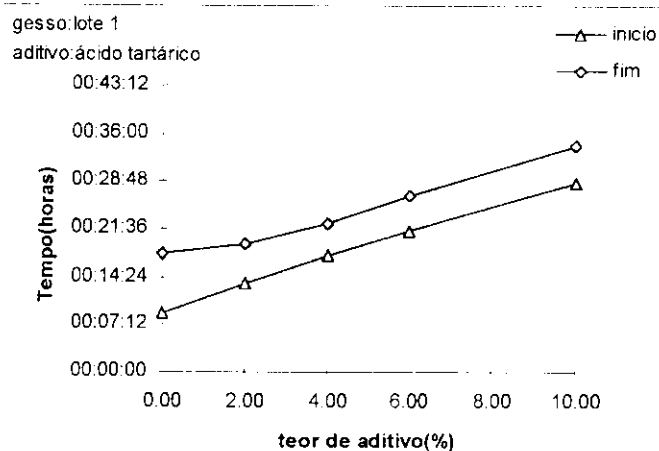


Figura 3 Influência do ácido tartárico na pega

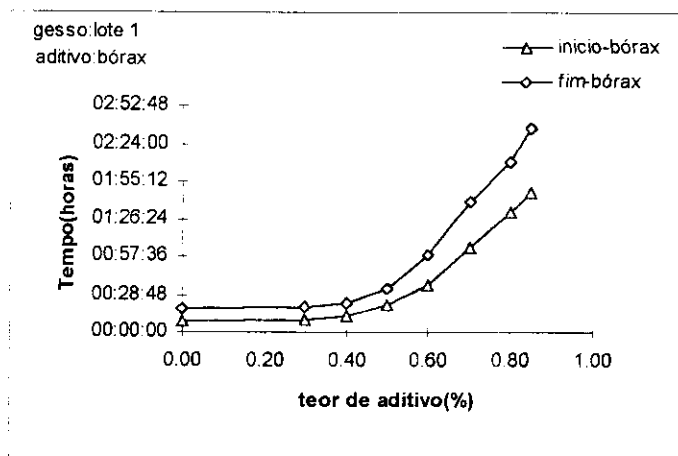


Figura 4 Influência do bórax na pega

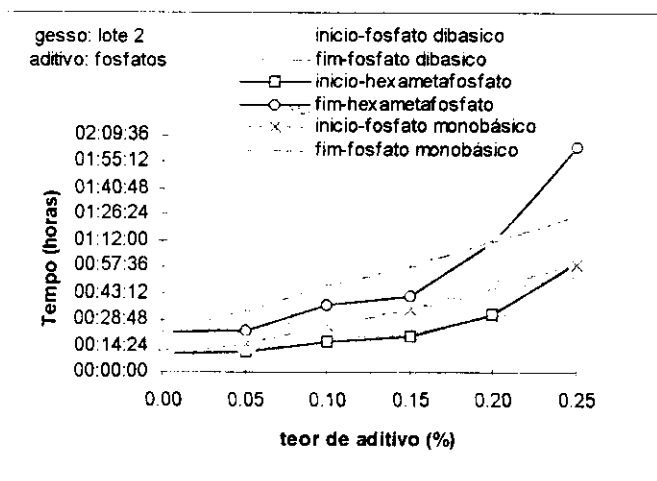


Figura 5 Influência dos fosfatos na pega

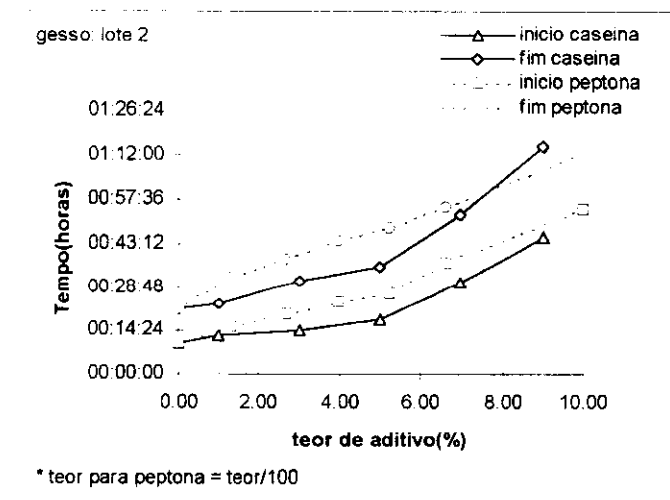


Figura 6 Influência das proteínas na pega

Nas figuras observa-se que, para os teores aqui utilizados, sempre ocorreu retardamento de início e fim de pega com todos os aditivos.

Para atingir o tempo ótimo de pega, estes teores coincidem em geral com os teores mencionados na literatura, confirmando que pequenas quantidades de citratos (<0,1%), boratos (<1%) e fosfatos (<1%), retardam fortemente a pega. A peptona tem efeito retardador ainda mais forte, pois com teores de 0,1% o tempo de início de pega de 9 minutos da pasta de gesso sem retardador, chega a ser de 1 hora quando empregado este aditivo. Em quantidades um pouco maiores (2%), porém pequenas, os acetatos apresentam também efeito retardador. Já a caseína e o ácido tartárico precisam ser empregados em teores bastante altos de 10 e 20%, respectivamente. A metilcelulose foi

também ensaiada; os resultados deste aditivo não são os esperados se comparados com os da literatura. Em concentrações entre 0,2 e 5%, a metilcelulose não apresenta nenhum efeito de retardamento em nenhum dos gessos selecionados, inclusive chegando a comportar-se como acelerador de pega. Teores maiores do que 5% foram também testados, resultando numa pasta seca, sem nenhuma possibilidade de moldagem. Por tal motivo, não são apresentados os resultados de início e fim de pega, nem de propriedades mecânicas.

Citratos

Na figura 1 percebe-se claramente um forte efeito no retardamento, efeito já observado com teores muito baixos (0,005%). Isto pode ser devido ao fato destes aditivos apresentarem um excelente comportamento em gessos neutros como é o caso do gesso empregado neste trabalho. Observa-se também que o ácido cítrico apresenta um efeito maior do que o seu respectivo sal de sódio, quando empregado o mesmo teor, confirmando-se os resultados encontrados por MALLON (1988).

Igualmente para os mesmos teores, o comportamento de ambas as curvas é paralelo e com tendência exponencial. Isto ressalta que o efeito do íon citrato é importante no retardamento do tempo de pega nas pastas de gesso, pois forma com a cal presente no gesso, citrato de cálcio. O menor efeito de retardamento do citrato de sódio pode ser devido a uma menor concentração de íon citrato presente, já que o teor adicionado é o mesmo.

Mesmo não apresentados os resultados, observou-se que com concentrações maiores do que 1% desses aditivos, as pastas permanecem fluidas por mais de 10 horas.

Como os teores aqui encontrados coincidem em geral com os encontrados na literatura, pode-se concluir que em gessos neutros, *o ácido cítrico e seu sal de sódio podem ser empregados em concentrações próximas de 0,04% para produzir uma hora de retardamento.*

Acetatos

Como mostra a figura 2, o efeito de retardamento dos acetatos começa a partir de 0,5%, sendo o efeito do acetato de amônio maior do que o do acetato de sódio. Mas, ambos os aditivos apresentam um comportamento similar quanto às concentrações

empregadas apresentando também uma tendência de curva exponencial. Para ambos os aditivos, as concentrações menores do que 0,5 % apresentam quase nenhum efeito de retardamento. Analisando estes resultados conjuntamente aos da literatura, pode-se ressaltar a importância do íon acetato no retardamento. As concentrações dos dois acetatos próximas de 2%, encontradas neste trabalho, e que produzem um tempo de pega ótimo, coincidem com as encontradas por RIDGE & SURKEVICIUS (1961), COMBE & SMITH (1964) e CLIFTON (1973), embora estes pesquisadores tenham empregado outros sais como os de cálcio e de potássio. Isto permite concluir que, *uma concentração próxima de 2% produz um tempo de retardo de 1 hora, para o gesso estudado.*

Ácido tartárico L

Quanto ao ácido tartárico, pode-se observar na figura 3 que não existe um comportamento similar ao dos citratos e acetatos, apesar deste aditivo ser também um ácido orgânico. *O efeito de retardamento com 10% de ácido tartárico L é mínimo, não aumentando para teores de 20%, precisando-se de 30% deste ácido para atingir o tempo ótimo de uma hora de retardo;* estes altos teores, têm um efeito negativo, já que grandes quantidades de emprego diminuem a relação água/sólidos de 0,50 para 0,41, mudando as características do gesso endurecido. Estes resultados não coincidem com os de MOISSEY (1985) e CLIFTON (1973), que observaram com adições de 0,2% efeitos de retardamento de 37 para 67 minutos. A grande diferença dos resultados pode ser devida ao tipo de ácido tartárico (L, DL e meso) empregado por esses pesquisadores. Embora exista esta incongruência, os resultados deste trabalho coincidem com os de outros pesquisadores (BOUMAN 1957, REUL 1977, MALLON 1989, FORG 1989). Se levarmos em conta o pH do gesso empregado, estes resultados são os esperados, pois o ácido tartárico apresenta seu maior efeito de retardamento em gessos alcalinos, com pH maior do que o gesso estudado.

Bórax

Observa-se com o bórax (figura 4) que o efeito de retardo começa praticamente a partir de 0,5% sendo o efeito mínimo com teores menores. O comportamento da curva a partir de 0,6% é igual ao encontrado por diferentes pesquisadores e é típico do bórax, com um aumento significativo de tempo de início e fim de pega acima deste teor. *O*

teor de 0,7% encontrado, que produz um tempo de retardo de uma hora, coincide com os resultados de BOUMAN (1957), RIDGE & SURKEVICIUS (1961) e CLIFTON (1973).

Fosfatos

Quando empregados os fosfatos alcalinos (figura 5), encontrou-se resultados semelhantes aos dos pesquisadores internacionais. Quanto aos teores empregados, *as concentrações que produzem um tempo ótimo de retardamento são menores do que 0,5%, dependendo do tipo de fosfato.* O fosfato de potássio monobásico e o hexametáfosfato de sódio causaram um significativo atraso no tempo de início de pega, pois para conseguir um tempo de retardo de uma hora, foram necessários 0,25% de adição destas substâncias. o fim de pega parece ser mais afetado pelo hexametáfosfato quando empregado este teor. Adições de 0,4% de fosfato de amônio dibásico são necessários para produzir este mesmo efeito de retardamento.

Proteínas

Quanto ao emprego da peptona (figura 6), existem poucos dados disponíveis para comparar os resultados encontrados na literatura, sendo que BERTOLDI (1976) encontrou que adições de 0,001 até 1% deste aditivo causaram aumento no tempo de início e fim de pega de até 3885%. Na literatura existe um consenso de *que as proteínas são empregadas em teores próximos de 0,2% e muitas vezes em até 10 vezes menores (0,02%)*. Os resultados obtidos quando empregada a peptona são os esperados porque segundo a literatura (MALLON 1988), as proteínas apresentam um excelente comportamento como retardadores em gessos com pH entre 6 e 12, que é o caso dos gessos empregados nesta pesquisa.

Contrário a esses resultados, a caseína não se comportou como um bom retardador de pega, porque foi necessário empregar 10% para atingir o tempo ótimo de retardamento. No caso da caseína, não se conhece da literatura os teores possíveis que causem atraso nos tempos de pega, porém, TURCO (1990) afirma que o efeito da caseína é pouco significativo, sendo este empregado somente para melhorar as propriedades mecânicas do material.

Em resumo, pelo exposto, pode-se dizer que existe uma diferença significativa no efeito dos diferentes aditivos na pega do gesso, levando em conta o tipo e teor empregado, sendo talvez os mais adequados aqueles que empregam um teor menor sem correr o risco de mudança acentuada nas propriedades, assim como na microestrutura do material.

Em geral, a tendência de todas as curvas é exponencial, com exceção do bórax. Isto permite um avanço na tecnologia do gesso, já que conhecendo 2 ou 3 pontos de uma curva exponencial, poder-se-ia estimar o tempo de início e fim de pega através de equações matemáticas como já realizaram alguns pesquisadores, como FISCHER (1994) e DUMA (1979).

4.3 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NA DUREZA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados de dureza e resistência à compressão estão apresentados nas figuras 7 e 8, respectivamente. Os aditivos analisados são os mesmos do item 4.1.

Percebe-se claramente nas figuras que os retardadores têm uma influência direta sobre a dureza e resistência à compressão do gesso endurecido. As figuras mostram um decréscimo da dureza e resistência com todos os aditivos utilizados, exceto com caseína, quando comparados ao gesso sem retardador.

Os gessos puros apresentam valores de dureza e resistência elevados se comparados ao especificado pela NBR 13207 que especifica um mínimo de dureza de 30 MPa e de resistência à compressão de 8,4 MPa. Com adições de citratos, bórax, fosfatos mono e dibásico e peptona, observam-se quedas de 15 % nestas propriedades. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por COMBE & SMITH (1966), KOSLOSKY & LUDWIG (1985), MOISSEY (1985), permitindo afirmar que, se os gessos são de boa qualidade, a utilização destes retardadores não influenciarão de maneira significativa o desempenho do material. Quanto ao emprego da peptona, não existem dados disponíveis na literatura para comparação.

Quanto aos outros retardadores, isto é, acetatos, hexametáfosfato de sódio e ácido tartárico há restrição quanto ao emprego destes produtos quando às propriedades mecânicas, requisito principal, já que apresentam quedas nos valores das propriedades

de 60 % para os dois primeiros e de 90% para o ácido tartárico. Isto influencia significativamente as propriedades do material. A grande queda da resistência quando empregado ácido tartárico deve ser devida à alta porosidade resultante. Os valores de queda das propriedades encontradas com este ácido não coincidem com os resultados de COMBE & SMITH (1965), provavelmente porque pode existir diferença no tipo de ácido empregado.

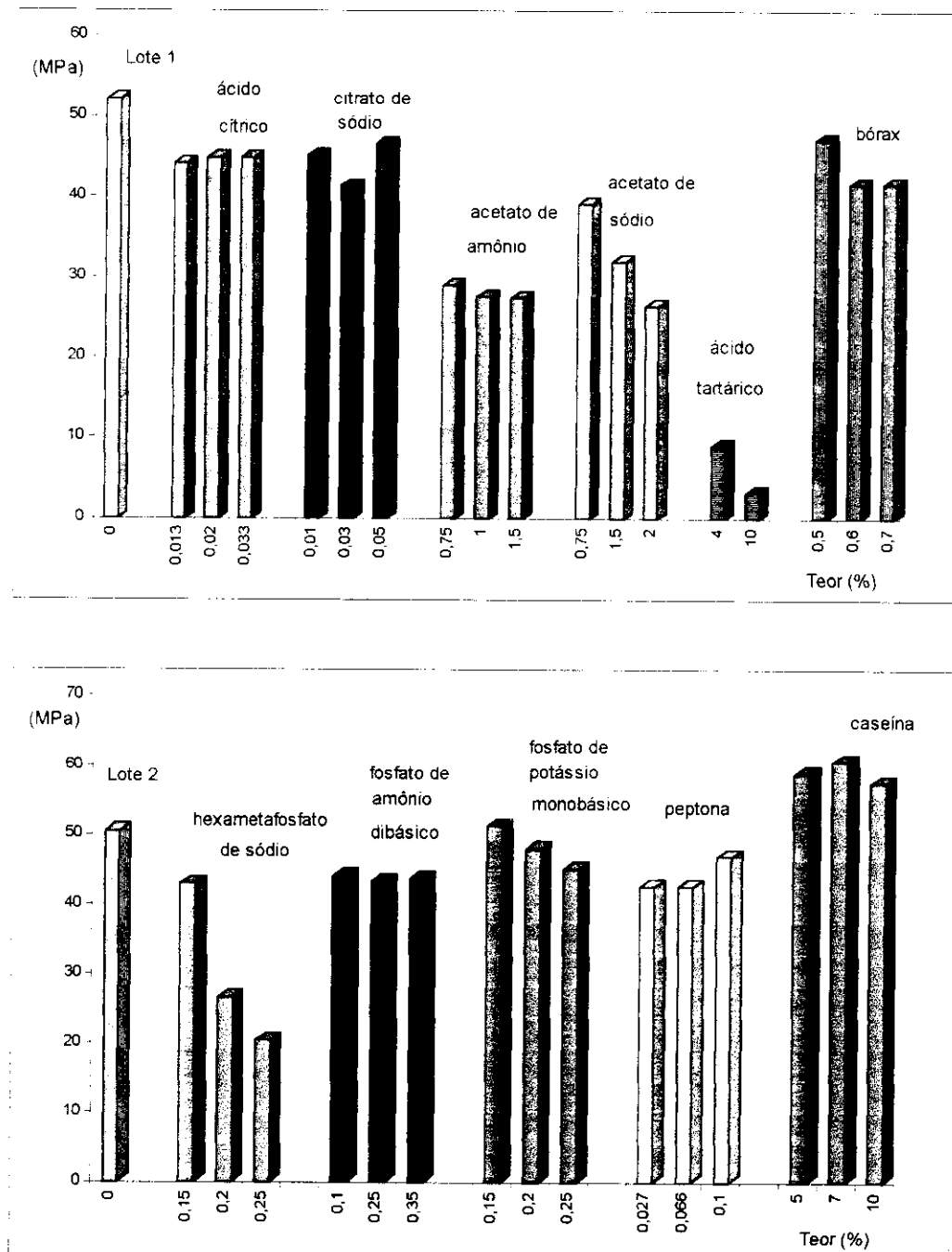


Figura 7 Efeito dos aditivos na dureza

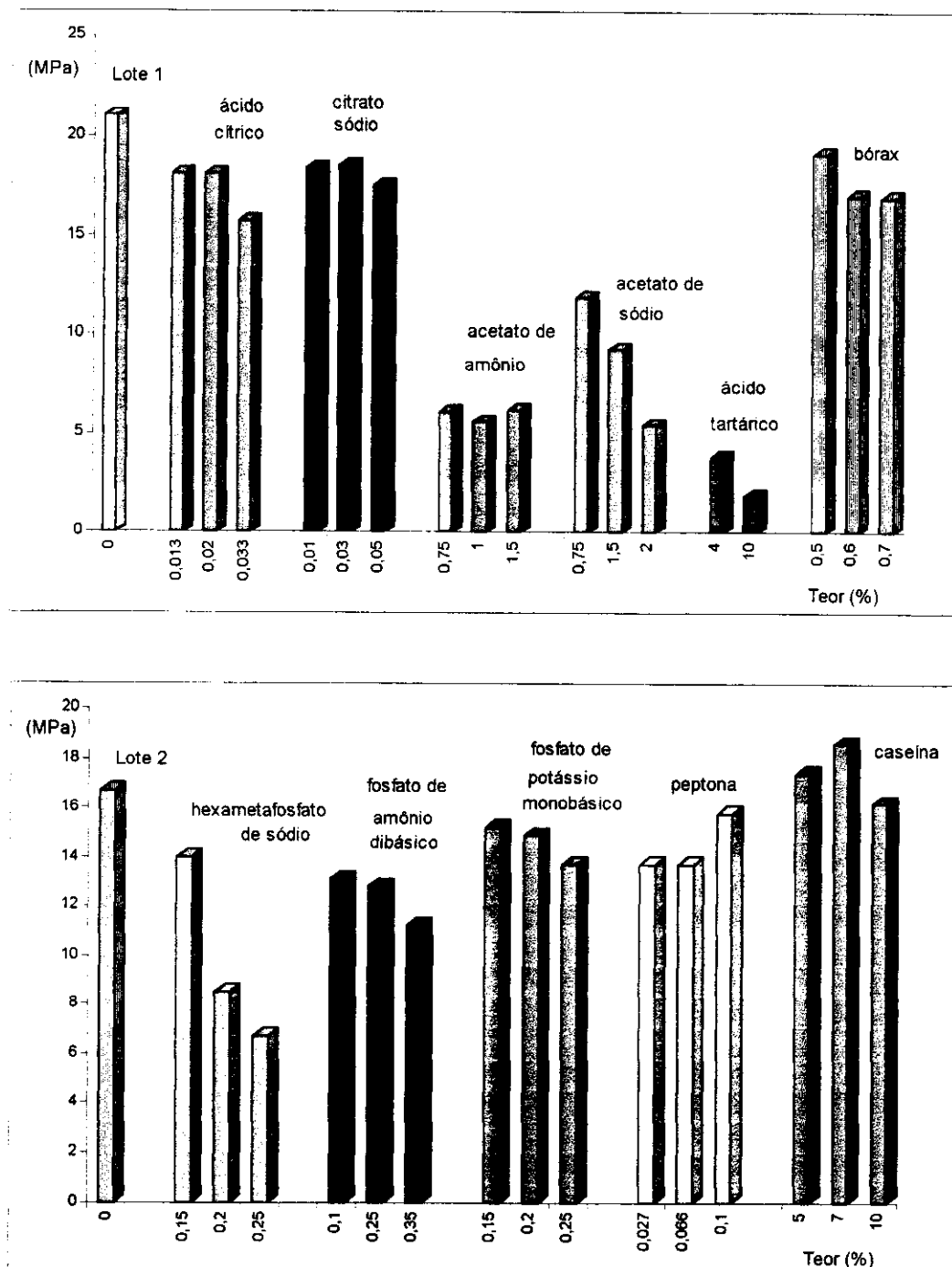


Figura 8 Efeito dos aditivos na resistência à compressão

Com respeito ao resultado observado com adição de caseína, isto é, aumento da resistência, não está claro o porque deste comportamento, embora a explicação mais simples seja a de que ao empregar relações a/g baixas ($=0,50$) o alto teor de aditivo empregado reduz a quantidade de água usada na mistura, proporcionando pastas mais

densas que influenciam de forma positiva as propriedades mecânicas, embora a trabalhabilidade das mesmas seja afetada.

Confrontando este resultado com o da bibliografia, TURCO (1990), menciona de uma maneira breve que o objetivo de adição da caseína é justamente aumentar as propriedades mecânicas do material, especificamente a dureza superficial, sendo o aumento obtido considerado razoável.

Depois de realizado o ensaio, todas as amostras foram examinadas visualmente, observando-se que aquelas que contêm ácido tartárico apresentam uma estrutura altamente porosa, devido às borbulhas de ar incorporado formadas na pasta.

4.4 SELEÇÃO DE ADITIVOS COM MELHOR DESEMPENHO

A tabela 4 mostra de forma resumida os resultados apresentados anteriormente, de avaliação do desempenho mecânico de gesso com retardador quando atingido o tempo ótimo de retardo (1 hora) e uma avaliação de custo de modo a complementar a seleção, levando em conta o preço por quilo e a quantidade em gramas, necessárias para conseguir o tempo de retardo ótimo.

Tabela 4 Análise comparativa dos aditivos

<i>Aditivo - Grupo</i>	<i>propriedades Rc Rs (%)</i>	<i>valor de aditivo RS quilo</i>	<i>g (ad) 100 g gesso para 1 hora retardo</i>	<i>custo aditivo RS ton. gesso</i>
ácido cítrico	80	37	0,030	11,1
citrato de sódio	85	38	0,045	17,1
Acetato de amônio	70	6	1,5	90
Acetato de sódio	70	13	2,0	260
ácido tartárico	10	59	20	11800
Bórax	85	7	0,7	49
Hexametáfosfato	50	17	0,25	42,5
fosfato dibásico	70	27	0,40	108
fosfato monobásico	85	25	0,25	62,5
peptona	90	*	-	-
caseína	se mantém	9	10	900

Rc = Resistência à compressão com retardador

Rs = Resistência à compressão sem retardador

* não informado pelo fornecedor

Levando em conta que a literatura divide os retardadores em três grupos, escolheu-se um aditivo de cada grupo, levando ainda em conta a análise da tabela. Dos aditivos do grupo I (ácidos orgânicos), os de melhor desempenho quanto ao tempo de retardo e ao comportamento mecânico são os citratos; a escolha do ácido cítrico

preferencialmente ao citrato de sódio, além do menor custo do primeiro, deve-se ao fato de que gesseiros adicionam gotas de limão à pasta, como fonte de ácido cítrico, observado em acompanhamento feito em obra.

Do grupo II, os boratos e os fosfatos, a avaliação econômica permitiu a seleção do bórax, por ser 50% mais barato do que o fosfato dibásico e 20% mais barato do que o fosfato monobásico.

Do grupo III, as proteínas, a seleção da caseína sobre a peptona tem três critérios; o primeiro é que apesar da caseína apresentar pouco efeito de retardamento, pois são necessárias grandes quantidades (10%) para produzir uma hora de atraso no tempo de pega, foi o único aditivo que não afetou as propriedades mecânicas do gesso, sendo considerado de uso potencial. O segundo foi a dificuldade de encontrar peptona no mercado, ao contrário da caseína, a qual é possível adquirir de diferentes fornecedores. O terceiro é o fato de se empregar no nordeste do Brasil, leite em pó como retardador do endurecimento das pastas segundo informação verbal obtida dos construtores no I Encontro Nacional de Gesso (GYPSUM FAIR 1997).

5. CONCLUSÕES

1. A adição de substâncias químicas empregadas neste trabalho, mostrou-se efetiva no *retardamento de inicio e fim de pega* das pastas de gesso.
2. O *tipo de substância* foi a variável mais importante que influenciou nas propriedades do gesso nos estados fresco e endurecido.
3. *As concentrações* encontradas, que retardam o inicio de pega para 1 hora foram: 0,03% de ácido cítrico, 0,045% de citrato de sódio, 1,5% de acetato de amônio, 2,0 % de acetato de sódio, 0,7% de bórax, 20 % de ácido tartárico, 0,25% de hexametáfosfato de sódio, 0,40% de fosfato de amônio, 0,25% de fosfato de potássio, 10 % de caseína e 0,01% peptona.
4. Embora a literatura cite a metilcelulose como substância retardadora, esse efeito não foi observado para os gessos estudados.

5. Dos três ácidos orgânicos empregados e seus respectivos sais, o maior efeito de retardamento foi apresentado pelos citratos, seguidos pelos acetatos e os tartaratos.
6. Confirma-se que a *quantidade de água de amassamento* é uma variável que influi de forma determinante nas propriedades mecânicas do gesso.
7. Quando a relação a/g se mantém constante, o valor do *índice de consistência* das pastas de gesso aumenta com a adição de ácido cítrico e bórax, melhorando a trabalhabilidade das mesmas, porém, em presença de caseína, esta propriedade é prejudicada. O efeito positivo observado nesta pesquisa, quanto ao aumento do índice de consistência, pode melhorar as propriedades mecânicas do material, diminuindo-se a relação a/g.
8. Para os teores de aditivos aqui empregados, os valores das *propriedades mecânicas* melhoraram ou se mantêm, com a adição da caseína. O emprego de citratos, bórax e fosfatos afetou negativamente em valores próximos de 10%, considerando-se que o material apresenta um bom desempenho. Já com o emprego de acetatos, ácido tartárico e gelatina as propriedades mecânicas do material apresentam quedas entre 40 e 90%, devendo-se ter cuidado no emprego destes retardadores quando essas propriedades sejam requisitos de desempenho.
9. Levando em conta o desempenho das misturas de gesso de construção e substâncias retardadoras, assim como o custo destes materiais, as substâncias recomendadas para emprego em obra, como aditivos retardadores de pega do gesso de construção são o citrato, o bórax e os fosfatos mono e dibásico em concentrações próximas de 0,03%, 0,7% e 0,3%, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V. **The preparation of glass reinforced gypsum by premixing and its properties under humid conditions.** London, 1982. Thesis (PhD)-University of London.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **Gesso para construção civil - especificação** - NBR 13207/94, Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó: método de ensaio** - NBR 12127/1991, Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT.. **Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas da pasta: método de ensaio** - NBR 12128/1991, Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **Gesso para construção civil: determinação das propriedades mecânicas: método de ensaio** - NBR 12129/1991, Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT.. **Gesso para construção civil: determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidro sulfúrico: método de ensaio** - NBR 12130/1991, rio de janeiro, 1991.
- BERTOLDI, AG. Research on modifying the initial and the final set of plaster of Paris. **Zement - Kalk - Gips**, n° 5, p.223-6, 1976.
- BOUMAN A. Mecanisme du retardement et de l'acceleration de la prise du plâtre. **Revue des Matériaux de Construction**, n.497, p. 42-151, 1957.
- CAHIERS DU CENTRE SIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB), **Definition et classification des ouvrages de revêtement esterieur de façades em maçonnerie ou en beton**, n °1.206, jan/fev 1980.
- CINCOTTO M.A.; COVELO SILVA , M.A.; CASCUDO H. **Argamassas de revestimento, características, propriedades e métodos de ensaio.** . São Paulo , IPT, 1995.
- CINCOTTO M.A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M.C. O gesso como material de construção: composição química (1 parte). In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SOÃ PAULO . **Tecnologia de Edificações**. São Paulo , IPT/Pini, 1988.
- CINCOTTO M.A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M.C. O gesso como material de construção: propriedades físicas e mecânicas (2 parte). In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SOÃ PAULO. **Tecnologia de Edificações**. Sao Paulo , IPT/Pini, 1988.
- CLIFTON J.R. Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster. Technical Note, 755. **National Bureau of Standars**. 1973.
- COMBE C.; SMITH C. The effects of the organic acids and salt on the setting of gypsum plaster. I. Acetates. **Journal Applied Chemistry**, n. 14, p.544-53, 1964.

- COMBE C.; SMITH C. The effects of the organic acids and salt on the setting of gypsum plaster. II. Tartrates. Journal Applied Chemistry, n. 15, p.367-73, 1965.
- COMBE C.; SMITH C. The effects of the organic acids and salt on the setting of gypsum plaster. III. Citrates. Journal Applied Chemistry, n. 16, p.73-77, 1966.
- COSTES, J. **Le plâtre traditionnel et moderne**. Paris, Eyrolles, 1990.
- DUMA, G. Calculated setting time of gypsum. Zement - Kalk - Gips, n° 4, p. 210-1, 1987
- FISCHER, B. Causes of the drop in conductivity during the hydration of gypsum plaster mixes. Zement - Kalk - Gips, n° 5, p. 288-92, 1994.
- FORG, G. Influence of various retarders on the crystallization and strength of plaster of Paris. Zement - Kalk - Gips, n° 5, p. 229-32, 1989.
- HINCAPIE, A.M. et al. Revestimento de gesso I. TECHNE n° 21, Mar/Abr, 1996
- HINCAPIE, A.M. et al. Revestimento de gesso II. TECHNE n° 22, Mai/Jun, 1996
- JOHN, V.; et al. Cal x aditivos. TECHNE, n° 11, jul/agos, 1994.
- KOSLOWSKI T; LUDWIG U. Retardation of gypsum plasters with citric acid: mechanism and properties. In: **Chemistry and Technology of Gypsum**,. p. 97-104. 1983
- MALLON, I. Retarding action of gypsum plaster retarders of various chemical composition in relation to the pH value of the plaster. Zement - Kalk - Gips, n° 6, p. 309-11, 1988.
- MOISSEY J.M. Modificateurs de prise des plâtres. Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux.
- MURAT, M.; ATTARI, AA. A modification of some physical properties of gypsum plaster by addition of clay minerals. Cement and Concrete Research. v. 21, p. 378-87, 1991.
- PRACTICAL BUILDING AND CONSERVATION. **Mortars, plasters and renders**. Gower Technical Press, 1990.
- REUL H. Untersuchungen an Stuck - und Maschinenputzgips mit Verzögerern auf Oxy-Carbonsaure-und Eiweibasis. Zement-Kalk-Gips, n° 7, p. 331-3, 1977.
- RIDGE J.M.; SURKEVICIUS H. Variations in the kinetics of setting of calcined gypsum. I. Effect of retarders and accelerators. Journal Applied Chemistry, n. 11, p.420-34, 1961.
- TURCO, T. **Il gesso**. - Milano, 1990. Editore Ulrico mHoepli.
- ULLMANS. **Encyclopedia of industrial chemistry**. 5 ed. Weinheim, Federal Republic of Germany.
- WIRCHING, F. Production and use of industrial calcium sulphates, and the properties of the gypsum building materials produced from them. Zement - Kalk - Gips, n° 5, p. 248-52, 1991.

BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/161 - Método Construtivo de Alvenaria de Vedação de Blocos de Concreto Celular Autoclavado - MARIENNE R. M. M. DA COSTA, LUIZ SÉRGIO FRANCO.
- BT/PCC/162 - Planejamento de Shopping-Centers - JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT/PCC/163 - Legislação de Uso do Solo em Áreas Centrais de Cidades Médias. Estudo Comparativo: Limeira e Americana - FRANCISCO BORGES F., BRENNO CYRINO NOGUEIRA.
- BT/PCC/164 - Desenvolvimento de um Painel de Gesso Reforçado com Fibras de Vidro para Vedação vertical Interna - CLAUDIA TEREZINHA DE ANDRADE OLIVEIRA, VAHAN AGOPYAN.
- BT/PCC/165 - Estudo da Produtividade da Mão-de-Obra no Serviço de Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado - UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA, VAHAN AGOPYAN.
- BT/PCC/166 - Proposição de Classes de Resistência para Madeira - ALMIR SALES, FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR.
- BT/PCC/167 - Formulação de Modelos para Determinação da Demanda e Consumo de Gás Combustível em Edifícios Residenciais - MARINA S. OLIVEIRA ILHA. ORESTES M. GONÇALVES.
- BT/PCC/168 - Inibidores de Corrosão - Compatibilidade Cimento-Aditivo - MARYANGELA G. LIMA, ADEMAR ARVATI F., PAULO HELENE.
- BT/PCC/169 - O Projeto e a Qualidade das Lajes de Concreto Armado de Edifícios - ANA LÚCIA ROCHA DE SOUZA. SILVIO BURRATTINO MELHADO.
- BT/PCC/170 - O Conceito de Antiderrapante e o Desempenho de Pisos Cerâmicos - EDMILSON FREITAS CAMPANTE. FERNANDO HENRIQUE SABBATINI.
- BT/PCC/171 - Análise de Viabilidade Econômica, pela Iniciativa Privada, de Investimentos em Infra-Estrutura e Operação do Serviço Público de Transportes Rodoviários, sob o Regime de Concessão - PAULO CELSO DE CHIARA. JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT/PCC/172 - Diretrizes para o Processo de Projeto para a Implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas na Produção de Edifícios - MERCIA M. BOTTURA DE BARROS. FERNANDO HENRIQUE SABBATINI.
- BT/PCC/173 - Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios - JOSÉ FRANCISCO PONTES ASSUMPÇÃO. JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT/PCC/174 - Análise de Riscos do Investimento em Shopping Centers - ELIANE MONETTI, JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT/PCC/175 - Metodologia de Seleção Tecnológica na Produção de Edificações com o Emprego do Conceito de Custos ao Longo da Vida Útil - MARIA ANGÉLICA COVELO SILVA. ALEX ABIKO.
- BT/PCC/176 - Subsídios para a Opção entre: Elevador ou Grua. Andaime Fachadeiro ou Balancim, Argamassa Industrializada ou Produzida em Obra - UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA, LUIZ SÉRGIO FRANCO.
- BT/PCC/177 - Definição do Layout do Canteiro de Obras - UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA, LUIZ SÉRGIO FRANCO.
- BT/PCC/178 - Recomendações Gerais quanto à Localização e Tamanho dos Elementos do Canteiro de Obras - UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA, LUIZ SÉRGIO FRANCO, JOSÉ CARLOS PALIARI, FAUSTO CARRARO.
- BT/PCC/179 - Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Unidades de Alvenaria - HELENA CARASEK, JOÃO GASPAR DJANIKIAN.
- BT/PCC/180 - Cortiços e Reestruturação do Centro Urbano de São Paulo, Habitação e Instrumentos Urbanísticos - ANDREA PICCINI, WITOLD ZMITROWICZ.
- BT/PCC/181 - Concreto Projetado com Fibras de Aço para Túneis - ANTONIO D. DE FIGUEIREDO, PAULO HELENE.
- BT/PCC/182 - Estruturação de Sistemas de Informação para Projeto dos Sistemas Hidráulicos Prediais - SIMAR VIEIRA DE AMORIM, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES.
- BT/PCC/183 - Concreto Projetado como Revestimento de Túneis - GIOVANNI PALERMO, PAULO HELENE.
- BT/PCC/184 - Seleção de Substâncias Retardadoras do Tempo de Pega do Gesso de Construção - ANGELA MARIA HINCAPIÉ HENAO, MARIA ALBA CINCOTTO.