

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

ISSN 0103-9830

BT/PCC/71

**Pintura à Base
de Cal**

**Kai Loh Uemoto
Vahan Agopyan**

São Paulo - 1992

O presente trabalho é uma versão abreviada da dissertação de mestrado apresentada pela Química Kai Loh Uemoto, sob orientação do Prof. Dr. Vahan Agopyan: "Pintura à base de cal".

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica.

Uemoto, Kai Loh

Pintura à base de cal / K.L. Uemoto, V. Agopyan.
-- São Paulo : EPUSP, 1992.

38p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/71)

1. Pintura de edifícios 2. Cal (Materiais de construção) I. Agopyan, Vahan II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 698.12

691.51

KRI LOH UEMOTO

Química formada pelo Instituto de
Química, USP, 1972.

PINTURA À BASE DE CAL

Orientador: Prof. Dr. Vahan Agopyan
Professor do Departamento de
Engenharia de Construção Civil da EPUSP.

São Paulo, 1991.

PINTURA A BASE DE CAL

Abstract

This research was developed with the objective to reactivate the use of the whitewash as an alternative paint for low-cost housing and application in environments with high humidity. In the past the durability of the whitewash was generally improved by adding other materials. In this study several hydrated limes for whitewashing and their raw materials were characterized and their performance and durability were compared with latex paints.

Resumo

Esta pesquisa teve por finalidade viabilizar o uso da cal como pintura alternativa de edifícios habitacionais de baixo custo. Dentro das atividades realizadas foram analisadas as características das tintas à base de cal, vendidas no mercado, bem como as características de suas matérias-primas de origem. Também foram analisadas a influência do uso de adições no leite de cal e no desempenho da calagem. As adições estudadas constaram de substâncias comumente empregadas na produção de tintas látex e também aquelas utilizadas no passado para melhorar a durabilidade da calagem.

1. INTRODUÇÃO

Durante séculos, antes do aparecimento dos sistemas modernos de revestimento, a cal foi o material mais utilizado como revestimento em alvenaria. Comparativamente aos sistemas modernos de pintura, a cal apresenta menor durabilidade, menor proteção e menores opções quanto ao efeito decorativo. No entanto, este material manteve o seu uso devido ao baixo custo e a facilidade na aplicação, não exigindo grandes conhecimentos na sua preparação, nem grandes

cuidados no preparo da base e/ou conhecimentos da técnica de pintura. As películas obtidas com o leite de cal são razoavelmente protetoras e apresentam elevada alvura, conferindo um aspecto de limpeza ao ambiente.

Por ser uma dispersão aquosa, a calagem resulta em filme poroso que permite "respiro" ou passagem de vapor de água, propriedade bastante desejável em superfícies úmidas, pois não leva à formação de bolhas e descascamentos na película. Por ser constituída por material de elevada alcalinidade é bastante compatível com substratos constituídos por cal ou cimento.

Este tipo de pintura é utilizado até hoje em algumas aldeias da Europa Central, nos Estados Unidos e inclusive no Brasil. É aplicado em tetos e paredes de barracões, em cercas, troncos de árvore, muros, telhas de cimento-amianto, em obras de concreto aparente e bloco de concreto, guias de calçadas, etc.

2. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Com o aparecimento dos sistemas modernos de pintura, à base de água, foi reduzida a aceitação da cal como pintura. As tintas látex, que substituíram o uso deste material, são produzidas com resinas sintéticas como o poli(acetato de vinila) (PVAc) e poliacrilatos. Estas tintas são vendidas prontas para uso, aumentando a facilidade na aplicação além de apresentarem maior resistência ao intemperismo e ao uso, maiores opções quanto a cores e melhor acabamento final.

A matéria prima usada na fabricação das tintas látex é cara e às vezes parte dos seus constituintes são importados, e acabam elevando o custo deste produto, inviabilizando a sua aplicação em edifícios habitacionais de baixa renda.

O custo da pintura neste tipo de habitação representa uma fração elevada em relação ao custo total da obra, sendo, conforme dados de construtoras, de aproximadamente 5%, para pinturas externas de edifícios unifamiliares. Assim, é de interesse uma pintura alternativa de baixo custo, utilizando-se somente matéria-prima facilmente encontrada em qualquer região do país, com tecnologia e aplicação das mais simples.

Além disso, algumas características das tintas látex, como menor permeabilidade da película e maior facilidade de aplicação resultam em problemas patológicos não comuns às tintas à base de cal. Observou-se que maior proteção à base é obtida por aumento de impermeabilidade; no entanto, isto impede o respiro da parede se ela apresentar umidade, resultando em desenvolvimento de microorganismos que alteram o aspecto visual da pintura além de outras patologias. As tintas látex têm apresentado baixa durabilidade quando aplicadas em ambiente ou sobre substratos com umidade elevada, não servindo para aplicação em ambientes marinhos ou em superfícies recém executadas. A calçação, ao contrário, por ser uma camada de proteção porosa, permite a saída do vapor de água do substrato. Os problemas citados estimulam a retomada de práticas de construção relegadas ao segundo plano.

Em resumo, como a cal é um material de baixo custo e facilmente encontrado em qualquer região do país, considera-se de grande interesse estimular o seu uso como pintura alternativa. A tecnologia de pintura com cal é das mais simples, utiliza mão-de-obra não especializada e permite à população de baixa renda executar ela mesma o serviço de manutenção de sua habitação.

3. OBJETIVOS

A presente pesquisa aborda os seguintes aspectos:

- determinar que características a cal deve possuir para apresentar bom desempenho, quando aplicada como pintura;
- melhorar algumas características da caliação tais como: a durabilidade e o acabamento da película, através de adições que não comprometam o custo final e nem dificultem o preparo do leite de cal e/ou a aplicação do mesmo;
- estabelecer as condições adequadas para aplicação em pintura;
- incrementar o emprego da cal como pintura alternativa, de edifícios habitacionais de baixo custo ou edifícios situados em locais com problema de umidade elevada.

4. ESTUDO DA CRIAÇÃO

Para o desenvolvimento do estudo foi realizado um levantamento de dados, através de revisão bibliográfica e de contatos no mercado. Esta revisão foi realizada por consulta a livros e publicações na área de construção civil e no Chemical Abstracts, que é uma referência clássica de trabalhos científicos na área de química, no período de 1936 a 1988; os contatos no mercado foram realizados com a ABPC - Associação Brasileira dos Produtores de Cal, casas de materiais de construção, fabricantes de cal para pintura e com profissionais de larga experiência neste tipo de pintura.

A coleta de dados nos mostrou que existem contradições sobre o tipo de cal adequado para a pintura. A literatura cita que a cal boa para a pintura deve ser gorda e cálcica, enquanto que para os fabricantes deveria ser dolomítica. As adições usadas no passado nem sempre estão disponíveis hoje no mercado, às vezes encontradas a custo elevadíssimo. As colas do passado foram substituídas por

resinas sintéticas, as mesmas utilizadas para a fabricação de tintas látex. O modo de preparo e aplicação do leite de cal sugerido no passado já não constam das embalagens dos produtos vendidos hoje na praça. Antigamente não existia uma especificação do produto quanto à composição química ou mineralógica, nem ensaios para a sua avaliação e nem especificação dos produtos usados como adição.

Os fatos apresentados nos mostraram a necessidade de um trabalho experimental que nos permitisse confirmar as informações obtidas na coleta de dados e o desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação do produto, que permitisse avaliar o efeito das adições usadas no passado e daquelas atualmente disponíveis no mercado, no desempenho da caiçação. Além disso, analisar as diferenças existentes entre o procedimento sugerido nas embalagens do produto vendido no momento.

Para atingir estes objetivos utilizou-se a seguinte metodologia:

- estudo de cales de elevada pureza e diferenciadas pela composição química e mineralógica da matéria-prima, se cálcica ou dolomítica. Foram coletadas todas as marcas disponíveis no mercado, com as quais se realizaram ensaios de caracterização e ensaios de desempenho exploratórios; com base nos resultados, foram selecionadas algumas marcas de cal, para a continuidade do estudo;
- tentativa de melhoria do desempenho e da durabilidade da caiçação através da adição de alguns ingredientes às cales em estudo. Os produtos de adição foram selecionados com base em informações coletadas no mercado como também à partir de dados de literatura e de contatos com profissionais de larga experiência em pintura à base cal;

- observação da influência das adições em duas etapas: primeiro, pela observação do efeito das várias adições isoladamente na pintura à base de cal, através de ensaios qualitativos exploratórios; e segundo, pela análise comparativa dos resultados dos ensaios de desempenho das cales com adições selecionadas na primeira etapa;
- avaliação comparativa do desempenho da calagem e de tintas látex; apenas para referência. Ambos os tipos de pintura foram aplicados em substratos porosos, comuns em paredes de habitações de baixo custo; a durabilidade de ambos os tipos de pintura foi avaliada expondo superfícies pintadas ao intemperismo artificial e ao natural, em estação de envelhecimento natural (E.E.N.).

4.1 Critérios usados para seleção dos materiais estudados

4.1.1 Cales

Existe um conceito não comprovado entre os fabricantes de cal para pintura que a cal dolomítica é mais apropriada para esse uso, enquanto que a literatura cita a cal cálcica, portanto, procurou-se observar as diferenças eventualmente existentes na qualidade da pintura, quando utilizamos cales provenientes de diferentes tipos de matéria-prima. Para a caracterização desses produtos foram adquiridas cales comercializadas como produto para pintura e, sempre que possível, o calcário ou o dolomito de origem. Foram incluídas no estudo duas cales comercializadas para aplicação em argamassas, uma cálcica e outra dolomítica, com a finalidade de avaliar o uso desse tipo de material também em pintura.

Os materiais foram caracterizados por ensaios químicos, mineralógicos, análise morfológica por microscopia óptica e eletrônica e ensaios físicos. Os primeiros com a finalidade de verificar a pureza destes ; os segundos e terceiro para verificar

a morfologia da matéria prima. Quanto aos ensaios físicos, foram determinadas somente a finura e a plasticidade. Estas duas características foram consideradas importantes para o estudo, a primeira por que governa a velocidade com que o material reage e a segunda por que influi na maior ou menor facilidade de aplicação de argamassas como revestimento de alvenarias. Nos ensaios qualitativos exploratórios verificou-se que a cal cálcica apresenta maior dificuldade de aplicação; assim sendo, procurou-se correlacionar esta propriedade importante em cal para argamassa com a cal quando utilizada para a pintura.

Com base nos resultados obtidos foram selecionadas algumas marcas diferenciadas pela composição química e mineralógica da matéria-prima, para a continuidade do estudo.

4.1.2 Adições

Em décadas passadas existia uma técnica de aplicação de pinturas à base de cal, cujo desempenho e durabilidade eram melhoradas por diferentes tipos de adição. Entretanto, com o aparecimento de novos sistemas de pintura esse conhecimento foi perdido. Considerou-se de extrema importância recuperar estas informações, tanto por motivos históricos como por serem auxiliares no desenvolvimento do estudo. Procurou-se coletar o maior número de materiais citados e observar isoladamente a sua influência nas suspensões de cal, levando-se em conta os seguintes pontos:

- devem ser produtos facilmente encontrados no mercado e de preço compatível com o da cal para pintura;
- devem ser de fácil manuseio na adição ao leite de cal;
- devem melhorar as propriedades necessárias à aplicação, desempenho e durabilidade da pintura.

Todos os produtos adquiridos foram adicionados separadamente às cales em estudo e o desempenho avaliado comparativamente através de ensaios qualitativos exploratórios. A aplicação foi realizada conforme citado em literatura e conforme indicado nas embalagens.

4.1.3 Substratos

Para estabelecer as condições de aplicação e estudar o comportamento desse tipo de tinta foram escolhidos como substrato, o bloco cerâmico e o concreto, por serem substratos comuns em paredes de habitação de baixo custo.

4.2 Metodologia e critérios de avaliação de desempenho

Devido ao grande número de amostras levantadas, de cales e de adições, a avaliação do desempenho foi realizada em duas etapas: primeiramente por observação do comportamento da pintura, à base de cal, com e sem as adições propostas, através de ensaios qualitativos exploratórios e, numa segunda etapa, avaliação das pinturas e adições que apresentaram resultados positivos através de ensaios especialmente desenvolvidos para esta finalidade.

Na Tabela 1 estão apresentados os critérios utilizados para a seleção de materiais e de ensaios.

TABELA 1 - Resumo dos ensaios de avaliação de desempenho

Etapas	Ensaios	Materiais Inº de amostras	Critérios para seleção
1ª) Ensaios qualitativos exploratórios	Facilidade de aplicação	cales:7 (marcas)	Todas do mercado e cal para argamassas
	Poder de co- bertura	adições:18 (produtos)	Produtos comuns no mercado e preço compatível
	Pulverulência Aderência	substratos:2 (concreto e cerâmica)	Substratos comuns em edifícios de baixa renda
2ª) Ensaios de desempenho comparativos	Abrasão (seco e úmido)		Apresentaram desempenho*
	Aderência	cales:4 (marcas)	satisfatório e diferenciado pela composição
	Absorção de gota de água		
	Envelhecimento natural (posição vertical e inclinado)	adições:3 (produtos)	Apresentaram desempenho* satisfatório
Envelhecimento acelerado (radiação U.V., anidrido sul- furoso e água destilada)	substratos:1 (blocos de concreto)	Apresentou desempenho* satisfatório	
	sistema de pintura:2 (tintas látex)	Para avaliação comparativa com a cal	

* Nota: Na 1ª etapa.

4.3 Materiais Estudados

4.3.1 Cales e matéria- prima de origem

A seleção das amostras de cal, para a pintura e para argamassa foi realizada com base na metodologia indicada. A lista das cales estudadas está resumida na Tabela 2, conforme sua aplicação, tipo e procedência da matéria- prima e designação neste estudo.

TABELA 2 - Cales estudadas

Material	Matéria-prima	Procedência	Designação
Cal para pintura	Dolomito	Itararé (SP)	A
			C
		Almirante Tamandaré (PR)	D
			E
		Bodoquena (MS)	F
	Calcário	Vespasiano (MG)	G
Cal hidratada para argamassas	Calcário	Vespasiano (MG)	H
	Dolomito	Itapeva (SP)	I
	Calcário	Ceará	J

4.3.2 Adições

Nas informações colhidas, os produtos de adição citados com maior frequência podem ser agrupados em função de sua influência nas propriedades do leite de cal ou no desempenho da película de pintura, conforme detalhado a seguir:

- agentes formadores de filme (Grupo IA) - substâncias com propriedades aglutinantes que permitem a formação de filme;

- agentes formadores de filme (Grupo IB) - substâncias que também são formadoras de películas, mas polimerizam por oxidação ao ar;
- agentes secantes ou fixadores (Grupo II) - geralmente sais minerais que aceleram a carbonatação da cal;
- agentes dispersores, espessantes ou retentores de água (Grupo III) - substâncias que afetam as propriedades reológicas do leite de cal facilitando a aplicação. Estes agentes possuem propriedades anti-sedimentantes e têm a capacidade de manter o leite de cal em forma de suspensão homogênea;
- agentes preservativos (Grupo IV) - agentes bactericidas que ajudam a preservação das adições do tipo caseína ou produtos à base de derivados de celulose;
- agentes nivelantes (Grupo V) - agentes com poder de enchimento, que nivelam e corrigem imperfeições de superfícies.

Exemplos dos produtos enquadrados nesses grupos encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3 - Adições

Grupos	Adições
IA	Clara de ovo, leite desnatado, leite fermentado, goma arábica, cola de origem animal, cola branca, (PVAc), amido de milho (Maizena), gelatina.
IB	Óleos de soja, de milho, de amendoim, de mamona e de linhaça.
II	Sal de cozinha, cloreto de cálcio, alúmen.
III	Sabão em pó, produtos à base de derivados de celulose, bentonita.
IV	Formaldeído, ácido bórico, sulfato de amônio, compostos organo estanosos.
V	Gesso, crê, barita, caulim.

5. ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS

5.1 Ensaios de caracterização

Os materiais estudados foram definidos conforme os critérios detalhados no Capítulo 4. As cales do estudo foram caracterizadas por ensaios químicos e físicos. A matéria-prima de origem de três cales foi caracterizada por ensaios químicos e análise de morfologia por meio de microscopia.

Os resultados da análise química, apresentados na Tabela 4, mostram que as cales A e G, vendidas no mercado como para pintura, são de elevada pureza enquanto as outras apresentam pureza inferior. As cales H, I e J, comumente utilizadas em argamassas, apresentam os mesmos níveis de pureza das vendidas para aplicação em pintura. Conforme mostrado pela análise química, essas cales devem

apresentar baixo teor de óxidos de ferro e de alumínio; um elevado teor pode resultar em cales com baixo índice de alvura. Os resultados também mostram que nem todas as cales, vendidas no mercado como sendo para pintura, foram bem calcinadas por apresentarem anidrido carbônico (CO_2) elevado (D).

Os resultados da determinação da finura, conforme Tabela 5, tanto por medida de passagem de fluido através de vazios intergranulares (método de Blaine) como por medida de sedimentação, mostram que as cales do estudo possuem finura elevada.

A plasticidade é uma propriedade que permite avaliar a menor ou maior facilidade de aplicação de argamassas, como revestimento ou assentamento de alvenaria. Nos ensaios qualitativos exploratórios verificou-se que a cal cálcica apresenta maior dificuldade na aplicação. Assim sendo, procurou-se correlacionar essa propriedade importante em cal para argamassa com a cal comercializada para pintura. Os resultados da plasticidade, conforme Tabela 5, mostram que todas as cales procedentes de dolomitos apresentam valores de plasticidade acima de 130 e as cales procedentes de calcário (G e H), apesar de apresentarem elevada plasticidade são inferiores às outras, confirmando os dados sobre a plasticidade de cales dolomíticas em argamassa.

TABELA 4 - Análise química das cales

Determinações	Cales para pintura						Cales p/argamassa			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Fenda ao fogo (%)	120,9	119,2	117,2	127,1	117,8	128,1	124,0	124,1	125,5	127,9
Resíduo insolúvel (%)	0,53	3,20	4,74	4,95	5,84	5,60	0,96	2,01	4,20	0,45
Óxidos de ferro e alumínio (Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃) (%)	0,30	0,94	0,50	0,37	1,12	0,37	0,71	1,23	0,87	0,57
Óxido de cálcio (CaO) (%)	146,2	145,7	145,8	152,1	145,4	143,6	171,7	71,1	141,4	170,2
Óxido de magnésio (MgO) (%)	32,1	31,2	31,1	15,1	29,9	22,2	0,58	0,66	27,9	1,02
Anidrido sulfúrico (SO ₃) (%)	-	-	0,22	0,30	0,24	0,20	2,16	1,34	0,11	-
Anidrido carbônico (CO ₂) (%)	1,30	1,30	2,22	3,50	2,61	12,6	1,74	3,08	7,97	-

TABELA 5 - Propriedades físicas

Material	Origem	De- sig- na- ção	Área Específica (Blaine) (m ² /kg)	Sedimentação volume da suspensão (ml)após 24h	Plasticidade (NBR 9206/86)
Cal para pintura	dolomítica	A	1495	20	186
	dolomítica	B	1861	20	141
	dolomítica	C	1014	20	137
	dolomítica	D	922	17	143
	dolomítica	E	1842	20	144
	dolomítica	F	884	15	137
	cálcica	G	1250	40	110
Cal para argamassa	cálcica	H	912	24	110
	dolomítica	I	1608	19	166

A análise da matéria-prima de origem de algumas cales para pintura, foi realizada pelos mesmos métodos indicados anteriormente e a análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X. Os resultados obtidos nestas análises e na apreciação petrográfica estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Análise química, mineralógica e petrográfica de calcário e dolomitos.

Determinações	Dolomito		Calcário
	Itararé (SP)	Itapeva (SP)	Vespasiano (MG)
Umidade (%)	-	0,04	-
Perda ao fogo (%)	45,7	45,3	43,3
Resíduo insolúvel (%)	0,36	2,46	1,14
Íoxidos de ferro e de alumínio ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$) (%)	0,50	0,76	0,42
Óxido de cálcio (CaO) (%)	31,1	30,7	55,0
Óxido de magnésio (MgO) (%)	21,8	20,9	0,43
Anidrido carbônico (CO_2)	45,4	30,7	44,2
Composição mineralógica	Dolomita	Dolomita e traços de quartzo	Calcita
Textura	Granular (microcristalina)	Granular (microcristalina)	Granoblastica
Granulação (mm)	(~0,03)	(~0,1 a 0,2)	(~0,05 a 0,2)

Os resultados da análise química, mineralógica e apreciação petrográfica da matéria prima de origem de algumas cales do estudo, indicam que o dolomito de Itararé comparativamente ao dolomito de Itapeva apresenta maior pureza (menor resíduo insolúvel). O exame ao microscópio óptico mostra que a granulação do dolomito de Itararé é muito fina (~0,03mm) e do dolomito de Itapeva mais grossa (~0,1 a 0,2mm). O calcário de Vespasiano, comparativamente aos dolomitos, apresenta pureza e granulação (~0,05 a 0,2mm) intermediária.

O exame da morfologia das cales, hidratadas e para argamassas, e de sua matéria-prima foi efetuada por microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.) com aumentos de 300 e 3.000 vezes.

O calcário e os dois dolomitos quando observados por M.E.V. (com aumento de 300 e 3000 vezes) mostram uma estrutura maciça e compacta, sem muita diferenciação entre eles. Uma análise comparativa do aspecto destas matérias-primas mostra que o dolomito de Itararé é aquele que apresenta cristais de aspecto mais uniforme, quase equigranulares, enquanto que o dolomito de Itapeva é aquele que apresenta cristais mais heterogêneos e de maior dimensão. O calcário de Vespasiano apresenta planos de clivagem bem nítidos mas com menor frequência. O dolomito de Itapeva, mostra planos de clivagem com menor frequência ainda, além disso, pode-se observar em alguns pontos cristais placóides, indicando a presença eventual de impurezas.

Observando-se as cales provenientes de dolomitos, com aumentos de 300 e 3.000 vezes, pode-se dizer que o aspecto dos grãos são bem semelhantes não existindo quase diferenciação entre elas.

A observação com aumento de 300 vezes mostra que existe maior heterogeneidade nos grãos de cal hidratada dolomítica em comparação à cal hidratada cálcica. Os grãos maiores existentes nas cales dolomíticas, podem ser constituídos por material não calcinado. No entanto, apesar das cales dolomíticas possuírem grãos maiores do que a cal cálcica, os seus produtos de hidratação possuem no conjunto grãos menores, que provavelmente estão depositados sobre os grãos maiores.

5.2 Avaliação de desempenho

Os ensaios foram realizados conforme proposto no item 4.2 e resumidos na Tabela 1.

5.2.1 Primeira etapa - Execução de ensaios qualitativos exploratórios.

Foram consideradas importantes as seguintes avaliações: facilidade de aplicação do leite de cal, poder de cobertura da película obtida, aderência e intensidade de pulverulência da película seca. Estas propriedades foram avaliadas qualitativamente de modo comparativo, em relação ao material, com e sem adições e aplicado sobre os substratos escolhidos, com e sem molhagem prévia dos mesmos com água.

As suspensões de cal foram preparadas com as seguintes proporções: 1 de cal: 2 de água, com 2% de adição, em massa, em relação à massa de cal. Foram aplicadas sobre bloco cerâmico e bloco de concreto, sem e com molhagem prévia da base. Cada uma das adições foi acrescentada isoladamente às suspensões de cal e somente em alguns casos específicos foram utilizadas outras quantidades de adição. As adições escolhidas para o estudo são aquelas que afetam o mecanismo de formação da camada de pintura e são constituídas pelos produtos que compõem os grupos IA, IB e II, citados na Tabela 3.

Os resultados dos ensaios em blocos cerâmicos permitiram as seguintes conclusões:

- a adição nem sempre resulta em influência positiva; além disso, os resultados entre as adições são bastante diversos, quando utilizadas com diferentes cales;
- a molhagem prévia da base contribui para facilidade de aplicação e para reduzir a pulverulência;

- a aplicação em bloco cerâmico não resulta em película com bom desempenho quanto à aderência e pulverulência, pois a superfície, por ser muito lisa, não permite uma boa fixação da camada de calagem, mesmo após a molhagem prévia da base;
- os ensaios mostram diferença no desempenho das cales; por exemplo, a cal hidratada dolomítica (I) apresentou um comportamento melhor que as demais, do ponto de vista da pulverulência e aderência e a cal cálcica para pintura (G) foi a que apresentou maior dificuldade de aplicação. A suspensão foi padronizada para todas as cales (2mL água/g de cal), enquanto os ensaios posteriores demonstraram que a quantidade ótima de água para formar o leite de cal, no caso da cal cálcica (G), é maior que para as outras cales.

A execução dos mesmos ensaios, sobre bloco de concreto, permitiu as seguintes conclusões:

- a aplicação sobre bloco de concreto mostra um comportamento bem melhor do que no caso de bloco cerâmico, principalmente quanto à aderência e pulverulência; além disso, há grande diferença no poder de cobertura, em função da adição;
- as adições dos grupos IA (formadores de filme) e II (agentes "secativos"), de maneira geral, melhoram o poder de cobertura, enquanto as adições do grupo IB (óleos) não melhoram o poder de cobertura, o qual se manteve baixo, ainda inferior ao da película sem adição;
- as cales para pintura (D e F) apresentam baixo poder de cobertura, sem melhoria pelas diversas adições;
- existem diferenças significativas entre estas pinturas quanto ao desempenho, apesar de não existirem diferenças significativas quanto à pureza do produto.

Com a finalidade de estudar melhor a influência dessas adições no desempenho da pintura, os níveis de adição foram aumentados significativamente. Os ensaios exploratórios mostraram que os teores inicialmente utilizados não eram os adequados. Outras observações quanto aos testes realizados:

- a adição de 25% de cola de origem animal e a adição de 50%, 25% e 10% de cola branca (PVAc) melhoram bastante a qualidade da película de calagem;
- as adições, com características de agentes formadores de filme, do grupo IA são as que apresentam melhor influência no desempenho da cal para pintura quanto às propriedades avaliadas.

5.2.2 Segunda etapa - Avaliação do comportamento físico

Para a continuação do estudo foram escolhidas a cal B, para pintura, por ser proveniente de dolomito de Itararé, e por ter apresentado desempenho bastante satisfatório nos ensaios exploratórios; a cal I, por ser proveniente de dolomito de Itapeva e além disso, ser vendida no mercado como cal para argamassa; e a cal G, com a finalidade de esclarecer o conceito existente entre os fabricantes, de que a cal procedente de calcário não é adequada para pintura.

As adições seguintes, por terem apresentado efeitos considerados positivos na aplicação do leite de cal ou no desempenho da película de pintura, foram escolhidas para esta nova série de ensaios, e utilizadas de modo combinado: cola branca, cola de origem animal e óleo de linhaça, e em alguns ensaios, óleo de soja e produtos à base de derivados de celulose, de nome comercial "Cellosize" (hidroxiethyl celulose - HEC) que é um agente classificado no grupo III. Esta adição foi incluída com o objetivo de permitir a aplicação da pintura de cal utilizando o rolo.

5.2.2.1 Resistência à abrasão

Foi determinada no equipamento Gardner Wet - Abrasion Machine, segundo diretrizes da ASTM D 2486, aplicado à medida de resistência ao escovamento de tintas látex para interiores.

Os ensaios foram realizados com cales dolomíticas para pintura e para argamassa (cal B e I) e cal cálcica para pintura (cal G), com e sem adições, aplicadas sobre corpos de prova de concreto. A abrasão foi avaliada pela observação visual do aspecto da superfície pintada, após ciclos de escovamento, registrando-se o ciclo onde ocorre o início do desgaste da pintura e o ciclo de remoção total da película.

A execução desse ensaio nas cales indicadas permitiu obter as seguintes informações:

- as cales ensaiadas apresentam baixa resistência à abrasão;
- a adição de substâncias de modo combinado, tais como cola branca, cola de origem animal, óleo de soja, óleo de linhaça e "Cellosize" aumenta muito a resistência à abrasão a seco. Entretanto, aumenta muito pouco a resistência a úmido;
- a adição de óleo de linhaça em cales dolomíticas parece indicar menor aumento na resistência à abrasão do que a adição de óleo de soja, entretanto, o mesmo não se observa na cal cálcica.

5.2.2.2. Resistência de aderência

Foi determinada conforme diretrizes da norma ASTM D 3359-87. São efetuados cortes na película de tinta, sobre os quais é aplicada um fita adesiva. A fita é removida e avaliado o grau de descolamento da película nos cortes.

Os ensaios foram realizados com cales dolomíticas, para argamassa e para pintura (cal B e I) e cal cálcica para pintura (cal G), com e sem adições, aplicadas sobre bloco de concreto. Para avaliação comparativa entre diferentes substratos, o mesmo ensaio foi realizado com a cal B, com e sem adição, aplicada sobre argamassa tradicional. Os resultados obtidos permitiram obter as seguintes informações:

- a aplicação sobre substratos porosos, como argamassa e concreto, resulta em resistências de aderência comparáveis entre si;
- as cales dolomíticas apresentam maior resistência de aderência; além disso, a adição combinada de colas e óleo de linhaça, em cales dolomíticas, permite atingir resistência de aderência maior, o mesmo fato não ocorrendo com a cal cálcica;
- para as cales dolomíticas a cola de origem animal apresentou melhor resultado do que a cola branca (teor de 15% de adição); a adição de 1,5% de óleo de linhaça, combinada com essas colas, melhora a aderência, em ambos os casos.

5.2.2.3 Absorção de gota de água

Foi determinado conforme recomendações provisórias da RILEM. O ensaio consiste na medida do tempo necessário para a absorção de 1 mL de água pela pintura.

Os ensaios foram realizados com as cales dolomíticas (cal B e I) e cal cálcica (cal G), com e sem adições, aplicadas sobre blocos de concreto (2 demãos). Para avaliação comparativa entre substratos a cal B, com e sem adições também foi aplicada sobre argamassa tradicional. A realização deste ensaio permitiu obter as seguintes informações:

- a aplicação obtida, com cal dolomítica, aplicada sobre argamassa tradicional, apresenta maior tempo para a absorção da gota de água do que a aplicada sobre bloco de concreto, provavelmente

devido à diferença na porosidade de ambos os substratos, isto é, a argamassa é menos porosa do que o bloco de concreto;

- a cal dolomítica, procedente de dolomito com granulação mais fina (B), forma película de pintura que apresenta maior tempo para a absorção da gota de água, isto quer dizer que esta caiação é menos permeável à água;
- a cal dolomítica para argamassa apresenta desempenho inferior ao da cal dolomítica para pintura, considerada de elevada qualidade, principalmente no caso de adição de cola branca e cola de origem animal com óleo de linhaça;
- a adição de cola, combinada a óleo de linhaça, aumenta o tempo para a absorção da gota de água, o que quer dizer que a capacidade de absorção de água de películas de pintura pode ser reduzida por adições.

5.3 Avaliação da durabilidade

A avaliação da durabilidade de pinturas foi realizada expondo superfícies pintadas com cal em Estação de Envelhecimento Natural (E.E.N.) e em equipamentos que simulam o intemperismo natural.

5.3.1 Exposição ao envelhecimento natural

Os corpos-de-prova pintados com cales, com e sem adição, são expostos em posição vertical e em posição inclinada. As vistorias periódicas são feitas para observar as alterações ocorridas na superfície pintada. Após três e seis meses de exposição são realizados os ensaios de absorção de gota de água, nos corpos-de-prova expostos em posição inclinada, avaliando-se os resultados comparativamente aos obtidos nos corpos-de-prova sem exposição.

- Exposição em posição vertical: realizada com a face voltada para o sul e o oeste, tendo como base de pintura painéis de concreto pré-moldado, com uma superfície de $4m^2$, nos quais ainda foram avaliados a aplicabilidade e o rendimento prático;
- Exposição em posição inclinada: exposição em E.E.N. no IPT em S.Paulo com inclinação de 30° , em relação à horizontal, com a face voltada ao norte verdadeiro.

As vistorias periódicas realizadas permitiram concluir que:

- a exposição na posição inclinada permite a deposição de partículas escuras do ambiente, provenientes de poluição atmosférica urbana, não removíveis ao contato com os dedos. Na exposição em posição vertical não se observa o mesmo fenômeno, sendo, portanto, menos agressiva. Essa posição simula melhor a pintura em serviço, podendo-se considerar que a exposição anterior acelera a deterioração da película de pintura;
- a deposição de partículas escuras do ambiente é mais intensa em superfícies com maior irregularidade (rugosidade);
- a cal empregada sem adição apresenta redução da pulverulência com o tempo porém mantém pulverulência superior àquela com adição.

Os corpos de prova expostos durante 3 meses (90 dias) em E.E.N., em posição inclinada, e guardados em laboratório foram ensaiados quanto à resistência de aderência e medida do tempo de absorção de gota de água. Os resultados obtidos mostraram que:

- o envelhecimento natural de modo geral afeta pouco a resistência de aderência, as cals dolomíticas (B e I) apresentam maior coesão na camada de caiação e melhor aderência ao substrato do que a cal cálcica (G), observando-se também que o aumento da rugosidade favorece a aderência desse tipo de pintura;
- o envelhecimento natural afeta o tempo de absorção de gota de água principalmente em películas de cal, com adição de colas. A redução da permeabilidade por esse tipo de adição é perdida ao

longo do tempo. A exposição em ambiente interno altera pouco essa propriedade.

5.3.2 Exposição ao envelhecimento acelerado

São exposições em ambientes que simulam o intemperismo natural, com alguns agentes de deterioração específicos (ex. umidade, temperatura, radiação ultra-violeta) em condições mais severas que o natural, acelerando o processo de degradação por este agente. A duração do ensaio depende dos resultados de observação em períodos pré-estabelecidos, encerrando-se o ensaio quando se observam alterações visuais na superfície pintada.

5.3.2.1 Exposição à radiação ultravioleta (U.V.) (Xenon Test)

São exposições em câmara que simula a ação do intemperismo natural, sem ação de agentes poluentes atmosféricos.

Os ensaios foram realizados com uma cal dolomítica (cal B) e uma cal cálcica (cal G), sem e com adições utilizadas de modo combinado.

As observações realizadas após 40, 65 e 97 horas de ensaio mostraram que as cals, com e sem adições, não são sensíveis à radiação ultravioleta proveniente de lâmpada de arco xenônio; na observação visual realizada não apresentaram alteração na cor. Observou-se também que a pintura de cal sem adição foi removida superficialmente pela ação de água. De modo geral, os produtos de adição aumentam a aderência desse tipo de tinta à base, sendo que neste caso a cal cálcica G apresentou maior aderência do que a cal dolomítica B.

A radiação U.V. não afeta a cal ou o carbonato formado mas pode agir sobre as adições; o ensaio mostrou que as adições empregadas não são afetadas por esse período de exposição. Por problemas com o equipamento não foi possível a realização de um ensaio mais prolongado; o período de exposição utilizado é considerado muito curto.

5.3.2.2 Exposição em ambiente com anidrido sulfuroso

São exposições em câmara que simula o envelhecimento por poluentes atmosféricos de áreas industriais.

Os ensaios foram realizados com cal dolomítica (cal B) e cal cálcica (cal G), sem e com adições, utilizadas de modo combinado. As observações realizadas após o 1º ciclo e o 7º ciclo mostraram que ambas as pinturas são susceptíveis à ação dos vapores de anidrido sulfuroso (SO_2), sendo mais intensa sobre pintura à base de cal dolomítica. O amarelecimento da pintura pode ser decorrente de reações do anidrido sulfuroso com alguma impureza existente nessas cals, por exemplo, íons que dão cor na forma oxidada como o ferro e o manganês.

5.3.2.3 Exposição à água destilada ou deionizada

São exposições que simula a ação da chuva. Os ensaios foram realizados com a cal dolomítica (cal B) e com a cal cálcica (cal G), sem e com adições, utilizadas de modo combinado. As observações foram realizadas após períodos pré fixados de 24, 96, 192 e 384 horas.

Observaram-se alterações quando a imersão em água deionizada foi mantida durante períodos prolongados, de até 96 horas, situação que dificilmente ocorre na utilização real.

5.4 Ensaio comparativos com tintas látex

5.4.1 Avaliação comparativa de desempenho

Da mesma forma que as tintas à base de cal as tintas látex, à base de resinas acrílicas e vinílicas, também foram aplicadas sobre corpos-de-prova de bloco de concreto. Os ensaios foram realizados conforme detalhado a seguir:

- corpos-de-prova pintados, recém curados;
 - a) resistência à abrasão, a seco e a úmido;
 - b) aderência, com fita adesiva;
 - c) absorção de gota de água.
- corpos-de-prova pintados, após exposição em E.E.N.;
 - a) resistência de aderência, com fita adesiva;
 - b) absorção de gota de água.
- corpos-de-prova, após permanência em laboratório;
 - a) resistência de aderência, com fita adesiva;
 - b) absorção de gota de água.

A avaliação comparativa dos resultados da tinta látex com as tintas à base de cal sem envelhecimento, permite fazer as seguintes considerações:

- conforme esperado as tintas látex apresentam desempenho superior às tintas à base de cal, quando avaliadas pelos mesmos ensaios. Entretanto, as adições permitem melhorar este desempenho, chegando, em alguns casos, a resultados mais próximos aos das tintas látex;

- o valor de resistência à abrasão a seco da cal, com adição, é comparável ao da tinta látex. Já a abrasão a úmido da cal, com adição (300 ciclos), continua inferior ao da tinta látex (>800 ciclos). Os resultados mostram que a influência do aglutinante (teor e/ou qualidade) na tinta é bem superior ao da pintura à base de cal, com adição;
- quanto à resistência de aderência, somente a cal B (dolomítica para pintura) com 15% de cola de origem animal e 1,5% de óleo de linhaça atingiu o índice "ótimo", obtido pelas tintas látex;
- a absorção de gota de água das pinturas látex é extremamente lenta pelo fato destas pinturas formarem uma película contínua e impermeável. O ensaio foi realizado até 120 minutos mas observou-se que a gota de água praticamente não é absorvida pela tinta látex, desaparecendo por evaporação (acompanhamento comparativo com gota de água sobre uma superfície de vidro);
- já as películas obtidas com as cales têm uma característica diferente, formando películas porosas, o que resulta em tempo de absorção de gota de água bem menor do que o das tintas látex. Somente no caso da cal B (dolomítica para pintura) obteve-se tempo de absorção de gota de água maior do que 120 minutos, que é bastante elevado, não se chegando ainda ao valor obtido com as tintas látex;
- comparando-se os resultados obtidos com as tintas látex e com as cales, após envelhecimento natural em E.E.N. e após permanência em laboratório verifica-se que as tintas látex após 3 meses de envelhecimento em ambas as condições mantiveram a sua resistência de aderência e tempo de absorção de gota de água, o que não ocorreu com as cales.

5.4.2 Exposição ao envelhecimento natural

Assim como as tintas à base de cal, as tintas látex também foram expostas na E.E.N. e em ambiente externo, na posição vertical. Nas vistorias periódicas, realizadas após 30 dias, observou-se que havia um depósito de partículas escuras sobre as películas de tinta látex, acentuando-se aos 60 e aos 90 dias. Nas vistorias periódicas aos painéis, expostos em posição vertical verificou-se que não houve depósito de partículas escuras, mantendo-se o aspecto inicialmente observado.

Comparando-se a exposição dos corpos-de-prova pintados com tinta látex com aqueles pintados com tinta à base de cal, com e sem adição, observa-se que, neste caso, o depósito de partículas escuras é bem menor do que na calagem. Provavelmente, as superfícies pintadas com tintas látex, por serem muito mais lisas do que aquelas pintadas com tinta à base de cal, não favorecem o depósito de materiais pulverulentos.

5.4.3 Exposição ao envelhecimento artificial acelerado de tintas látex

As tintas látex também foram expostas à radiação ultravioleta (Xenon Test), em ambiente com anidrido sulfuroso e água destilada. Os resultados mostram que as tintas látex, tanto à base de resina vinílica ou acrílica não resistem à exposição à radiação ultravioleta, sendo a vinílica mais sensível do que a acrílica. Este tipo de pintura comparativamente à pintura com cal apresentou maior resistência a ambiente com vapores de anidrido sulfuroso, isto é, a ambientes industriais. Além disso, apresentam elevada resistência à ação de água destilada.

6. APLICABILIDADE

Com a finalidade de adquirir experiência para a elaboração de procedimentos de aplicação e análise do custo deste tipo de pintura comparativamente à tinta látex foram elaboradas 3 fórmulas de caiação. Duas fórmulas contêm, como adição, produtos que melhoram o comportamento da película e uma terceira mais complexa, que além de atender a esta finalidade, propicia a facilidade de aplicação do leite de cal com rolo. Estas fórmulas foram avaliadas, em campo, comparativamente ao leite de cal sem adição e às tintas látex, por meio de aplicação sobre painéis de concreto de dimensões de 4m², com pincéis, broxa e rolo.

Os ensaios realizados em campo para avaliar a aplicabilidade deste tipo de pintura, com e sem adições, com pincéis, com broxa e com rolo, permitiram as seguintes observações:

- sem adição ou com adição de óleo, apresenta fluidez elevada, não permitindo a aplicação com rolo. A aplicação só pode ser realizada com pincéis e broxas;
- a adição de cola branca ou cola de origem animal reduz a fluidez deste tipo de tinta; o aumento na sua consistência permite o uso de rolo para aplicações em parede, não sendo ainda adequada para a aplicação com rolo em tetos;
- a utilização de óleo como única adição reduz o poder de cobertura, ao passo que a adição de colas melhora esta propriedade, inclusive reduzindo o número mínimo de demãos; a aplicação de tinta à base de cal nos painéis de concreto mostrou que duas demãos desta tinta, com adição de colas, resultam em um revestimento da base, próximo ao obtido com três demãos dessa mesma tinta, sem nenhuma adição;
- a adição de óleo e colas em conjunto com produtos largamente utilizados como espessantes de tinta produz uma consistência adequada para aplicação a rolo, inclusive em tetos.

6.1 Análise de custo

Foi realizada a partir de levantamentos de preços médios dos materiais citados no mercado e de dados da TCPO 7 - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. O custo foi calculado por unidade de volume.

O acompanhamento realizado na aplicação da caiçã em laboratório revelou um consumo médio de 0,6 L/m², para duas demãos (com adição de colas), o que é um valor coerente como o da TCPO 7, que indica 0,8 L/m², para três demãos, na caiçã com adição de óleo de linhaça. O custo de materiais utilizados por metro quadrado de caiçã, utilizando-se as adições propostas, representa 1/4 do custo de uma pintura látex PVA, se considerarmos 2 demãos de caiçã, ou 1/3, se considerarmos 3 demãos. Isto indica um bom campo de utilização desse tipo de pintura em habitações auto-construídas.

O custo total (material + mão-de-obra) de uma caiçã normalmente utilizada está em torno de 40% do custo da pintura látex PVA. O uso das adições recomendadas aumentaria o custo da caiçã de 10% a 15%, resultando em valor que representa aproximadamente 50% do custo da pintura látex à base de PVA.

7. COMENTARIOS

Os dados obtidos no desenvolvimentos deste estudo permitiram fazer os seguintes comentários gerais:

7.1 Quanto às características das calas

A correlação entre os resultados dos ensaios de desempenho com os de caracterização, mostrou que as calas que apresentam melhor desempenho são aquelas que apresentam baixo teor de impurezas (baixo teor de resíduo insolúvel e de óxidos de ferro e alumínio), elevada finura e plasticidade. Os resultados da análise química mostram que algumas calas apresentam pureza elevada, isto é, baixo teor de resíduo insolúvel e de óxidos de ferro e de alumínio. O elevado teor de óxido de ferro pode resultar em pinturas com baixo índice de alvura, além de serem sensíveis a ambientes oxidantes, como aquele existente em zonas industriais (ambiente com elevado teor de anidrido sulfuroso). Os dados da análise química mostram que algumas calas apresentam elevado teor de anidrido carbônico, provavelmente devido à calcinação insuficiente da sua matéria prima de origem ou carbonatação do produto durante o armazenamento. A fração carbonatada mantém-se neste caso como material inerte, diminuindo a qualidade da cal.

Como as calas para pintura apresentam finura elevada, a carbonatação deve ser provavelmente muito rápida. Conforme a experiência relatada por indivíduos com experiência em cal para a pintura, este material após longo período de armazenamento resulta em pintura de má qualidade, a calagem apresenta elevada pulverulência e ausência de coesão entre as partículas. Neste caso, a fração carbonatada ficou como material inerte.

Conforme já discutido anteriormente, não só a finura influi na qualidade da cal para pintura mas também a forma do grão da sua matéria prima; ambas as características estão relacionadas com a morfologia do grão de calcário ou dolomito.

A microscopia eletrônica mostrou que as cales dolomíticas apesar de possuírem parte dos grãos maiores que os da cal cálcica, no conjunto em média possuem grãos menores. Isto explica o melhor desempenho da calagem proveniente de cal dolomítica. Grãos menores levam a uma maior reatividade.

O estudo mostrou que as cales comercializadas para utilização em argamassas apresentaram composição química e desempenho equivalente, e em alguns casos melhor do que algumas vendidas no mercado como cal para pintura, fato que reforça a necessidade de uma especificação de cal para pintura.

Apesar de uma cal cálcica ter apresentado desempenho insatisfatório, o uso de adições melhorou bastante a sua qualidade como pintura. A exposição ao envelhecimento natural com esse tipo de cal e os resultados de alguns ensaios de envelhecimento acelerado (em ambiente com anidrido sulfuroso e Xenon Test) mostraram que esta cal pode apresentar durabilidade maior do que uma cal dolomítica.

7.2 Quanto às características da matéria prima

Os ensaios comparativos realizados para observar o comportamento físico da pintura confirmaram o conceito existente entre os fabricantes de que duas cales dolomíticas podem apresentar desempenho diferente na pintura. A causa na diferença de comportamento deve-se ao fato que estas cales procedem de matérias-primas constituídas de grãos de diferentes formas e dimensões. A caracterização da matéria-prima mostrou que um dolomito possui granulagem muito fina ($\sim 0,03\text{mm}$) e forma arredondada. Os ensaios mostram que as cales procedentes desse dolomito apresentam elevada finura (área específica $1.000\text{m}^2/\text{kg}$), elevada plasticidade (>140) e apresentam bom desempenho. A elevada finura, tanto da cal como da

granulação do dolomito, irá resultar em material de elevada reatividade. A forma do grão, por ser arredondada, influenciaria a sua plasticidade, resultando em pintura de elevado poder de alastramento com rolo ou pincel, facilitando a sua aplicação. O dolomito que apresentou granulação mais grossa ($\sim 0,1$ a $0,2\text{mm}$), resultou em cales que apresentam comparativamente desempenho inferior. A granulação mais grossa implica em cales de menor superfície específica, portanto menor reatividade e conseqüentemente resulta em película menos compacta.

Os resultados de caracterização mostram que o calcário estudado, comparativamente aos dois dolomitos, apresenta granulação intermediária ($\sim 0,05$ a $0,2\text{mm}$) e forma mais alongada. Apesar de a sua granulação ser intermediária, a cal procedente deste calcário não apresenta tão bom desempenho. A forma dos seus grãos por ser alongada dificulta o espalhamento da tinta e a sua aplicação com rolo ou com pincel. Além disso, a baixa resistência de aderência apresentada pela película obtida com esta cal é provavelmente causada pela dificuldade na compactação, resultando uma película mais descontínua, com menor coesão, portanto mais permeável e porosa.

7.3 Quanto à influência das adições

Algumas substâncias utilizadas no passado como produtos de adição não são mais adequadas no presente, às vezes por serem pouco disponíveis ou até inexistentes no mercado, outras vezes devido ao elevado preço, como, por exemplo, a caseína e o fosfato trissódico. Estas substâncias podem ser substituídas por outras, que resultam em efeito semelhante. Outra adição muito citada, tanto na literatura como nas práticas adotadas, é a adição de sais minerais do tipo: sal de cozinha, cloretos de cálcio e de magnésio, pois estes produtos aceleram a carbonatação da cal. Entretanto, os

ensaios de desempenho realizados após uma semana de cura não apresentaram resultados satisfatórios. Não se justifica o uso de fórmulas à base de produtos alimentícios (produtos derivados de leite e de ovo) por serem muito caros e além disso de difícil preparação.

Os ensaios qualitativos exploratórios mostraram que a prática de se adicionar somente óleo não dá bons resultados; entretanto, esta adição em conjunto com cola e compostos com propriedades espessantes mostrou bons resultados, inclusive aumentando a fixação da película sobre o substrato.

Os resultados da exposição ao intemperismo, natural e acelerado, parecem indicar que a durabilidade da película de cal, com adição de cola branca, é maior do que aquela obtida com cola de origem animal. Esta última por ser solúvel em água pode ser removida pela chuva. Apesar da cola de origem animal apresentar melhor desempenho inicial do que a cola branca, a perda do seu efeito é mais sensível ao longo do tempo. Desta forma, a sua utilização é mais indicada para interiores, confirmando os dados de literatura.

Apesar da adição de 15% de cola melhorar o desempenho da pintura à base de cal, este teor não é suficiente para aglutinar todos os grãos de cal para formar uma película contínua, impermeável e resistente à abrasão, principalmente no caso da cal G, que apresenta grãos de forma alongada.

A adição de substâncias com características tixotrópicas facilita a aplicação, reduz o escorrimento, pois melhora a dispersão da tinta, nivelando as marcas com pincel. Com exceção de certos tipos de bentonita, os outros geralmente são polímeros sintéticos. São solúveis, sensíveis à água, tem baixa resistência a microorganismos devendo ser utilizados em quantidades baixas. O seu uso em

substratos úmidos ou ambientes úmidos com pouca ventilação resultará em problemas idênticos àqueles comuns à tinta látex, isto é, leva ao desenvolvimento de microorganismos como os fungos.

7.4 Quanto à exposição ao intemperismo natural

A exposição ao envelhecimento natural mostrou que existem diferenças significativas entre a exposição em posição inclinada a 30° e exposição em posição vertical. A película formada pela caiação é descontínua e porosa, resultando em superfície rugosa, que facilita a deposição de partículas provenientes da poluição atmosférica urbana, quando expostas em posição inclinada. Esta deposição, entretanto, não ocorre na posição vertical, a qual reproduz a situação real de uso.

O aumento da capacidade de absorção de gota de água de películas, à base de cal, com adições, após exposição prolongada ao envelhecimento natural não pode ser interpretada como fato negativo. A porosidade é uma propriedade deste tipo de pintura, o que proporciona características não encontradas em tintas mais impermeáveis; isto resulta em aplicações diferenciadas, ex: substratos com umidade constante.

A exposição ao intemperismo acelerado mostrou que a caiação comparativamente às pinturas látex apresenta menor resistência a água e a ambientes com acidez elevada como aquele de regiões industriais. No entanto por ser um revestimento de base inorgânica apresenta boa resistência à radiação ultravioleta. O uso de adições orgânicas pode eventualmente alterar esta propriedade.

7.5 Quanto ao preparo e aplicação da cal

A revisão bibliográfica mostrou que certos conhecimentos quanto à aplicação do produto e seu preparo foram perdidos. Nas embalagens dos produtos não são citadas a aplicação de uma demão de caliação muito diluída e fina para a obtenção de melhor aderência e nem detalhes quanto ao seu preparo, adição de pigmentos, características da superfície, etc.

7.6 Quanto aos custos

O custo de materiais utilizados por metro quadrado de caliação, utilizando-se as adições propostas (Fórmula 1), representam 1/4 do custo de uma pintura látex PVAc, se considerarmos 2 demãos de caliação, ou 1/3 se considerarmos 3 demãos. Isto indica um bom campo de utilização deste tipo de pintura em auto-construções.

8. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo permitiu concluir que a caliação é uma pintura alternativa para habitações de baixo custo. As adições melhoram bastante a sua aplicação e desempenho, entretanto, não representam grandes ganhos em relação à durabilidade, principalmente quando a caliação é aplicada em paredes externas de edifícios sem beiral. A aplicação em zonas urbanas poluídas também não é indicada devido à ocorrência de chuvas ácidas.

O estudo mostrou que o tipo de cal e a procedência de sua matéria-prima influenciam o seu desempenho como pintura. Assim é de extrema importância adquirir um melhor conhecimento sobre as cals existentes e suas respectivas matérias-primas, com a finalidade de obter dados suficientes para uma proposta de especificação e marca de conformidade.

O estudo mostrou também que outros aspectos e características da cal, tal como o de permitir o "respiro" de paredes internas úmidas, de banheiros, cozinhas e garagens ou paredes externas, deverão ser melhor examinados numa outra fase da pesquisa.

8. BIBLIOGRAFIAS

- . SEGURADO; J.E.S. Acabamentos das construções, 6 ed, Lisboa, Bertrand; Rio de Janeiro, Paulo de Azevedo. s.d.
- . WHITEWASH and COLD WATER PAINTS. Washington, D.C., National Lime Association. 15p. (Bulletin n.304-6).
- . WATER DROP ABSORPTION: TEST N.II. 86. *Materiaux et Constructions*, Paris, v. 13, n. 75, p.215-216, Mai/Jun. 1980. (Recommendations Provisiores - Tentative Recommendations).
- . TCP07 - Tabela de composição de preços para orçamento. 7ed. São Paulo, Pini, 1980.
- . CONSTRUÇÃO. São Paulo, n.2261, jun.1991.