



RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO NATURAL DE PINTURAS PRODUZIDAS COM PIGMENTOS OBTIDOS DE SOLOS

Fernando de Paula Cardoso¹, Leonardo Gonçalves Pedroti², Anôr Fiorini de Carvalho³, Milene Gil Duarte Casal⁴, Kai Loh⁵

¹Rede Ibero-americana PROTERRA, Brasil, fernandodepaulacardoso@gmail.com

²Departamento de Engenharia Civil, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, lpedroti.ufv@gmail.com

³Departamento de Solos, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, afiorini@ufv.br

⁴Laboratório Hercules – Universidade de Évora; Portugal, milenegil@uevora.pt

⁵Escola Politécnica – Universidade de São Paulo; SP, Brasil, kai.loh@usp.br

Palavras-chave: tintas látex, pigmentos inorgânicos naturais, desempenho

Resumo

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Nestas tintas, as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas, situação que representa um limite à apropriação da técnica pela população. O objetivo deste estudo é, portanto, avaliar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos, assim como os do óleo de linhaça, sobre a resistência ao intemperismo natural de pinturas látex. Para tanto, foram preparadas amostras de tinta com diferentes pigmentos obtidos de solos, PVAc, água e óleo de linhaça. Estas tintas foram aplicadas em placas de argamassa e as microestruturas das pinturas correspondentes foram caracterizadas. Em seguida, as pinturas foram expostas ao intemperismo natural pelo prazo de 24 meses. Os resultados alcançados comprovaram que pigmentos com mineralogias caulínicas e oxídicas podem produzir pinturas látex com elevadas resistências ao intemperismo natural, desde que compostos predominantemente por silte/pseudosilte; e que apesar de elevar a resistência ao intemperismo das pinturas nas quais foi adicionado, o óleo de linhaça não conteve completamente o processo de degradação.

1 INTRODUÇÃO

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos, poliacetato de vinila (PVAc) e água são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Cardoso et al. (2016), realizaram um estudo inicial com o objetivo de desenvolver um processo de produção e avaliar a resistência à abrasão e o poder de cobertura deste tipo de tinta; Faria e Schmid (2017), avaliaram a resistência à radiação UV/condensação de água por ensaio acelerado; e Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020) avaliaram a resistência à abrasão e o poder de cobertura destas tintas produzidas com adições de resíduo de corte de granito e mármore, respectivamente.

Apesar da carência de estudos, cabe ressaltar a atuação do projeto Cores da Terra, sediado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que desde 2005 promove ações de pesquisa e difusão de técnicas de produção e aplicação de tintas formuladas com pigmentos obtidos de solos.

A criação do projeto foi inspirada na técnica tradicional de pintura conhecida como barreado, que consistia da aplicação da tabatinga (palavra de origem indígena tupi 'towa'tinga', que significa barro branco ou barro esbranquiçado) nas paredes das edificações com o uso de um pano úmido.

Diferente das tintas industrializadas, a aderência da tabatinga é promovida apenas pelas características superficiais das partículas das argilas e pela porosidade e rugosidade do substrato, insuficientes para garantir a resistência aos efeitos do intemperismo e outros agentes, demandando, portanto, manutenções frequentes.

Uma das possíveis soluções para este problema seria transformar o barreado em uma tinta propriamente dita, por meio da adição de materiais ligantes, como a cola de amido, popularmente conhecida como “grude”, ou o poliacetato de vinila (PVAc), a cola branca.

Estas soluções passaram a ser difundidas por meio de cursos e distribuição de cartilhas em atividades promovidas pela UFV e outras instituições.

A intensa difusão favoreceu o diálogo com os usuários, que passaram a contribuir com o desenvolvimento da técnica por meio de relatos de suas experiências. Muitos deles afirmaram, por exemplo, que com o “grude” era observado o mesmo problema apresentado pelo barreado. Muitos preferiam o PVAc, que garantia maior aderência, mas, por outro lado, era inacessível a uma parte da população devido ao seu custo. Outros já se referiam à rápida decantação dos pigmentos.

Tais situações motivaram a busca pelo conhecimento dos processos industriais de produção de tintas, que se deu por meio do estudo da literatura especializada, do contato com pesquisadores e fabricantes e do acesso aos métodos de avaliação do desempenho recomendados tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

Esta nova abordagem foi adotada no ano de 2008, por meio da realização da primeira pesquisa científica conduzida pela equipe do projeto, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG). Os resultados desta pesquisa mostraram que era possível definir dosagens com baixos teores de PVAc a partir da análise comparativa do desempenho das pinturas. Além disso, mostraram que a decantação dos pigmentos estava relacionada à existência de aglomerados de partículas e, além disso, de partículas indesejáveis, que deveriam ser eliminadas para melhorar a estabilidade das suspensões.

O conhecimento adquirido motivou a realização de uma segunda pesquisa (Cardoso et al., 2016), por meio da qual foram solucionados os principais problemas relacionados ao processo de produção das tintas e ao desempenho das pinturas.

Por meio desta pesquisa também se constatou que as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas. Tal situação se apresenta como um limite à apropriação da técnica pela população, considerando que uma mesma formulação pode acarretar diferentes desempenhos em função do tipo de pigmento empregado.

Os estudos supracitados apoiaram-se nos métodos de ensaios recomendados pela NBR 15079 (2011), que estabelece os requisitos e critérios mínimos para os três níveis de desempenho das tintas látex nas cores claras (econômica, standard fosca, premium fosca), quando utilizadas como acabamento em paredes, muros ou fachadas de edificações não industriais.

Este tipo de tinta, principalmente as classificadas como econômicas, são recomendadas para aplicações em ambientes internos. No entanto, os usuários das tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos as aplicam tanto interna quanto externamente, alcançando resultados ora positivos ora negativos em ambas as situações, o que pode estar relacionado à natureza dos pigmentos.

Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos, assim como os do óleo de linhaça, sobre a resistência ao intemperismo natural de pinturas látex para edificações não industriais.

2 AS PROPRIEDADES DAS TINTAS LÁTEX PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Silva e Uemoto (2005), em um diagnóstico realizado sobre cinco categorias de tintas látex, apresentam os valores mínimos e máximos dos teores de ligantes e de pigmentos que compõem as formulações deste tipo de tinta (tabela 1).

Tabela 1 - Valores mínimos e máximos de algumas propriedades de cada classe de tinta látex (adaptado de Silva e Uemoto, 2005, p.15)

Propriedade	Classes de tinta látex				
	Vinil acrílica	Látex PVA	Acrílica fosca	Acrílica acetinada	Acrílica semibrilho
Teor de ligante) (% massa)	2,7 a 8,0	4,3 a 13,0	5,1 a 14,0	15,9 a 18,8	12,3 a 21,5
Teor de pigmentos (% massa)	34,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6

Apesar de comercializados por massa, a propriedade de difundir a luz é garantida pelo volume dos pigmentos (Braun, 1995). A relação de volume entre pigmento e ligante em uma pintura é descrita pela concentração volumétrica de pigmento (PVC), que é expressa em porcentagem conforme a equação 1.

$$PVC = \left(\frac{\text{Volume de pigmento}}{\text{Volume de pigmento} + \text{Volume de ligante}} \right) \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

As tintas látex comerciais com acabamento fosco empregadas na pintura de paredes são formuladas com PVC de aproximadamente 45%, conforme Learner et al. (2007); ou, conforme Waters (1997), PVC de 72% para as tintas látex de cor branca com acabamento fosco e de 35% para aquelas com acabamento semibrilho.

2.1 Resistência ao intemperismo natural

Quando expostas ao intemperismo natural, as pinturas passam por uma série de processos químicos e físicos irreversíveis, que são desencadeados principalmente pela radiação solar, temperatura, umidade, poluição e biodeterioração. Estes processos promovem alterações no brilho e na cor, perda de aderência e flexibilidade, fissuras, bolhas, etc. sendo estes os principais parâmetros usados para avaliar o desempenho das pinturas (Stoye; Freitag, 1998).

O processo de intemperismo é dominado pelos efeitos da radiação eletromagnética (principalmente radiação ultravioleta), calor, água (líquida e vapor) e poluentes atmosféricos. Cada uma delas desempenha um papel maior ou menor, dependendo do revestimento e da localização geográfica específica da exposição (Nichols, 2012).

A deterioração se deve em grande parte, aos efeitos sinérgicos entre radiação, temperatura e umidade, causando estresses e liberação de tensões na pintura. À medida que as camadas superficiais se decompõem, as camadas interiores do material são expostas como novas camadas superficiais a serem degradadas. Qualquer material exposto alcançará um equilíbrio de umidade com seu entorno, e as tensões criadas quando o material perde ou absorve água para alcançar este equilíbrio são um dos fatores responsáveis por sua deterioração (Hicks; Crewdson, 1995).

A exposição à radiação solar é a causa fundamental da deterioração da maioria dos materiais, podendo ser dividida em três regiões principais: ultravioleta (UV), visível e infravermelha (IR), sendo cada região representada por faixas distintas de comprimentos de onda. Geralmente, quanto menor o comprimento de onda UV, mais prejudicial o seu efeito sobre os materiais. Para revestimentos externos, a radiação com λ entre 295 e 400 nm é a mais prejudicial, pois é nesta faixa que os radicais livres dos materiais orgânicos podem se degradar na presença de luz e oxigênio (Nichols, 2012).

Além da radiação, a temperatura de um material sob exposição é um fator cuja influência deve ser entendida para estabelecer uma relação de causa e efeito do intemperismo. Para a maioria dos materiais, as temperaturas não causam deterioração per se, mas, quando a

temperatura aumenta em conjunto com a radiação solar, a taxa e o tipo de deterioração podem variar muito (Hicks; Crewdson, 1995).

A exposição à água tem um efeito químico e físico prejudicial sobre os revestimentos. Os aglutinantes orgânicos na maioria dos revestimentos estão sujeitos à hidrólise, isto é, à clivagem das cadeias poliméricas na presença de moléculas de água. Esse processo ocorre em todas as temperaturas, mas se intensifica em temperaturas mais altas, como as que ocorrem durante a exposição ao ar livre. A água também pode agir para degradar fisicamente os revestimentos, sendo a ação de lavagem da superfície dos painéis responsável por extrair pequenas moléculas solúveis dos revestimentos, além de remover os pigmentos da superfície. Sobretudo, a absorção e perda de água levam a repetidos ciclos de tensão na pintura, em consonância com a radiação e a temperatura (Nichols, 2012).

2.2 Óleo de linhaça

Este tipo de óleo é composto por triglicerídeos naturais constituídos por seis aminoácidos: ácido linolênico, linoleico, oleico, palmítico, esteárico e araquídico, que contém alta porcentagem de ácidos graxos poli-insaturados, que conferem a propriedade de secagem ao ar, oxidando-se e formando uma rede tridimensional estável (Mateo et al., 2009; Mallégo et al., 2000) que não retorna ao seu estado original (Mayer, 2015).

Apesar do óleo de linhaça ser conhecido como um óleo secativo, esta secagem não ocorre no sentido comum da evaporação de um ingrediente volátil e sim pela oxidação via absorção do oxigênio do ar (Mayer, 2015). Por ser constituído por compostos hidrofóbicos, o óleo de linhaça ajuda a melhorar a resistência das superfícies à ação da água (Vissac et al., 2017), também sendo usado pela mesma razão nas formulações das tintas, tornando laváveis as pinturas com elas produzidos (Scholz, 1953).

3 MÉTODOS

3.1 Definição dos solos

Os critérios adotados para definir os solos empregados neste estudo foram a cor e as naturezas mineralógica e textural. Quanto à cor, embora os solos apresentem uma grande variedade cromática, buscou-se representar essa diversidade por meio de amostras com maiores ocorrências na região sudeste do território brasileiro. Quanto às propriedades mineralógicas, foram escolhidos solos de dois grandes grupos: com mineralogias oxidada e caulinitica. E, quanto às propriedades texturais, foram escolhidos solos argilosos e siltosos. As classes dos solos (Embrapa, 2018) definidos, bem como as características relevantes para este estudo foram:

Gleissolo Melânico Tb Distrófico (GMD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinitica; partículas com forma laminar, que facilitam o ajuste face-a-face onde as forças de Van der Waals e eletrostáticas se manifestam e aumentam a estabilidade dos agregados.

Argissolo Amarelo Distrocoeso (AAC): mineralogia da fração argila essencialmente caulinitica; baixo teor dos agentes cimentantes (óxidos), o que torna os agregados muito susceptíveis à desagregação.

Argissolo Amarelo Distrófico (AAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinitica; apesar de apresentar óxidos, este solo é considerado jovem e, portanto, a cimentação não estabilizou os agregados, facilitando assim a dispersão das partículas.

Latossolo Amarelo Distrófico (LAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinitica e, em menor escala, gibbsítica; agregados de partículas com matriz agregante estável.

Latossolo Vermelho Distrófico (LVD): material composto predominantemente por silte; as micas remanescentes das rochas de origem ainda conservam parte de suas estruturas e o tamanho das partículas permitem até mesmo serem reconhecidas a olho nu.

Latossolo Vermelho Distrófico Húmico (LVH): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

Latossolo Vermelho Acriférico Típico (LVA): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

3.2 Preparação dos pigmentos

A preparação dos pigmentos consistiu na remoção das partículas indesejáveis à produção de tintas, tais como a areia grossa e materiais orgânicos e na concentração das partículas desejáveis, tais como a argila e o silte. O processo foi realizado mecanicamente em meio líquido, por meio de procedimentos simples, reprodutíveis em escala não-industrial.

a. Secagem natural

Após a coleta, os solos foram espalhados em superfície plana e expostos ao sol pelo prazo de 7 dias.

b. Trituração grosseira

Após a secagem natural, os agregados foram triturados manualmente até serem reduzidos a fragmentos com diâmetro aproximado inferior a 5mm.

c. Desaglomeração

O material peneirado foi vertido em volumes de 30 litros por vez em recipientes com 60 litros de água; em seguida, o material foi desaglomerado mecanicamente pelo prazo aproximado de 45 minutos. A desaglomeração das partículas se fez por meio de discos cowles fixos em haste metálica acoplada a um motor com potência de 1/3 CV, capaz de reproduzir 1500 rpm (dois discos com diâmetro de 140 mm e distância entre discos de 200 mm). O procedimento foi encerrado quando o vórtice criado pelo material em plena agitação se manteve estável (efeito de doughnut), indicando que a máxima desaglomeração foi alcançada.

d. Peneiramento

O material diluído foi peneirado em trama com aberturas de 0,177 mm (80 mesh ASTM). A escolha dessa trama é justificada por dois argumentos: retirar a fração areia grossa do pigmento, que é prejudicial à estabilidade das suspensões devido à sua rápida decantação; e utilizar uma trama com aberturas encontradas em materiais disponíveis, amplamente comercializados e facilmente acessíveis à população apta a adotar processos de autoprodução de tintas, tais como tecidos, meias de nylon ou telas de silk-screen.

e. Ajuste da viscosidade

Os pigmentos diluídos foram mantidos em recipientes com capacidade de 90 litros por 24 horas. Após a decantação dos pigmentos, a água em excesso foi retirada por sifonamento e, sem seguida, realizada a homogeneização com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos. A viscosidade foi medida por meio de viscosímetro copo Ford (este tipo de viscosímetro pode ser reproduzido pelo usuário com materiais simples), equipado com orifício nº4 (4 mm de diâmetro), sendo considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 12 e 14 segundos. Nos casos em que a viscosidade não correspondia ao especificado, foram realizados ajustes até se alcançar a viscosidade ideal.

f. Armazenamento

Após o ajuste da viscosidade, o material foi mantido nos respectivos recipientes devidamente lacrados.

Os pigmentos foram identificados de acordo com as classes dos solos dos quais foram obtidos.

3.3 Caracterização dos pigmentos

3.3.1 Composição granulométrica, densidade de partículas e superfície específica

As frações argila, silte e areia dos pigmentos foram quantificadas conforme o método da pipeta (Embrapa, 2017). Neste método, a dispersão das partículas é realizada quimicamente por meio da adição do NaOH, considerando que solos tropicais são altamente floclados. A elevação do pH promovida pelo NaOH cria cargas negativas que são responsáveis pela dispersão das partículas primárias. Sem isso, os teores de silte e argila seriam, respectivamente, superestimados e subestimados. A densidade de partículas é a densidade relacionada ao volume efetivamente ocupado por matéria sólida, desconsiderando a porosidade, e foi calculada pelo método do picnômetro, conforme Embrapa (2017). E a superfície específica foi determinada conforme o método de adsorção de BET, por meio do equipamento da marca Quantachrome, modelo Nova 2200e, que se baseia no fenômeno de adsorção física de gases no exterior e superfícies internas de um material poroso.

3.3.2 Composição mineralógica

As análises foram realizadas por meio de difratômetro X'Pert PRO, com radiação de Co (CoK α) na faixa de 4 a 60 °2 θ , em intervalos de 0,01 °2 θ a 1 passo s-1, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. A preparação das amostras foi realizada de acordo com o método especificado pela Embrapa (2017) por meio de montagem orientada de amostras dos pigmentos.

3.3.3 Colorimetria

A medição das cores foi realizada por meio de espectrômetro de fluorescência de raios-x da marca Bruker, modelo Tracer III/IV SD. Para tornar o método de medição da cor reprodutível e representativo, as amostras foram secas na estufa a 100 °C até atingirem uma massa constante e armazenadas em seguida em ambiente seco. Em seguida, as amostras foram inseridas em cilindro de metal com cerca de 1 mm de profundidade e comprimidas com auxílio de uma prensa hidráulica, sendo obtidas superfícies planas comparáveis com uma área de, aproximadamente, 1 cm².

3.4 Formulação das tintas

As tintas foram produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA; emulsão de poliacetato de vinila (PVAc) da marca Cascorez, categoria Universal, como ligante; e água como diluente. As proporções de ligante adotadas foram de 20, 40 e 60 % em massa seca (a emulsão de PVAc da marca Cascorez apresenta teor de sólidos de aproximadamente 50 %) calculadas em relação à massa de pigmento presente em cada suspensão. Estas proporções foram definidas de acordo com pesquisa realizada anteriormente (Cardoso et al., 2016), sem recorrer, portanto, ao ensaio da absorção de óleo (ASTM D1483–12, 2016) para o cálculo da PVC (concentração volumétrica de pigmento) pois, devido à heterogeneidade dos pigmentos, as tentativas de cálculo produziram resultados extremamente discrepantes. No entanto, as PVCs foram calculadas a posteriori conforme a equação 1.

As proporções de diluente variaram em função das características dos pigmentos e das formulações das tintas, não sendo possível, portanto, defini-las a priori sendo estas proporções determinadas pela viscosidade.

As identificações das amostras formuladas (Tabela 2) referem-se aos pigmentos (GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA) e às proporções de ligante (20, 40 e 60%).

Tabela 2 - Formulação final das tintas, concentração volumétrica de pigmento e pH

Tinta	Teor de (%)			PVC (%)	pH
	pigmento	ligante	diluyente		
GMD20	26,70	5,34	67,96	67,74	4
GMD40	25,35	10,14	64,51	51,22	4
GMD60	24,13	14,48	61,40	41,18	4,05
AAC20	16,59	3,32	80,09	67,48	4,1
AAC40	16,06	6,42	77,52	50,92	4,07
AAC60	15,56	9,33	75,11	40,89	4,05
AAD20	21,23	4,25	74,53	68,81	4,67
AAD40	20,36	8,15	71,49	52,45	4,49
AAD60	19,57	11,74	68,69	42,37	5,09
LAD20	23,47	4,69	71,83	68,01	4,76
LAD40	22,42	8,97	68,61	51,52	4,66
LAD60	20,08	12,05	67,88	41,47	4,73
LVD20	32,11	6,42	61,47	68,81	4,52
LVD40	30,17	12,07	57,76	52,45	4,4
LVD60	28,45	17,07	54,48	42,37	4,19
LVH20	29,06	5,81	65,13	68,54	4,59
LVH40	27,46	10,98	61,55	52,14	4,35
LVH60	24,55	14,73	60,72	42,07	4,19
LVA20	25,69	5,14	69,18	67,22	5,01
LVA40	23,59	9,44	66,97	50,63	4,75
LVA60	21,37	12,82	65,81	40,60	4,64

3.5 Produção das tintas

O processo de produção constou das seguintes etapas:

a. Cálculo do teor de pigmentos (Embrapa, 2017)

Foram retiradas três alíquotas de cada dispersão após homogeneização com misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, as alíquotas foram pesadas, levadas à estufa à 105°C por 24 horas e novamente pesadas, para assim calcular o teor de pigmentos presente em cada dispersão.

b. Preparação das dispersões

Cada dispersão foi novamente homogeneizada com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, foi retirada de cada dispersão uma amostra de aproximadamente 800 ml, que foi submetida à nova agitação com o disco cowles acoplado em agitador de bancada à 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos, com o objetivo impedir a formação de agregados. Para o caso das tintas sem adição de óleo de linhaça, segue-se desta etapa diretamente para a etapa d (Adição de PVAc).

c. Adição de óleo de linhaça

A massa de óleo de linhaça, correspondente a 5% da massa (Weismann; Bryce, 2009) de pigmentos presente em cada dispersão, foi adicionada e misturada com o disco cowles acoplado em agitador de bancada à 1500 rpm pelo tempo de 10 minutos.

d. Adição de PVAc

As respectivas dosagens de PVAc foram calculadas em função da massa de pigmentos presente em cada dispersão e adicionadas gradualmente, com o agitador de bancada equipado com o disco cowles em pleno funcionamento, a 500 rpm, pelo tempo de 15 minutos.

e. Medição da viscosidade e do pH

A medição da viscosidade foi realizada com viscosímetro copo Ford, equipado com orifício nº4, sendo a viscosidade considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 14 e 16 segundos. A viscosidade ideal foi definida por meio de testes preliminares, nos quais foi avaliada a aplicabilidade das tintas por meio de rolos e pincéis, sendo considerada adequada aquela que resultava em tintas com cobertura homogênea sem escorrimentos excessivos ou a formação pinturas muito espessas. O pH foi medido com pHmetro da marca Digimed modelo DM-23 para fins de interpretação dos resultados obtidos das análises de desempenho das tintas.

f. Concentração volumétrica de pigmento (PVC) e teor de pigmentos (TP)

A PVC foi calculada com base nas formulações finais das tintas, conforme equação 1; e o TP foi calculado conforme as formulações finais das tintas.

g. Armazenamento

As tintas foram armazenadas em recipientes com volume de 500 ml.

3.6 Aplicação das tintas

As tintas foram aplicadas em substratos de argamassa à base de cimento, cal e areia, nas proporções de 1:2:8, moldados em molduras de madeira com dimensões internas de 20 x 40 cm reforçadas internamente com tela metálica fixada com pregos para evitar eventuais deslocamentos. A aplicação foi realizada após o prazo de cura da argamassa, de acordo com os procedimentos referentes à preparação dos corpos de prova indicados pela ABNT NBR14942 (2012), limitando a três, no entanto, o número de demãos.

3.7 Caracterização das pinturas

A tinta é o material fluido composto por pigmento, ligante e diluente. Após a aplicação, seus componentes voláteis evaporam, restando uma camada composta por pigmento e ligante, chamada doravante de pintura.

Superfícies e cortes stratigráficos das pinturas

As imagens das superfícies e dos cortes stratigráficos de sete pinturas selecionadas aplicadas em substrato de argamassa, sendo uma produzida com cada pigmento, foram obtidas por MEV da marca Hitachi, modelo 3700N.

3.8 Avaliação da resistência ao intemperismo natural

O método empregado baseou-se na norma ASTM G7/G7M (2013), que especifica os procedimentos para a realização de ensaios de exposição atmosférica de materiais não metálicos. Para a realização do ensaio, foi construída uma estrutura de madeira (rack) para a exposição das amostras (figura 1), observando-se a recomendação de evitar qualquer tipo de contaminação, como a das amostras posicionadas nas fileiras inferiores pelas posicionadas nas superiores, ou contaminações provenientes do solo.

A calha metálica (figura 1B) está integrada a uma estrutura de proteção da metade superior de cada pintura, para possibilitar a comparação dos efeitos do intemperismo sobre as partes exposta e a protegida.

Quanto à exposição, foi garantida a ausência de projeções de sombra sobre as superfícies para ângulos de elevação do sol superiores a 20°; exposição de todas as pinturas às mesmas condições atmosféricas; orientação para o Norte, de modo a garantir a máxima incidência solar sobre as pinturas; e inclinação de 70° em relação a horizontal.

As pinturas foram expostas ao intemperismo por 24 meses, sendo monitoradas semanalmente com o objetivo de registrar as anomalias desde o seu surgimento, em função das condições meteorológicas registradas por estação instalada nas proximidades do local de exposição.



Figura 1 - Estruturas para realização do teste de resistência ao intemperismo natural: A) pinturas expostas ao intemperismo natural; B) detalhe do rack para fixação e exposição das placas de argamassa ao intemperismo natural

A medição da área degradada durante o período de exposição ao intemperismo natural foi feita a partir da vetorização dos espaços com extremos de contraste, que indicam ora a parte da pintura que permaneceu aderida ao substrato, ora a superfície do substrato, sendo os resultados apresentados em porcentagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência ao intemperismo natural

A degradação foi mais acentuada nas pinturas produzidas com a mínima proporção de ligante devido às elevadas PVCs. Nesses casos, as partículas dos pigmentos estavam mais expostas e, conseqüentemente, mais sujeitas à degradação. Aumentando-se a proporção de ligante, ou seja, diminuindo-se a PVC, a degradação foi menos acentuada, nem mesmo ocorrendo em parte das pinturas (figura 2).

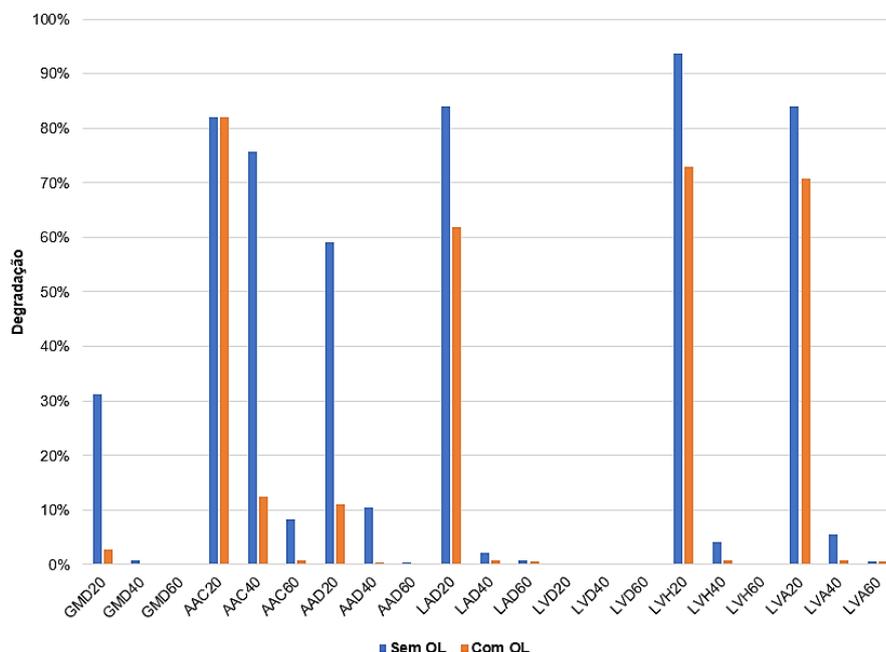


Figura 2 - Degradação das 42 pinturas após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Observa-se também que as pinturas produzidas com adições de óleo de linhaça se degradaram menos que as demais, o que comprova seu efeito benéfico sobre o desempenho. Todavia, o processo de degradação não foi totalmente controlado, o que pode estar relacionado à proporção de óleo de linhaça ou à eficiência de sua dispersão e oxidação/secagem.

Dentre as 42 pinturas, apenas nas produzidas com os pigmentos GMD, AAD, LVD e LVH foi possível controlar os efeitos da degradação por ação do intemperismo natural.

Na maioria dos casos, as pinturas se fragmentaram e permaneceram aderidas ao substrato até que foram removidas pelas chuvas, em coincidência com um aumento brusco da precipitação ocorrido em dezembro de 2017. Em elevadas PVCs, as partículas dos pigmentos estão menos recobertas pelo ligante e, com isso, a superfície da pintura será mais porosa, o que facilita a absorção e a perda de água. Devido à sua baixa resistência à umidade (Cascola, 2020), a eficiência do PVAc como ligante é reduzida à cada ciclo de umedecimento e secagem, enfraquecendo a rede polimérica até que ela perca sua aderência com o substrato.

Para fins de comparação, as fotos das pinturas após 24 meses de exposição ao intemperismo natural foram organizadas por pigmento, separadas por formulação (sem e com adição de óleo de linhaça) e com a indicação das áreas protegidas e expostas, conforme figuras 3, 4 e 5.

Pinturas produzidas com o pigmento GMD

Devido à sua maior refletância, à predominância da fração silte e ao elevado teor de pigmentos da pintura GMD20, os efeitos da dilatação e contração manifestaram-se com menor intensidade, limitando a sua degradação a 31%. A partir da proporção de 40% de ligante combinada com a adição de óleo de linhaça, as pinturas produzidas com este pigmento não apresentaram sinais de degradação. No entanto, com 60% de ligante, o poder de cobertura aparente (constatação baseada na análise visual das pinturas) foi prejudicado.

Pinturas produzidas com o pigmento AAD (figura 3):

As pinturas produzidas com o pigmento AAD apresentaram um poder de cobertura aparente satisfatório, não sendo percebidos danos na pintura formulada com 60% de ligante (pintura AAD60OL) e adição de óleo de linhaça. Nesse caso, a maior proporção de silte em conjunto com a elevada proporção de ligante controlou os efeitos da dilatação e contração. Além disso, entre os sete pigmentos, este é o que apresenta a segunda maior refletância para comprimentos de onda entre o UV e o IR, sendo também, por esta razão, menos susceptível aos efeitos da dilatação e contração.

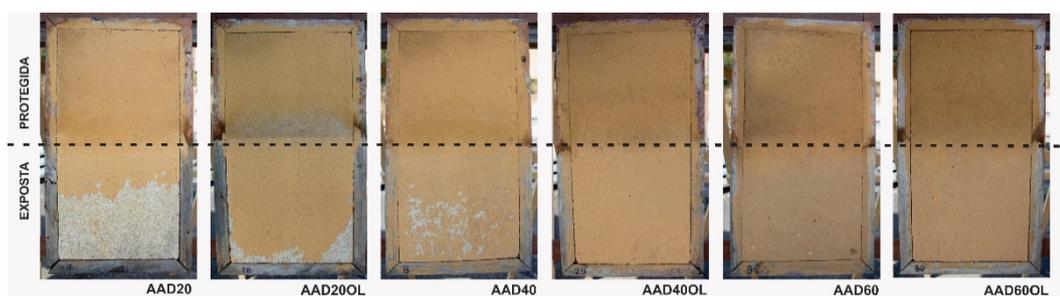


Figura 3 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento AAD após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Pinturas produzidas com os pigmentos AAC (figura 4), LAD e LVA

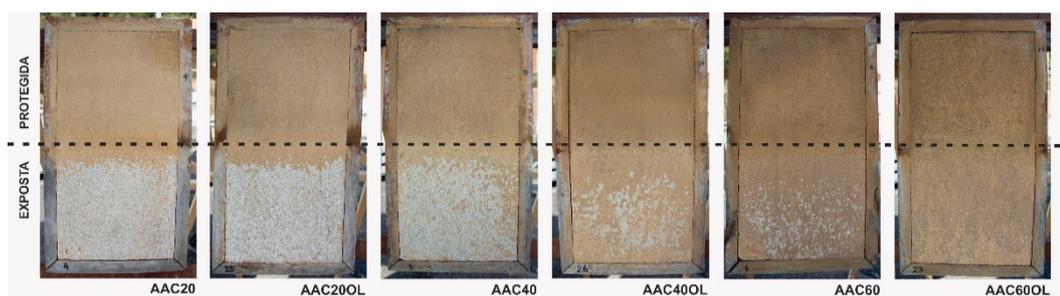


Figura 4 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento AAC após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Nestes casos, tanto as elevadas proporções de ligante quanto a sua combinação com o óleo de linhaça não foram suficientes para conter completamente os efeitos da degradação.

Devido à sua elevada proporção de argila (91,2%), as pinturas produzidas com o pigmento AAC demandaram um maior volume de diluente para equilibrar a viscosidade, o que resultou em baixos teores de sólidos e, logo, em pinturas muito diluídas e com as menores espessuras quando comparadas às demais. Tal situação prejudica o poder de cobertura. E, devido ao baixo teor de pigmentos, ao aumentar a proporção de ligante, assim como se adicionando o óleo de linhaça, o poder de cobertura aparente é ainda mais prejudicado e, mesmo assim, sem resultar no controle do processo de degradação. Tal situação pode estar relacionada à reduzida proporção de agentes cimentantes (óxidos de ferro) e, logo, à facilidade de dispersão das partículas do pigmento AAC, assim como às suas propriedades ópticas (baixo índice de refração), considerando-se à elevada proporção de caulinita em sua composição.

Situação similar foi verificada no caso das pinturas produzidas com o pigmento LAD, que, além de apresentar uma elevada proporção de argila (89,8%), também apresenta elevada superfície específica (57,46 m²/g), o que as sujeita mais intensamente aos efeitos da dilatação e contração. Neste caso, mesmo reduzindo a intensidade da degradação com maiores proporções de ligante e adição de óleo de linhaça, observa-se a redução do poder de cobertura aparente.

E, quanto às pinturas produzidas com o pigmento LVA, a elevada superfície específica (61,4 m²/g) combinada com a baixa refletância (16,99%) foram os principais fatores responsáveis pela degradação, que não foi contida nem mesmo com elevadas proporções de ligante e adição de PVAc.

Pinturas produzidas com o pigmento LVD (Figura 5)

Apenas as pinturas produzidas com o pigmento LVD não sofreram danos para todas as formulações testadas devido à predominância da fração silte (77,3%). Com uma menor superfície específica, o recobrimento das partículas pelo ligante é mais eficiente e, além disso, a pintura sofrerá menos os efeitos da dilatação e contração. Neste caso em especial, o desempenho satisfatório foi alcançado com a menor proporção de ligante e sem a adição de óleo de linhaça, o que evidencia o potencial deste pigmento para a produção de pinturas para usos externos.

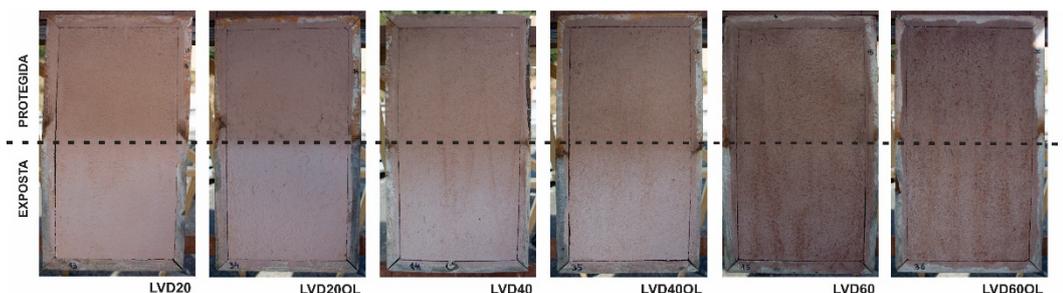


Figura 5 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento LVD 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Pinturas produzidas com o pigmento LVH

Quanto às pinturas produzidas com o pigmento LVH, apenas a formulação com a máxima proporção de ligante combinada com a adição de óleo de linhaça (pintura LVH60OL) foi capaz de conter o processo de degradação. Devido à predominância da argila, que promove a dilatação e contração da pintura, a elevada proporção de ligante pode ter aumentado a dispersão das partículas, assim reduzindo os efeitos das forças eletrostáticas.

Considerando a eficiência, apenas as pinturas GMD60, LVD20, LVD40, LVD60, LVH60, GMD40OL, GMD60OL, AAD60OL, LVD20OL, LVD40OL, LVD60OL e LVH60OL apresentaram boas condições de uso externo, sendo as produzidas com o pigmento LVD em especial as que apresentaram melhor desempenho, demandando a mínima proporção

de ligante sem depender da adição de óleo de linhaça para controlar a degradação por ação da umidade.

5 CONCLUSÕES

Ao comparar as pinturas que apresentaram boas condições para uso externo, constata-se que, quanto maior a proporção de silte/pseudosilte dos pigmentos, menor a intensidade da degradação. Portanto, desde que compostos predominantemente por silte/pseudosilte, os pigmentos com mineralogias caulínicas e oxídicas podem produzir pinturas látex com elevadas resistências ao intemperismo natural. Contudo, os pigmentos altamente oxídicos e ricos em agregados de alta estabilidade estarão mais sujeitos à degradação devido às suas maiores absorções.

Apesar de elevar a resistência ao intemperismo das pinturas nas quais foi adicionado, o óleo de linhaça não conteve completamente o processo de degradação, sendo até mesmo desnecessário no caso das pinturas produzidas com o pigmento LVD. Outros estudos poderão definir dosagens eficientes deste aditivo, principalmente para os pigmentos ricos em argila.

Tal situação comprova que é possível produzir artesanalmente tintas látex econômicas para usos externos, desde que empregados pigmentos obtidos de solos com elevadas proporções de silte/pseudosilte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D1483–12 (2016). Standard test method for oil absorption of pigments by gardner-coleman method. USA: ASTM International.
- ASTM G7/G7M – 13 (2013). Standard practice for atmospheric environmental exposure testing of nonmetallic materials. USA: ASTM International.
- BRAUN, J.H. (1995) White pigments. In: KOLESKE, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 19, p. 159-178.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. (2016). Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. Ambiente Construído, v. 16, n. 4, p. 167-183.
- CASCOLA. Boletim Técnico nº1301. Disponível em <https://www.cascola.com.br/pt/produtos/colas-brancas-pva/universal.html>. Acesso em 24 de janeiro de 2020.
- EMBRAPA (2017). Manual de métodos de análise de solo. Brasília: Embrapa, 3.ed.
- EMBRAPA (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa.
- FARIA, F.C.; SCHMID, A.L. (2017). Tintas naturais para a construção civil: ensaio de resistência ao intemperismo. Espaço Energia, Issue 26, 2017.
- HICKS, L.S.; CREWDSON, M.J. (1995). Natural weathering. In: KOLESKE, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM, 1995. cap. 52, p. 619-642.
- LEARNER, T.J.S.; SMITHEN, P.; KRUEGER, J.W.; SCHILLING, M.R. (2007). Modern paints uncovered. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- LOPES, M.M.S.; ALVARENGA, R.C.S.S.; PEDROTI, L.G.; RIBEIRO, J.C.L.; CARVALHO, A.F.; CARDOSO, F.P.; MENDES, B.C. (2019). Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. Construction and Building Materials, v.205, p.463-47.
- MALLÉGOL, J.; LEMAIRE, J.; GARDETTE, J.(2000). Drier influence on the curing of linseed oil. Progress in Organic Coatings, n.39, p.107-113.
- MATEO, M.; CTVRTNICKOVA, T.; NICOLAS, G.(2009). Characterization of pigments used in painting by means of laser-induced plasma and attenuated total reflectance FTIR Spectroscopy. Applied Surface Science, n.255, p. 5172–5176.

MAYER, R. (2015). Manual do artista. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes.

NBR 14942 (2012): Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro: ABNT.

NBR 15079 (2011). Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NICHOLS, M. (2012). Paint weathering tests. In: KUTZ, M. Handbook of environmental degradation of materials. Oxford: Elsevier, p.597-619.

SCHOLZ, H. A. (1953). History of water-tinned paints. Industrial and Engineering Chemistry, v.45, n.4, p.710-711.

SILVA, J.; UEMOTO, K. L. (2005). Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo. Boletim Técnico. SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

STOYE, D.; FREITAG, W. (1998). Paints, coatings and solvents. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH.

TRESSMANN, D.M.G.A; PEDROTI, L.G; CARVALHO, A.F; RIBEIRO, J.C.L; CARDOSO, F.P; LOPES, M.M.S; OLIVEIRA, A.F; FERREIRA, S.O. (2020). Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. Construction and building materials, v.241, p.1-16, 2020.

VISSAC, A.; BOURGÈS, A.; GANDREAU, D.; ANGER, R.; FONTAINE, L. (2017). Argiles et biopolymères. France: Craterre éditions.

WATERS, J.A. (1997). Latex paint formulations. In: ASUA, J.M. Polymeric dispersions: principles and applications. San Sebastián: Springer Science and Business Media Dordrecht. p.421-434.

WEISMANN, A.; BRYCE, K. (2009). Enduits et peintures naturels à base de chaux ou de terre. Paris: La plage.

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso, doutor em engenharia civil; mestre em engenharia civil; arquiteto; membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; pesquisa sobre tintas com pigmentos de solos desde 2006; projeta, capacita e constrói com terra; coordenou a Rede TerraBrasil (2017-2019); foi professor do curso de Tecnologia em Conservação e Restauro do IFMG - Ouro Preto e professor na Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/0139431424276626>.

Leonardo Gonçalves Pedroti, doutor em engenharia e ciência dos materiais; mestre em estruturas; engenheiro civil; professor do curso de engenharia civil da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: cerâmica vermelha, resíduos, alvenaria estrutural, solo-cimento e concreto com adições de resíduos industriais. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8770106216994640>.

Anôr Fiorini de Carvalho, doutor e mestre em solos e nutrição de plantas; agrônomo; professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: pesquisa e extensão sobre tintas à base de solos e agroecologia. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3776363148666390>.

Milene Gil Duarte Casal, doutora em conservação e restauração; conservadora-restauradora; pesquisadora vinculada ao Laboratório Hercules da Universidade de Évora, Portugal; especialista em conservação e restauração de pinturas murais. Mais informações em <https://www.researchgate.net/profile/Milene-Gil>.

Kai Loh, doutora e mestre em engenharia civil; química; pesquisadora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; especialista na área de tintas para construção civil, tintas à base de cal e cimento, estudos de coberturas frias ("cool roofs"), hidrofugantes, revestimentos frios e autolimpantes (fotocatálise), pigmentos frios, materiais nanoparticulados. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5252794657800781>.