

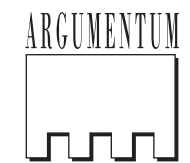
Cadernos de Construção com Terra

REBOCOS DE TERRA

Cadernos de Construção com Terra

REBOCOS DE TERRA

Paulina Faria e José Lima



CADERNOS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA

REBOCOS DE TERRA

Autores

Paulina Faria e José Lima

Ilustração da capa

Teresa Carvalho

Revisão Científica

Rosário Veiga e Miguel Rocha

Revisão

Cristina Meneses

Design gráfico

Argumentum

Impressão

Rainho e Neves

Direção Editorial

Filipe Jorge

ISBN

978-972-8479-?????

Depósito Legal

??????/18

1.ª edição: Julho de 2018

ARGUMENTUM, Edições

Rua Antero de Figueiredo, 4-C

1700-041 LISBOA – Portugal

geral@argumentum.pt

www.argumentum.pt

facebook.com/ARGUMENTUM

A edição não segue o Acordo Ortográfico de 1990.

Os créditos das figuras, salvo referência em contrário, são partilhados pelos autores da obra. As figuras relativas a ensaios laboratoriais, salvo menção a outra fonte, correspondem a ensaios realizados no âmbito do doutoramento de José Lima nos laboratórios do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Reprodução autorizada desde que seja referenciada a origem e a autoria do texto e das imagens.

Este livro tem o apoio da Direcção Regional de Cultura do Alentejo/Ministério da Cultura e o apoio institucional da Associação CENTRO da TERRA (CdT).

REBOCOS DE TERRA

9	Capítulo 1		79	Capítulo 4
	Enquadramento			Acabamentos de rebocos de terra
9	1.1. Introdução		79	4.1. Tipos de acabamento e requisitos de desempenho
14	1.2. Revestimentos realizados com base em argamassas		81	4.2. Rebocos de terra “à vista”
17	1.3. Materiais constituintes das argamassas de reboco		84	4.3. Velaturas
17	1.3.1. Designações das argamassas em função da formulação		92	4.4. Sistemas de pintura
18	1.3.2. Os ligantes		100	4.5. Barramentos
23	1.3.3. Os agregados			
24	1.3.4. As adições		109	Capítulo 5
25	1.3.5. Os adjuvantes			Recomendações para projecto e qualificação profissional
26	1.4. Requisitos de desempenho das argamassas de reboco		109	5.1. Recomendações para a elaboração de projecto
30	1.5. Contexto construtivo das argamassas de reboco		111	5.1.1. Reforço de revestimentos em terra
			112	5.1.2. Protecção de elementos dos vãos
35	Capítulo 2		113	5.1.3. Aplicação de rebocos de terra em tectos
	Especificidades e requisitos de rebocos de terra		114	5.1.4. Protecção de paramentos sujeitos ao contacto directo com água
35	2.1. Especificidades dos rebocos de terra		115	5.1.5. Recomendações para manutenção, reparação e fixações
35	2.1.1. Vulnerabilidade à água no estado líquido		115	5.2. Formação e qualificação profissional a nível europeu
37	2.1.2. Possibilidade de reparação e reutilização			
38	2.1.3. Capacidade de regulação termo-higrométrica		120	Agradecimentos
41	2.2. Requisitos de desempenho dos rebocos de terra			
			122	Referências bibliográficas
47	Capítulo 3			
	Materiais constituintes e métodos de aplicação			
47	3.1. Materiais constituintes dos rebocos de terra			
47	3.1.1. As terras			
52	3.1.2. As areias			
57	3.1.3. A adição de fibras			
61	3.1.4. A adição de ligantes			
66	3.1.5. Outros constituintes			
70	3.1.6. A água de amassadura			
71	3.2. Métodos de aplicação e tipos de suportes			

1

Enquadramento

1.1. Introdução

Este livro, inserido na colecção Cadernos de Construção com Terra, vem na sequência do n.º 1, uma introdução às diferentes técnicas de construção com terra (Rocha, 2015), e do n.º 2, focado nas paredes de alvenaria de adobe (Fernandes e Tavares, 2016). Este n.º 3 foca-se nos rebocos de terra e nas argamassas e acabamentos que os constituem. Resulta da experiência dos autores e pretende ajudar o leitor a esclarecer diversas questões que podem surgir quanto à viabilidade de prescrição, aplicação, reparação e substituição de rebocos de terra. Foi escrito de forma a procurar ser esclarecedor para diversos tipos de leitores, sejam eles arquitectos ou engenheiros, projectistas, directores de obra, empreiteiros ou donos de obra, produtores de materiais de construção, investigadores mas também qualquer pessoa que equacione experimentar a aplicação de um reboco de terra eco-eficiente.

Neste livro, a designação “rebocos de terra” pretende abranger os rebocos realizados maioritariamente com base em terra argilosa ou rebocos em que a terra desempenha um papel preponderante na sua composição. Para além desta designação são também usualmente utilizadas, na bibliografia sobre o tema, outras designações, como “rebocos à base de terra” também para designar rebocos onde o uso da terra é predominante, ou “rebocos com adição de terra” para identificar rebocos em que a terra faz parte da composição mas não é o material predominante.

Por vezes, alguns autores utilizam a designação “rebocos de barro” também para identificar rebocos realizados maioritariamente com base em terra. Na maior parte dos casos trata-se apenas da utilização de um termo menos técnico: barro em vez de terra. No entanto, o “barro” é um tipo particular de terra, com teor de argila muito elevado (sem outros constituintes fundamentais de uma terra para rebocos, como sejam as areias) e elevada “plasticidade”, que não possibilitaria a formulação de reboco eficientes.

Do ponto de vista construtivo, este tipo de revestimentos (“rebocos”) enquadra-se nos sistemas de revestimento realizados com base em argamassas. As argamassas de terra tiveram a sua origem na Antiguidade, nomeadamente em sistemas construtivos primitivos nos quais a terra desempenhava um papel fundamental enquanto material construtivo (Bruno *et al.*, 2010). Começaram por ser sucessivamente aplicadas no enchimento de estruturas habitacionais constituídas por troncos de madeira (o designado “barro de cabanas” – Figura 1-A), no revestimento de fossas, por exemplo para depósito de alimentos, e no assentamento de alvenarias de pedra ou blocos de terra. Mais tarde passaram a ser utilizados no reboco de alvenarias de pedra, como atesta o monumento funerário da Roça do Casal do Meio, Sesimbra, do Bronze Final – séculos XI-IX a.C., feito com terra que não é do local (Figura 1-B).

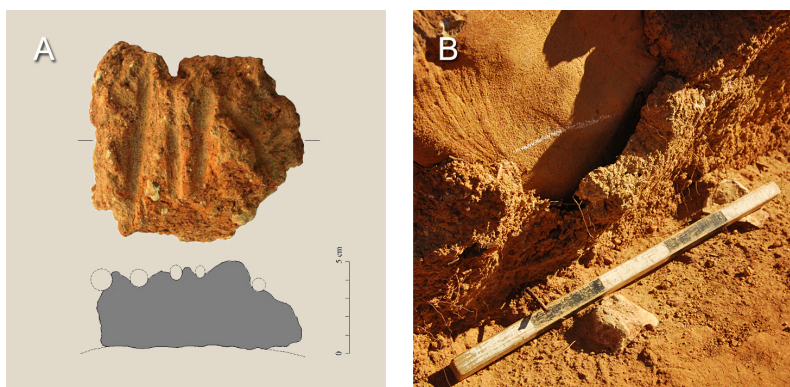


Figura 1 – Argamassas de terra empregues na Antiguidade.
(A) Fragmento de argamassa de terra (“barro de cabanas”) com marcas dos elementos vegetais estruturais. Alcalar, Calcolítico (Bruno *et al.*, 2010). Crédito: Patrícia Bruno.
(B) Reboco de terra no revestimento interior de alvenaria de pedra. Roça do Casal do Meio, Sesimbra, Bronze Final. Crédito: Eduardo Porfírio.

Ao longo do tempo os rebocos de terra têm sido utilizados em várias regiões do mundo, maioritariamente associados à arquitectura vernácula, em particular na designada “arquitectura de terra” (Houben e Guillaud, 1989), da qual fazem parte diversos sistemas construtivos, como sejam as alvenarias de adobe, as paredes monolíticas de taipa e as paredes mais ligeiras de tabique preenchido por argamassas de terra. Neste contexto, quando os rebocos de terra são aplicados no revestimento exterior de paredes que fazem parte do envelope dos edifícios, usualmente desempenham o papel de camada de protecção do edifício, também designada por “camada de sacrifício”, uma vez que o reboco (e por vezes o seu acabamento, por exemplo por pintura) passa a ser o primeiro elemento construtivo a degradar-se, principalmente por acção dos elementos atmosféricos (Figura 2).



Figura 2 – Exemplos de “arquitectura de terra” revestida com rebocos de terra. Mali. Crédito: Filipe Jorge.

A degradação do reboco, ou o seu “sacrifício”, minimiza a degradação da parede onde está aplicado, que está a proteger, naturalmente exigindo a sua manutenção e reparação periódica, da qual depende a durabilidade e o desempenho adequado deste tipo de edifícios (Figura 3).



Figura 3 – Habitação Massai a necessitar de reparação da argamassa de terra de preenchimento e revestimento, colocando em risco a estrutura (no caso em troncos). Tanzânia.

Estas actividades de manutenção, reparação ou reposição (substituição) dos rebocos de terra aplicados no exterior fazem parte da cultura construtiva de muitos países e das suas práticas sociais sazonais e, embora mais necessária no caso dos rebocos de terra, não se limita a estes. A caição periódica dos rebocos exteriores das paredes dos edifícios, muito frequente em edifícios com paredes de terra ou de alvenaria de pedra, com rebocos de cal ou de terra, é um exemplo da manutenção referida efectuada desde há séculos em Portugal (Figura 4).



Figura 4 – Caição de moinho de vento. Cachopo, Tavira. Crédito: Marta Santos.

Naturalmente, os rebocos de terra foram mais comuns como revestimento de paramentos interiores, uma vez que nesse contexto não sofriam acção directa da água da chuva. Mas também, nesse caso, eram geralmente caiados, embora não tanto por razões técnicas de protecção do reboco em relação à água, mas fundamentalmente por razões de manutenção corrente, questões estéticas e também sociais (Figura 5).



Figura 5 – Caição, com e sem pigmento, sobre reboco de terra em paramento de alvenaria de xisto. Almoinha, Mértola.

Contudo, a partir do aparecimento de outros ligantes no mercado, como o caso das cais de construção – cal aérea e cais com propriedades hidráulicas (IPQ, 2015) – e, depois, do cimento, a utilização de rebocos de terra entrou em declínio, uma vez que estes eram associados a situações de falta de recursos económicos que possibilitassem outras alternativas.

No entanto, depois de um período de total abandono do uso da terra para a execução de argamassas para rebocos, principalmente desde o início do século XXI foi retomado o interesse por este tipo de rebocos. As razões começaram por ser ecológicas, associadas à baixa energia incorporada na produção de uma argamassa de terra e correspondente reboco (Melià *et al.*, 2014), e à sua possibilidade de reutilização e reintegração no ciclo produtivo (garantindo a circularidade do recurso). Mas, actualmente, prova-se existirem também razões técnicas, pelo desempenho melhorado que os rebocos de terra podem apresentar, ao nível estético e como contributo para o conforto e para a saúde dos ocupantes (Lima *et al.*, 2016a).

1.2. Revestimentos realizados com base em argamassas

Uma argamassa é um produto da construção constituído, no mínimo, por um ligante (aglomerante) e um agregado (areia natural ou proveniente de resíduos ou subprodutos), que são amassados com água. A argamassa é aplicada no estado fresco e, após endurecimento, transforma-se, em muitos dos casos, numa rocha artificial pois ocorre uma reacção química entre os constituintes. Tal não é, no entanto, o caso dos rebocos de terra, que apenas endurecem por um processo de secagem.

Um reboco é um revestimento, de parede ou tecto, que pode ser constituído apenas por uma única camada de argamassa (monocamada ou monocapa) ou por um sistema de camadas sucessivas de argamassa (multicamada). Estas podem ter ou não a mesma constituição, sendo geralmente aplicadas com espessuras distintas.

Se a superfície a revestir apresentar irregularidades de espessura muito significativa, pode ser necessária a realização prévia de um encasque, que a regularize ligeiramente (Figura 6).



Figura 6 – Parede com necessidade de encasque de regularização para ser de novo rebocada. Setúbal.

Esse encasque é geralmente feito com base em pedaços de material semelhante ao que constitui a parede (por exemplo, pedaços pequenos de pedra ou material cerâmico, no caso de uma parede de taipa) que são inseridos nas reentrâncias juntamente com uma argamassa compatível com a da parede ou do reboco que irá ser aplicado. Se a própria parede tiver sofrido perda de espessura, ela própria pode ter de ser regularizada previamente através de argamassa de reparação. É frequente, por exemplo, no caso de paredes de taipa (Gomes *et al.*, 2018). No entanto, após o encasque ou a regularização com argamassa, a superfície não deverá ficar completamente lisa; apenas regular, para permitir a boa aderência de um reboco de protecção.

A função principal da primeira camada num sistema de reboco multicamada será sempre a de garantir uma boa aderência à superfície da parede ou tecto, designando-se salpisco, salpico, chapisco ou crespido. Caso a superfície a revestir seja regular, mas não demasiado lisa nem com muito baixa absorção de água, pode ser prescindível a aplicação desta primeira camada de reboco. Tal situação é frequente em paredes de terra. Pelas características apresentadas pelas argamassas, esta camada de promoção de aderência é vulgarmente necessária em rebocos de argamassas de cimento e muitas vezes dispensada noutros rebocos.

A camada seguinte do reboco, e que existe sempre, será a mais espessa, sendo designada por camada de base. É ela que confere planeza ao reboco (se tal for requisito e que é distinto de verticalidade, que raramente existia em paredes antigas) conferindo-lhe também as principais características face às acções a que vai estar sujeito.

Geralmente, a última camada, de acabamento, apresenta espessura mais reduzida que a anterior. Isso deve-se ao facto de ocorrer fissuração nas diferentes camadas de argamassa, fissuração essa que depende das características da argamassa e que é proporcional à espessura dessas camadas. Assim, numa camada de acabamento delgada, a abertura de fissuras que pode ocorrer será pouco visível a olho nu e ocorrerá desfasada das fissuras que ocorrerem na camada de base anterior. Dessa forma, para além de questões estéticas, reduzem-se as vias para a entrada directa de água.

O reboco pode ficar à vista, sendo o acabamento conferido pela sua última camada, ou ter aplicado sobre ele um acabamento específico. A camada final é sempre a mais exposta e, por isso, a que sofre maior degradação. Em rebocos multicamada, a camada de acabamento protege a

camada de base, tal como um outro acabamento que não faça parte do reboco – como um acabamento por pintura, um barramento ou um revestimento azulejar – protege o próprio reboco. Dessa forma um acabamento por pintura, um barramento ou um revestimento com azulejos são também camadas de sacrifício do próprio reboco. No entanto, os acabamentos por barramento ou com azulejos, que substituem a camada de acabamento de um reboco, têm um desempenho estético tão importante que o reboco, nesse caso apenas de regularização, é visto por vezes apenas como a base que suporta o acabamento (Figura 7). De qualquer modo, as funções que desempenha e as características que apresenta são fundamentais para o bom desempenho de todo o sistema de revestimento.



Figura 7 – Reboco de regularização e colagem, à vista em lacuna de revestimento com azulejos. Setúbal.

Existem ainda casos em que o acabamento estético é “esculpido” no próprio reboco multicamada. Por exemplo, nos acabamentos decorativos designados por esgrafitos; geralmente a camada de base e a de acabamento, que se lhe segue, são de cores distintas (geralmente obtidas pela cor dos agregados, nomeadamente das areias ou terras utilizadas como agregado) e o aspecto final é obtido por eliminação de partes da camada final, deixando nessas zonas a anterior à vista.

No caso dos rebocos de terra, principalmente devido ao facto de não constituírem uma pedra artificial mas apenas um material endurecido, recorre-se, por vezes, à aplicação de produtos de protecção superficial (ver secção 4.3.), que funcionam como consolidantes superficiais e conferem alguma resistência à água. Têm um papel semelhante ao que uma velatura tem quando aplicada, por exemplo, numa peça de madeira.

1.3. Materiais constituintes das argamassas de reboco

1.3.1. Designações das argamassas em função da formulação

Como mencionado anteriormente, uma argamassa de reboco é constituída, no mínimo, por um ligante (aglomerante) e um agregado (areia natural ou artificial). No entanto, no intuito de otimizar as suas características, as argamassas podem ser formuladas com recurso a mais do que um ligante e à conjugação de diferentes tipos de agregados.

Usualmente, na prática profissional e também no meio académico, quando uma argamassa é realizada considerando apenas um ligante (por exemplo, a cal aérea), independentemente de ser formulada com recurso a um ou mais tipos de agregados, é designada com o nome desse ligante. Assim uma argamassa realizada apenas com cal aérea como ligante designa-se de “argamassa de cal aérea”, independentemente dos diferentes tipos de agregados que possam fazer parte da sua formulação. Pela mesma lógica a designação “argamassa de cimento” designa uma argamassa formulada apenas com cimento e um ou mais agregados.

Quando as argamassas são formuladas com mais que um ligante (por exemplo cal aérea e cimento), usualmente assumem a designação de “argamassas bastardas”. Essa mistura de ligantes realiza-se para se tentar otimizar as características positivas de ambos os ligantes utilizados. Na designação deste tipo de argamassas o ligante predominante é referido em primeiro lugar. Assim a designação “argamassa bastarda de cal aérea e cimento” pretende identificar uma argamassa realizada com estes dois ligantes, com predominância da cal aérea e menor teor de cimento.

No caso específico de uma argamassa de terra quando, para além da terra utilizada como aglomerante, lhe foi adicionado um baixo teor de um ligante convencional, esta designa-se como “argamassa de terra estabilizada” (e não como argamassa bastarda). Esta particularidade deve-se ao facto da terra ser considerada apenas um aglomerante e não um ligante convencional, como será detalhado na secções 1.3.2. e 3.1.1. Na construção vernácula, o ligante mais correntemente adicionado às argamassas de terra para a sua estabilização foi a cal aérea, fundamentalmente por razões de disponibilidade e com vista a melhorar a resistência à água no estado líquido.

Quando uma argamassa de terra é formulada com a adição de elevada quantidade de um ligante, por exemplo cal aérea, este passa a ter influência significativa nas características da argamassa, devendo por isso esta assumir uma designação de “argamassa mista de terra e cal aérea”. Estes tipos de argamassas diferem das “argamassas estabilizadas”, no sentido em que a terra e o ligante adicionado contribuem, ambos, para as características da argamassa. A terra pode funcionar simultaneamente como aglutinante – partículas finas de argila – e agregado – partículas mais grossas, de areia, naturalmente presentes da terra.

Existe ainda a possibilidade de adicionar terra, em quantidades reduzidas, a argamassas de reboco realizadas com ligantes convencionais. Estas argamassas devem assumir a designação de argamassas de determinado ligante “com adição de terra”, uma vez que a terra não desempenha um papel predominante nas características da argamassa (por exemplo, argamassa de cal aérea com adição de terra).

1.3.2. Os ligantes

As argamassas podem ter como aglomerantes uma terra argilosa (ver secção 3.1.1.) ou ligantes que produzem uma reacção química, como sejam, gesso corrente, anidrite, cal aérea (calcítica ou dolomítica), cal hidráulica natural, cal hidráulica ou cimentos. Estes ligantes são aqui apresentados por ordem crescente de consumo energético associado à respectiva produção. A reacção química ocorre predominantemente durante o período que se designa geralmente por cura da argamassa.

Para uma melhor compreensão do impacto ambiental associado à produção destes ligantes, salienta-se que a produção de cimento e de cais com propriedades hidráulicas requerem temperaturas de calcinação, respectivamente, de cerca de 1500°C e 1100°C, significativamente mais elevadas que a produção de cal aérea (cerca de 900°C) e incomparáveis com a energia térmica requerida para a produção de gesso corrente (cerca de 120-180°C). Nesta mesma linha, é também de salientar que a utilização de terra como aglomerante de argamassas não requer calcinação, pelo que não consome energia térmica para esse efeito e não tem, desse ponto de vista, impacto ambiental.

De todos estes ligantes optou-se por abordar em seguida apenas os gessos e as cais aéreas, devido à sua maior compatibilidade com os rebocos de terra (ver secção 3.1.4.) e também maior predominância nos sistemas construtivos vernáculos em geral.

O gesso

O gesso é proveniente da rocha com a mesma designação. Quimicamente é um sulfato de cálcio di-hidratado (com duas moléculas de água ligadas ao sulfato de cálcio – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ao ser sujeita a um tratamento térmico a cerca de 120-180°C, a rocha liberta parte da água que contém e transforma-se em gesso hemi-hidratado (apenas com uma molécula de água partilhada por duas moléculas de sulfato de cálcio – $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Este ligante, em pó (Figura 8-A), que é o gesso correntemente usado na construção em Portugal, pode ser amassado com água (Figura 8-B), formando uma pasta que, ao endurecer, se transforma de novo num sulfato de cálcio di-hidratado, quimicamente semelhante à rocha inicial, mas muito mais poroso e sensível à humidade (Figura 8-C). Por isso, nesta forma não deverá ser aplicado em ambientes com exposição à água (como é o caso dos rebocos exteriores).



Figura 8 – Gesso correntemente usado na construção.
(A) Em pó.
(B) Amassado com água.
(C) Endurecido após aplicado sobre tijolo.

No entanto, se a mesma rocha de gesso for submetida a tratamento térmico a temperaturas superiores, a cerca de 300-400°C, perde toda a água, resultando num sulfato de cálcio anidro (CaSO_4), designado por anidrite. Este outro tipo de ligante também pode ser amassado com água, formando uma pasta que, ao endurecer, se transforma igualmente em sulfato de cálcio di-hidratado, quimicamente semelhante à rocha inicial. Esta reacção é muito mais lenta e o sólido resultante é bastante menos poroso que o obtido pela hidratação do gesso hemi-hidratado. Apresenta, por isso, maior estabilidade face à presença da água, sendo mais adequado a ambientes exteriores (Freire, 2016).

Cal aérea calcítica

No caso da cal aérea calcítica, tudo tem início na rocha calcária, que é constituída por carbonato de cálcio (CaCO_3). Ao ser calcinada a cerca de 900°C , liberta dióxido de carbono (CO_2) e transforma-se em cal viva ou óxido de cálcio (CaO), mantendo a forma de pedra, mas agora menos compacta e muito mais branca (Figura 9-A). A cal viva pode ser armazenada e comercializada em pedra, ou pode ser facilmente micronizada (reduzida a pó). Para poder ser utilizada na construção, a cal viva tem que passar por um processo de hidratação (reação com água), por vezes também designado de “extinção” ou “apagamento” da cal. Este processo pode ser realizado por aspersão de pouca água, sobre a cal viva, em pedra ou em pó, daí resultando cal aérea hidratada, ou seja, hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), neste caso na forma de pó (Figura 9-B). Em alternativa, este processo de hidratação pode ser realizado por imersão em água abundante, que resulta novamente em hidróxido de cálcio, mas na forma de uma pasta de cal aérea hidratada (Figura 9-C). A reação de hidratação da cal viva é exotérmica, libertando bastante energia calorífica. Simultaneamente, durante a hidratação, ocorre um aumento do volume da cal. Para a formulação de argamassas, ambas as formas da cal aérea hidratada, em pó ou em pasta, podem ser utilizadas.



Figura 9 – Cal aérea calcítica.
(A) Viva em pedra.
(B) Hidratada, em pó.
(C) Hidratada em pasta.

Para a execução de uma argamassa, a cal aérea hidratada, em pó ou em pasta, é amassada com o agregado e, em geral, com água, iniciando-se então o processo de endurecimento por carbonatação (reação do hidróxido de cálcio da cal com o dióxido de carbono presente no ambiente). A cal recupera, assim, o dióxido de carbono que

tinha sido libertado aquando da sua calcinação. Transforma-se de novo em carbonato de cálcio, semelhante à rocha que lhe deu origem, com o endurecimento da argamassa. A humidade é necessária para o transporte do dióxido de carbono ao longo da espessura de uma argamassa de cal e a ocorrência da carbonatação mas, em excesso, bloqueia o acesso ao dióxido de carbono (por exemplo se existir uma película de água sobre a superfície da argamassa). Nessa situação impede a reação de carbonatação e o endurecimento da argamassa.

Ambas as formas de cal aérea hidratada, em pó ou em pasta, apresentam diferentes vantagens e desvantagens, associadas maioritariamente ao acondicionamento e transporte.

No caso da cal aérea hidratada em pó, a principal vantagem reside em ser um constituinte em pó e, como tal, ser facilmente ensacado, transportado e adicionado nas formulações de argamassas como qualquer outro ligante ou agregado. No entanto, em caso de acondicionamento deficiente, que possibilite o contacto da cal aérea hidratada em pó com o dióxido de carbono do ambiente, poderá ocorrer a carbonatação parcial do ligante, que não é possível de observar à vista. Nesta situação, quando a cal for aplicada na realização de uma argamassa, a parcela já carbonatada não irá contribuir para o endurecimento, funcionando apenas como um *filler* (como uma areia muito fina e não reactiva). Assim, um determinado traço de cal pode efectivamente corresponder a um traço mais fraco (com menor teor de cal), originando uma argamassa consequentemente mais fraca.

Contrariamente, a cal aérea hidratada em pasta apresenta como principal vantagem a possibilidade de ser acondicionada por tempo indefinido, sem ocorrência de carbonatação. Basta apenas garantir que, sobre a superfície da pasta, é mantida uma camada de água, que impede o acesso ao dióxido de carbono do ambiente. Simultaneamente, durante o período de acondicionamento e com o contacto com a água, continua a ocorrer a subdivisão das partículas de hidróxido de cálcio da cal em pasta, pelo que a superfície total das partículas de cal vai aumentando. Daí resulta uma maior reactividade da cal aérea hidratada em pasta, benéfica para as características finais das argamassas. Na execução de argamassas, a própria água presente na pasta funciona como a água de amassadura.

Cal aérea dolomítica

No caso da cal aérea dolomítica, existem algumas diferenças, nomeadamente relacionadas com a rocha de base que, para além de cálcio contem também magnésio, ambos conjugados na forma de dolomite (carbonato de cálcio e magnésio – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). O processo de calcinação é semelhante ao da cal calcítica mas requer menos energia térmica, uma vez que ocorre a cerca de 400-480°C (Margalha, 2010). A cal viva dolomítica resultante é formada, não apenas por óxido de cálcio, mas também por óxido de magnésio ($\text{CaO} + \text{MgO}$) (IPQ, 2015). Após o processo de hidratação da cal viva dolomítica, em tudo semelhante à hidratação da cal calcítica, obtém-se também uma cal aérea hidratada, em pó ou em pasta, composta simultaneamente por hidróxidos de cálcio e de magnésio ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$). Esta cal aérea hidratada dolomítica, quando aplicada na execução de argamassas, sofre um processo de carbonatação também semelhante ao descrito para as argamassas de cal aérea calcítica. Mas, neste caso, para além da formação de carbonato de cálcio, ocorre também a formação de carbonato de magnésio, quimicamente semelhantes aos da rocha dolomítica original.

Por vezes, as cais aéreas dolomíticas apresentam não só capacidade de cura aérea mas também alguma de cura hidráulica, tendo então alguma capacidade de endurecimento na presença de água abundante (reação química semelhante à que sucede com as cais com propriedades hidráulicas). Estas propriedades hidráulicas não advêm directamente da presença de magnésio na composição da rocha-base, mas antes do facto das rochas dolomíticas usualmente apresentarem, na sua composição, quantidades importantes de outros compostos químicos, como é o caso do silício e da alumina. Estes, quando calcinados (sujeitos a tratamento térmico) originam compostos químicos hidráulicos (silicatos e aluminatos de cálcio hidratados) capazes de endurecer na presença de água. Este tipo de compostos também se forma quando uma argamassa de cal aérea é aditivada com uma pozolana (ver secção 1.3.4.). É, contudo, muito importante que as cais aéreas dolomíticas não sejam confundidas com as cais com propriedades hidráulicas que, embora sejam também ligantes parcialmente aéreos (endurecem parcialmente na presença de dióxido de carbono), são muito distintas do ponto de vista químico e físico (IPQ, 2015).

1.3.3. Os agregados

Os agregados utilizados na execução de argamassas são geralmente areias, naturais ou artificiais, com granulometria maioritariamente de 0-2 mm. As areias naturais são geralmente de rios (lavadas naturalmente) ou de areeiros (Figura 10-A), que podem ser ou não lavadas. Há que ter cuidados quando as areias de areeiros são lavadas para garantir que não foi utilizado ou não permanecem vestígios de desfloculante¹. No caso das argamassas de terra não se justifica utilizar areia lavada, excepto no caso da argila contida na areia de areeiro ser muito expansiva (ver secção 3.1.1.). As areias artificiais são resultantes da exploração, corte e britagem de pedra (Figura 10-B).



Figura 10 – Agregados utilizados na execução de argamassas.
(A) Areia siliciosa natural.
(B) Areia calcária artificial.
(C) Resíduo cerâmico triturado.

Outros resíduos ou subprodutos, como sejam da indústria cerâmica (Figura 10-C) (Matias *et al.*, 2014), de resíduos de construção e demolição, de pneus (Faria e Piteira, 2015), da agro-indústria, como é o caso de resíduos de cortiça ou outros (Brás *et al.*, 2013), podem ser utilizados como agregados artificiais, substituindo total ou parcialmente a areia da argamassa. O tipo de resíduo utilizado e a aplicação que vai ter a argamassa pode implicar a necessidade de efectuar estudos toxicológicos para aferir a viabilidade da utilização de determinados resíduos.

¹ Desfloculante é um produto utilizado na lavagem de areias para separar pequenos torrões de argila aglutinados a grãos de areia.

1.3.4. As adições

As argamassas podem conter adições com o objectivo de melhorar algumas das suas propriedades, como sejam filleres (agregados finos não reactivos, como o pó de pedra) ou pozolanas, compostos finos ricos em sílica e/ou alumina no estado não cristalino que, na presença de humidade, reagem com o hidróxido de cálcio das argamassas de cal, promovendo o seu endurecimento mesmo na presença de água. As pozolanas podem ser naturais ou artificiais. As pozolanas naturais derivam da actividade vulcânica, directamente provenientes de erupções antigas. As artificiais podem resultar de resíduos ou subprodutos de outras indústrias, como as cinzas volantes das centrais termoeléctricas, as cinzas da queima (idealmente para produção de energia calorífica) da casca de arroz ou de outros resíduos agrícolas com elevado teor em sílica. Podem ainda ser metacaulinos, produzidos a partir do tratamento térmico a relativamente baixa temperatura (600°C) de caulinos rejeitados por outras indústrias (cerâmica branca, papel, lavagem de areias) ou de caulinos extraídos especificamente para esse fim (Figura 11).



Figura 11 – Pozolanas naturais ou artificiais.
 (A) Pozolana natural de Santo Antão, Cabo Verde.
 (B) Cinza volante.
 (C) Barro vermelho cozido.
 (D) Caulino cozido (metacaulino).

Em argamassas com cal aérea, as pozolanas podem ser adicionadas de forma eco-eficiente, substituindo parcialmente o teor de cal. Para além de poderem baixar o consumo de matérias-primas originais, introduzem maior durabilidade e características de hidraulicidade às argamassas, que passam a conseguir endurecer mesmo em ambientes com fraco contacto com dióxido de carbono. Com isso alargam também o seu campo de aplicação. Um exemplo são as argamassas com pó cerâmico que se podem visualizar, ao fim de mais de 2000 anos, em sítios arqueológicos romanos (Matias *et al.*, 2014).

As argamassas podem ainda ter como adição fibras naturais ou artificiais, com a finalidade de controlar determinadas propriedades, como é o caso da retracção e conseqüente fissuração. As fibras naturais podem derivar da trituração de elementos vegetais colhidos especificamente para esse fim, ou da trituração de resíduos ou subprodutos industriais ou agrícolas, como a palha resultante dos cereais, ou os resíduos da indústria têxtil (algodão) (Gonilho-Pereira *et al.*, 2013) ou da cordoaria (sisal). As fibras artificiais podem também ser produzidas especificamente para o efeito, como é o caso das fibras de polietileno, de vidro, de carbono, ou derivarem também de resíduos ou subprodutos industriais, como é o caso da reciclagem de embalagens.

1.3.5. Os adjuvantes

Os adjuvantes (na gíria profissional também designados por aditivos) são produtos geralmente químicos que, incluídos em percentagens muito baixas (sempre mais baixas que as adições, em parte porque são dispendiosos), têm um efeito significativo na alteração das características das argamassas. Esse efeito pode ser apenas enquanto a argamassa está fresca ou já depois de endurecida, por exemplo: como plastificante, possibilitando formular argamassas com menor quantidade de água; promotor de aderência, facilitando a aplicação e aumentando a durabilidade do reboco aplicado na parede; hidrofugante, reduzindo a absorção de água da chuva; fungicida, reduzindo a susceptibilidade à contaminação biológica. No entanto, devido aos baixos teores utilizados, os adjuvantes são recomendados para argamassas pré-doseadas e não para argamassas formuladas em obra, devido à dificuldade inerente à sua correcta dosagem e utilização sistematizada.

1.4 Requisitos de desempenho das argamassas de reboco

Os rebocos constituem o revestimento exterior de muitos edifícios e também dos seus espaços interiores. As suas características devem estar directamente relacionadas com as funções que desempenham, condições a que estão expostos e requisitos de desempenho correspondentes, nomeadamente de compatibilidade com o suporte e de durabilidade.

Os rebocos, exteriores ou interiores, têm diversas funções nos edifícios:

- Protecção dos elementos onde são aplicados (geralmente paredes mas também podem ser tectos) das acções a que estes são sujeitos, nomeadamente face à água, sais, poluição e choques;
- Estética, principalmente quando incluem a camada de acabamento, podendo apresentar cores, padrões e texturas diversas.

Podem ainda ter como função contribuir para melhorar outros aspectos importantes dos edifícios:

- Isolamento térmico – embora usualmente os rebocos sejam aplicados com espessura relativamente reduzida, determinadas argamassas podem ter uma baixa condutibilidade térmica e os rebocos contribuírem para o comportamento térmico do elemento construído;
- Conforto acústico – através da massa do reboco e principalmente através da textura da superfície da camada de acabamento, para um adequado tempo de reverberação dos espaços;
- Conforto higrotérmico – no caso dos espaços interiores, através do contributo para a regulação da humidade relativa do ar interior.

Para tal têm de apresentar um conjunto de características que lhes possibilitem cumprir essas funções, por exemplo aderirem ao suporte no estado fresco e manterem-se aderidos e sem fendilhar ao longo do tempo, mesmo quando sujeitos a acções de choque.

As especificações e requisitos de desempenho para rebocos com argamassas industriais (pré-doseadas e não formuladas em obra) com base em ligantes inorgânicos para aplicação em paredes e tectos estão definidos numa norma europeia, transcrita também como norma portuguesa (IPQ, 2017).

As diferentes aplicações de argamassas de reboco e condições de exposição requerem argamassas com propriedades e níveis de desempenho diferenciados. As argamassas são classificadas nos seguintes tipos:

- GP – argamassa de uso geral para reboco exterior ou interior;
- LW – argamassa leve para reboco exterior ou interior;
- CR – argamassa colorida para reboco exterior;
- OC – argamassa monomassa (monocamada) para reboco exterior;
- R – argamassa de drenagem (de sais)/renovação para reboco exterior ou interior;
- T – argamassa de isolamento térmico para reboco exterior ou interior.

As diferentes classes das argamassas no estado endurecido são definidas com base em valores de ensaios, nomeadamente na respectiva resistência à compressão, coeficiente de absorção de água por capilaridade e/ou condutibilidade térmica, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes das argamassas endurecidas (IPQ, 2017).

Propriedade [unidade]	Classe	Valor
Resistência à compressão [N/mm ²]	CS I	0,4-2,5
	CS II	1,5-5,0
	CS III	3,5-7,5
	CS IV	≥ 6,0
Coeficiente de absorção de água por capilaridade [kg/(m ² .min ^{1/2})]	Wc ₀	Não especificado
	Wc ₁	≤ 0,4
	Wc ₂	≤ 0,2
Condutibilidade térmica [W/(m.K)]	T1	≤ 0,1
	T2	≤ 0,2

A resistência à compressão é determinada por um ensaio em que um volume de argamassa com 40 mm x 40 mm de superfície inferior e superior é pressionado até à respectiva fractura. Quanto maior o valor da resistência à compressão, mais resistente é o material nas condições em que é ensaiado. A absorção de água por capilaridade é avaliada

através do coeficiente de absorção capilar de água. Este é determinado através do declive do troço inicial da curva de capilaridade². Essa curva apresenta geralmente um troço inicial recto, uma zona intermédia e outro troço que tende para a horizontal (quando a amostra a ser ensaiada está saturada e não absorve mais água). Representa a massa de água que é absorvida por ascensão capilar pela área em contacto com uma base com água, em função da raiz quadrada do tempo. O coeficiente de capilaridade traduz, assim, a absorção capilar do material em ensaio na sua fase mais representativa. Quanto maior o coeficiente, mais capilar é o material. Realizado com a base do material em contacto com água, no caso de argamassas de terra o ensaio tem de ser efectuado com procedimentos específicos para materiais de construção vulneráveis à água no estado líquido. A condutibilidade térmica traduz a resistência de um material, homogéneo em toda a sua espessura, à passagem do fluxo de calor. Quanto menor a condutibilidade térmica, mais isolante é o material (menos quantidade de calor o consegue atravessar).

A resistência à compressão mínima de uma argamassa industrial para reboco é, assim, 0,4 N/mm² (classe CS1 da Tabela 1). Isto corresponde a uma força de aproximadamente 4 kg exercida numa área de 1 cm². O coeficiente de capilaridade é particularmente importante para argamassas de drenagem (de sais) ou de renovação, enquanto a condutibilidade térmica interessa para argamassas para rebocos térmicos. Cada argamassa endurecida, para ser classificada em determinado tipo e classe, tem de apresentar o desempenho definido na respectiva norma.

Por exemplo, uma argamassa da categoria CS I – Wc₀ de uso geral para aplicação no reboco de uma parede interior tem de apresentar o seu valor declarado de massa volúmica, resistência à compressão mínima de 0,4 N/mm², tensão de aderência não inferior ao valor declarado e qual o seu tipo de rotura.

No entanto, ao pensar-se numa argamassa de reboco, a resistência à compressão não será, na maior parte dos casos, a característica mecâni-

² Curva de capilaridade – A capilaridade é a capacidade evidenciada pelos materiais de absorverem ascensionalmente água na sua estrutura porosa. A curva de capilaridade representa a variação da quantidade de água absorvida pela área de contacto, em função da raiz quadrada do tempo.

ca fundamental, uma vez que a compressão não é a acção a que estas argamassas mais são solicitadas. Talvez seja a capacidade de aderência ao suporte, para o reboco se manter aderido, ou a resistência à tracção, para cada camada do reboco não fendilhar de forma que coloque em causa a sua função no sistema. Nenhuma destas propriedades está directamente limitada para atribuição das classes das argamassas – apenas indirectamente pela resistência à compressão.

Por outro lado, se a argamassa for para aplicação na reparação ou num reboco de substituição, a sua permeabilidade ao vapor de água (ou capacidade de difusão de vapor ou de secagem da humidade) será fundamental para garantir a compatibilidade e um bom funcionamento do conjunto parede-revestimento. Com efeito, a água que acede a uma parede, por exemplo por ascensão capilar a partir do terreno, ou o vapor de água gerado no interior dos edifícios, não devem encontrar bloqueios junto à superfície da parede. Se tal suceder (existir um revestimento que produza uma barreira), a humidade, na forma de vapor, concentra-se na face interior dessa barreira, causando danos nessa espessura da parede. Também essa propriedade de difusão de vapor não está directamente contemplada na Tabela 1.

Para além do exposto acima, as especificações e requisitos de desempenho de argamassas para reboco à base de cal aérea ou terra encontram alguma dificuldade para se enquadrarem nas classificações da norma NP EN 998-1 (IPQ, 2017). Tal situação deve-se não só aos valores apresentados mas, desde logo, aos procedimentos de amassadura e períodos de cura dos provetes (amostras ou corpos de prova para serem ensaiados) que, para optimização dessas argamassas, são distintos das argamassas industriais mais correntes, com base em cimento. Por exemplo, enquanto os ensaios aos provetes de uma argamassa de cimento são realizados aos 28 dias de idade, uma argamassa de cal aérea com essa mesma idade está ainda a adquirir capacidades (reagindo por carbonatação) e está longe de apresentar as suas características plenas, que vão aumentando ao longo do tempo, durante alguns meses ou anos, dependendo das condições ambientais.

A *International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* (RILEM) tem, desde 2017, uma comissão técnica (TC 277 LHS) que trabalha no sentido de definir especificações para ensaio e avaliação de argamassas à base de cal aérea. A RILEM tem,

desde 2016, outra comissão técnica (TC 274 TCE) que pretende definir procedimentos de ensaio padronizados para a caracterização de materiais de construção com base em terra, mas que por enquanto não inclui os rebocos de terra. Assim, particularmente para o caso dos rebocos de terra, é urgente trabalhar, a nível nacional e internacional (eventualmente a nível europeu) para o estabelecimento de norma de especificações e requisitos de desempenho. Por enquanto apenas se tem conhecimento da norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013) (ver secção 5.2.).

1.5. Contexto construtivo das argamassas de reboco

Em Portugal, os rebocos exteriores de edifícios antigos, mesmo os que têm paredes de terra, foram geralmente constituídos por argamassas de cal aérea, ou de cal com adição de terra, com acabamento por caiação. Em paredes de alvenaria de pedra irregular argamassada foram geralmente aplicados rebocos de cal aérea, eventualmente também com terra. Por vezes, a terra fazia também parte da constituição das argamassas de assentamento das próprias alvenarias.

No caso das alvenarias de adobe existiram muitas variantes. Usualmente, no caso de adobes não estabilizados (ou seja, sem adição de cal aérea na sua composição) eram utilizadas, para o assentamento das alvenarias, argamassas com base na mesma terra que constituía os adobes. Nesses casos, geralmente, o reboco do interior do edifício era de argamassas só de terra e a cal era apenas usada para as argamassas do reboco exterior. Noutros casos, mesmo adobes não estabilizados eram assentes com recurso a argamassa de cal aérea, por vezes também com adição de terra. Nesses casos, usualmente o mesmo tipo de argamassa de cal (e terra) era utilizado para os rebocos. A camada de base era realizada com argamassa de cal e terra e por vezes a argamassa de acabamento, mais delgada, era então só de cal e areia. Em casos de adobes de cal aérea, como os da região de Aveiro (também designados de “adobos”, realizados maioritariamente com cal e areia ou terra arenosa, e distintos dos adobes de terra argilosa), o assentamento e o reboco era sempre feito com argamassas à base de cal aérea. Originalmente, as alvenarias de adobe eram sempre revestidas: pelo exterior, porque era imprescindível uma protecção à chuva e à erosão; pelo interior eram

também revestidas, por um lado, para protecção contra impactos, dada a fragilidade dos adobes mas, principalmente, por razões estéticas e de salubridade.

No caso das paredes de taipa, por vezes não se aplicava reboco. E quando se aplicava, nem sempre era logo a seguir à execução das paredes. Para garantir uma boa aderência da argamassa de reboco à parede de taipa geralmente deixava-se a parede exposta à intempérie, no mínimo um ano, para possibilitar a “lavagem” das partículas mais finas da superfície da taipa. Dessa forma a parede de taipa adquiria alguma rugosidade, um factor importante para a adequada aderência da argamassa de reboco. Por outro lado, isso também resultava num desfasamento de despesas com a obra, que por vezes era benéfico para o proprietário. Como a resistência da taipa à intempérie era maior que a da alvenaria de adobe, alguns edifícios de taipa podiam não receber qualquer revestimento, pelo menos enquanto a parede não apresentasse grande degradação. Podiam até nunca ser rebocados. Isso dependeria da exposição das suas paredes e da durabilidade da própria taipa. Os edifícios podiam também só ser revestidos com reboco caiado nas paredes de fachada, ou só receber uma caiação directa sobre a taipa (Figura 12), ou mesmo só ter a caiação em algumas zonas da fachada, por exemplo na moldura de vãos e socos.



Figura 12 – Paredes de taipa com caiação directamente aplicada. Beja.

Enquanto no passado se procurava revestir as paredes constituídas por materiais “menos nobres” (como a terra ou a pedra irregular argamassada) para as proteger mas também para esconder a sua constituição, assim como revestir os rebocos de terra, pelos mesmos motivos, na actualidade, em muito casos parece pretender-se atingir precisamente o contrário. Principalmente no caso da construção com terra, muitas vezes procura-se deixar à vista as paredes de terra, fundamentalmente por motivos estéticos, o que nem sempre é benéfico para a sua durabilidade.

No caso de uma parede de taipa nova, deixada sem revestimento pelo exterior, o ideal é que fique definido em projecto (e acordado com o dono de obra) a necessidade de se acompanhar o seu estado e que, também em projecto, esteja definida a necessidade de vir a ser rebocada (por um reboco compatível, adequado) quando o seu estado superficial assim o indicar³. Obviamente essa necessidade pode até demorar muito a ocorrer, por exemplo em paredes que estejam bem protegidas, por beirais ou alpendres, ou com uma exposição não muito agressiva, face a outras mais expostas, ou cuja taipa não seja muito resistente. No fundo, no limite deve-se definir em projecto a aplicação do reboco como uma actividade de manutenção preventiva ou corrente.

Outra situação é o caso de uma parede de taipa que durante décadas (ou séculos) se encontrou rebocada pelo seu interior. Ao ser eliminado esse reboco para que a parede (ou um troço desta) passe a estar à vista, a taipa deixa de ter a protecção do reboco e de estar protegida face a oscilações higrométricas que ocorrem no ambiente interior. O mais provável é que a parede antiga contenha sais no seu interior. Com as oscilações de humidade que passam a ocorrer na superfície da taipa, e que antes ocorriam principalmente no reboco, passa a haver mais solicitações na parte superficial da taipa, por tensões criadas pelos ciclos sucessivos de dissolução e cristalização dos sais por acção da humidade. É provável que, a médio prazo, essa camada superficial da taipa vá perdendo coesão, ficando friável e acabe por se desagregar. Por vezes, para tentar evitar essa situação, aplicam-se produtos consolidantes na superfície da taipa que passou a estar à vista.

³ A legislação vigente carece, naturalmente, de alguma adaptação de modo a contemplar este tipo de operações para além da designada fase de construção.

No entanto, há que assegurar a compatibilidade desses produtos com a taipa e para o fim em vista. O pior que pode suceder é que os tratamentos efectuados alterem de tal modo o funcionamento da superfície da taipa (por exemplo, bloqueando a migração de humidade do seu interior e a sua evaporação) que a espessura tratada acaba por se destacar da própria parede, com a inerente deterioração da parede. Ambos os casos são situações que devem ser devidamente analisadas, antes de serem tomadas decisões no projecto de construção nova ou de reabilitação.

Quando, na actualidade, a opção é por rebocos de terra, pretende-se que eles fiquem à vista, como reboco interior de paredes ou exterior em zonas protegidas – ou, pelo menos, sem exposição muito agressiva face à água. Uma das razões é o seu aspecto estético e as cores que podem ser, naturalmente, obtidas. Mas existem outras razões, mais técnicas, detalhadas no capítulo 2.

2

Especificidades e requisitos de rebocos de terra

2.1. Especificidades dos rebocos de terra

Tal como já referido no capítulo 1., os rebocos de terra distinguem-se dos restantes sistemas de reboco fundamentalmente devido à utilização da terra como aglomerante das argamassas. Contrariamente aos rebocos realizados com recurso a ligantes minerais, que se caracterizam por terem um processo de endurecimento (cura, presa) baseado em reacções químicas (reacção de carbonatação no caso das cais aéreas, reacção hidráulica nos casos dos cimentos), os rebocos de terra (sem estabilização química por adição de ligante) apresentam um processo de endurecimento apenas associado à secagem das partículas de água presentes entre as lamelas dos minerais argilosos contidos na terra utilizada. Esta particularidade do processo de endurecimento dos rebocos de terra – ser um processo apenas de secagem – é simultaneamente responsável pela maioria das suas vantagens construtivas, assim como por grande parte das suas principais fragilidades.

2.1.1. Vulnerabilidade à água no estado líquido

A terra, enquanto material aglomerante da argamassa, apresenta uma grande susceptibilidade de degradação por acção da água, em particular por contacto com a água no estado líquido. Quando se mistura água a uma terra argilosa tem início o processo de hidratação das partículas de argila. A partir de um determinado estado de hidratação a terra ganha plasticidade, devido à acção lubrificante que a água exerce

nas partículas lamelares de argila. A plasticidade adquirida pela terra é proporcional à quantidade de água misturada, possibilitando, a partir de determinada quantidade, a sua moldagem. No caso da formulação de uma argamassa de reboco, possibilitando a sua amassadura conjuntamente com outros materiais, como por exemplo areia ou fibras naturais, e posterior aplicação.

No caso de um reboco de terra, após a amassadura e a aplicação da argamassa na parede, o reboco inicia o processo de secagem. Este é responsável pelo seu endurecimento, devido à eliminação das partículas de água de entre as lamelas de argila, que assim perdem a capacidade de se deslocarem. É esta capacidade que as partículas de argila têm – de endurecerem apenas por secagem – que possibilita a utilização da terra no estado “cru”, ou seja, tal como a natureza a disponibiliza, sem necessidade de recurso a processos prévios de cozedura (tratamento térmico), ao contrário do que acontece com os ligantes minerais, como o gesso, as cais aéreas, as cais com propriedades hidráulicas e os cimentos.

No entanto, é esta associação do endurecimento apenas ao processo de secagem que é também responsável pela elevada vulnerabilidade deste tipo de revestimentos em relação à presença de água no estado líquido. Quando um reboco de terra, depois de aplicado e endurecido, é exposto ao contacto com água, volta a ocorrer o processo de hidratação das partículas de argila. A partir de um determinado estado de hidratação o reboco adquire novamente plasticidade e, conseqüentemente, perde a solidez adquirida com a secagem. Desta situação pode resultar a deformação do revestimento ou mesmo o seu destacamento do paramento onde foi aplicado.

Outro fenómeno associado, particularmente importante, ocorre quando a água no estado líquido tem possibilidade de escorrer sobre a superfície do revestimento (Figura 13). A partir de determinada quantidade de água e velocidade de escoamento pode ocorrer, sobre a superfície do reboco, um efeito de erosão rápido e significativo, que comprometerá certamente a durabilidade do revestimento – o reboco de terra é “lavado”.

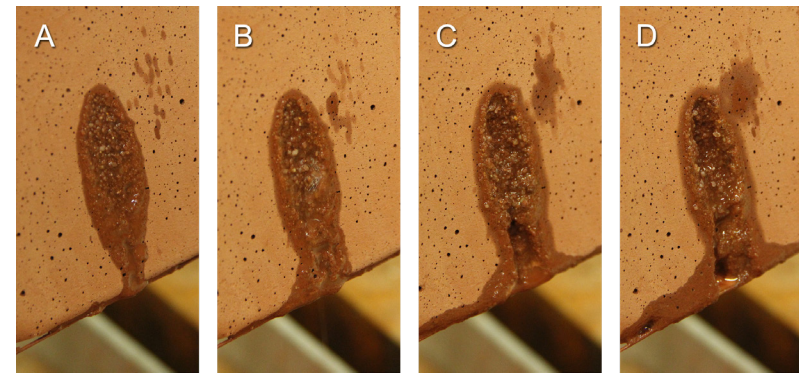


Figura 13 – Sequência da degradação de um reboco de terra, não estabilizado, no ensaio de erosão por gotejamento.

2.1.2. Possibilidade de reparação e reutilização

A vulnerabilidade à água referida na secção anterior é, simultaneamente, o factor que confere à terra uma outra característica muito importante, que é a possibilidade de reutilização sucessiva enquanto material construtivo, requerendo para tal apenas moagem ou trituração, nova mistura com água e nova amassadura. Esta característica da terra contribui, de forma determinante, para a eco-eficiência da sua utilização enquanto material construtivo (Melià *et al.*, 2014). Por exemplo, a terra de uma parede de taipa não estabilizada pode, no final da sua vida útil, ser totalmente reutilizada para a construção de uma nova parede (Gomes *et al.*, 2014) ou, após peneiração para remoção dos agregados grosseiros, servir como matéria-prima para a execução de uma argamassa de terra (Gomes *et al.*, 2018).

Ao longo da sua vida útil, um reboco de terra não estabilizado pode, assim, ser facilmente reparado em caso de destacamento, fissuração ou impacto, bastando humedecer a superfície e proceder à reparação necessária. Inclusivamente, em certos casos, poderá ser utilizado na reparação o material original destacado da parede. Se não for suficiente, este pode ser simplesmente misturado com a argamassa de terra de reparação. No final do ciclo de vida ou em qualquer altura pretendida, um reboco de terra pode facilmente ser removido da parede onde foi aplicado, bastando molhá-lo, e o material resultante pode ser totalmente reutilizado, por exemplo na formulação de um novo reboco.

Os rebocos de terra, não estabilizados e com acabamento “à vista”, permitem ainda alterar facilmente a sua textura superficial, possibilitando a modificação do aspecto estético ao longo da vida útil do reboco, o que pode contribuir para a longevidade da sua utilização. Para tal basta humedecer a superfície do reboco, que adquire novamente plasticidade, permitindo executar um novo acabamento superficial, mais rugoso ou mais liso, dependendo da técnica utilizada (ver secção 4.2.).

Para além disso, a energia incorporada no reboco de terra é sempre menor à de qualquer outro reboco formulado com ligantes correntes, que necessitam de tratamento térmico para a sua produção. Assim, a análise do ciclo de vida “do berço ao túmulo” ou *cradle to grave*⁴ de um reboco de terra é muito positiva comparativamente à de qualquer outro reboco. Mèlia (*et al.*, 2014) comparou diversas argamassas e demonstrou que a performance ambiental das argamassas de terra, produzidas com baixos recursos de energia, é significativamente melhor que a das argamassas convencionais. O impacto mais substancial dessas argamassas convencionais deriva do consumo de combustíveis fósseis, ou biomassa, e da conseqüente emissão de dióxido de carbono na produção dos ligantes. Por outro lado, a energia gasta no transporte é muito importante, pelo que se torna premente utilizar matéria-prima local para a formulação de rebocos de terra, para não anular alguns dos outros benefícios ambientais.

2.1.3. Capacidade de regulação termo-higrométrica

À semelhança de outros materiais porosos, uma argamassa de terra é um material higroscópico, isto é, tem a capacidade de captar, reter e libertar vapor de água presente no ambiente envolvente. Esta característica é avaliada através da quantidade de vapor de água⁵ que é captada (em ambiente húmido), ou libertada (em ambiente seco), pela superfície exposta do material, ao longo de um determinado período de tempo. O gráfico da Figura 14 apresenta as fases de adsorção⁶ e de de-

4 Análise que pretende englobar todo o ciclo de vida de um material, ou produto, desde a extracção da matéria-prima, transformação, aplicação, utilização, desconstrução e reutilização, e por fim a eventual destruição ou deposição em aterro.

5 Expressa em massa por unidade de área (g/m^2).

6 Adsorção é a designação do fenómeno de captura de moléculas de vapor de água no ambiente envolvente por parte de um material poroso que difere do fenómeno de apropriação de moléculas de água por contacto, designado “absorção”.

sadsorção de diferentes materiais, primeiro sujeitos a um ambiente húmido (entre as 0h e as 24h) e, em seguida, sujeitos a um ambiente seco (das 24h até às 48h).

No entanto, numa comparação com outros materiais de revestimento, como por exemplo revestimentos à base de gesso ou reboco de argamassa de cal aérea (Figura 14), todos sem acabamento por pintura, verifica-se que o reboco de terra apresenta higroscopicidade mesmo muito elevada. Esta característica do reboco de terra deve-se à grande capacidade dos minerais argilosos, presentes na terra, de adsorverem e libertarem partículas de vapor de água em função das variações de temperatura e humidade relativa do ambiente envolvente (Botelho-Costa, 2004).

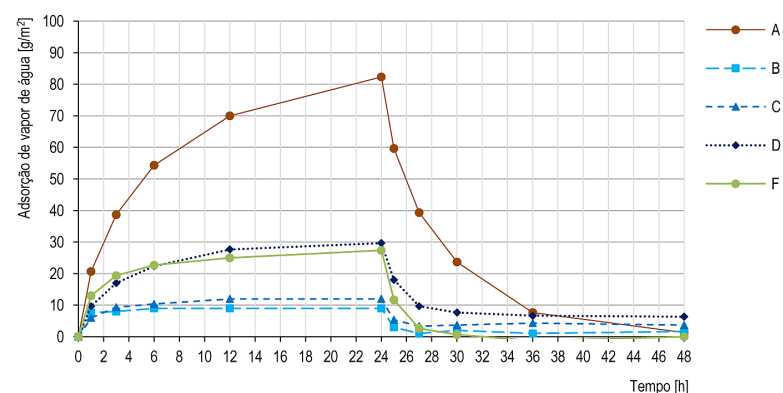


Figura 14 – Adsorção e desadsorção de vários materiais de revestimento.

- (A) Reboco de terra.
- (B) Estuque de gesso.
- (C) Reboco de cal aérea.
- (D) Reboco de cal hidráulica natural.
- (F) Placa de gesso cartonado.

Esta propriedade permite que os rebocos de terra, quando aplicados como revestimento dos paramentos interiores (Figura 15), actuem como reguladores passivos de humidade, contribuindo para o equilíbrio da humidade relativa no ambiente interior dos edifícios (Padfield, 1999; Minke, 2006; Maddison *et al.*, 2009).



Figura 15 – Sala, em obra contemporânea, com paramentos interiores revestidos com reboco de terra sobre alvenaria de tijolo e acabamento “à vista”. Olhão. Arquitetura: José Lima (OFICINA INTEGRADA). Execução: Joachim Reinecke (EMBARRO; com reboco “Embarro Universal”).

No entanto, nos casos em que o reboco de terra é acabado com recurso a outro material, por exemplo um barramento, uma pintura ou velatura, é necessário assegurar que o acabamento utilizado não impede a troca de vapor com o ambiente envolvente.

A regulação/equilíbrio da humidade relativa dos ambientes interiores é muito importante. Por um lado, favorece a percepção do conforto térmico, dado que uma humidade relativa elevada aumenta a condutibilidade térmica do ar e restringe a evaporação na pele, ampliando a sensação de desconforto associada à percepção de frio ou calor (Moret-Rodrigues *et al.*, 2009). Por outro lado, esta regulação contribui também para a salubridade do ar interior, mitigando os problemas de saúde do foro respiratório. Estes podem estar associados aos ambientes com humidade relativa elevada, onde prolifera o desenvolvimento de microrganismos responsáveis por infeções, alergias ou asma. No extremo oposto, podem também estar associados aos ambientes com humidade relativa reduzida, onde pode ocorrer a excessiva secagem das vias respiratórias, aumentando a probabilidade de inflamações (Arundel *et al.*, 1986; Minke, 2006; W.H.O., 2009). Paralelamente, a regulação passiva da humidade relativa, para além de contribuir para a preservação de outros materiais construtivos empregues nos edifícios, pode ainda contribuir para a economia da energia associada às necessidades de climatização e ventilação dos edifícios (Liuzzi *et al.*, 2013;

Liuzzi e Stefanizzi, 2016), reforçando assim os já mencionados aspectos de eco-eficiência dos rebocos de terra.

Os rebocos de terra podem ainda contribuir para a qualidade do ar interior, uma vez que os minerais argilosos podem actuar como acumuladores passivos de substâncias, como é o caso da diminuição das concentrações de ozono nos ambientes interiores. Desta forma, podem diminuir também a probabilidade de ocorrência de reacções do ozono com outros materiais constituintes do edifício, levando a menores concentrações de produtos sujeitos a oxidação, que poderão ser tóxicos e provocar irritação das membranas da mucosa e outros tecidos humanos (Lamble *et al.*, 2011; Darling *et al.*, 2012).

No entanto, salienta-se que estas características de higroscopicidade e de eventual captação de poluentes, para além de serem influenciadas pelos possíveis acabamentos aplicados aos rebocos, como anteriormente mencionado, variam também com a formulação das argamassas de terra (por exemplo, o tipo e teor de argila) e também com a espessura de argamassa aplicada. Rebocos de espessura corrente (1 a 2 cm) são eficazes para ciclos relativamente curtos de humidificação e secagem, como, por exemplo, os ciclos diários de utilização de uma habitação (McGregor *et al.*, 2017; Labat *et al.*, 2016). Rebocos de terra de espessura mais elevada apresentam maior capacidade higroscópica a longo prazo, que pode ser útil, por exemplo, para aplicações em locais com ciclos semanais de utilização, como seja um arquivo documental com acesso muito esporádico (Padfield, 1999).

2.2. Requisitos de desempenho dos rebocos de terra

Tal como referido na secção 1.4. e que se tenha conhecimento, apenas a norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013a) apresenta especificações e requisitos para rebocos com argamassas de terra não estabilizadas com ligantes inorgânicos para aplicação em paredes e tectos. Faria *et al.* (2016) apresentam uma súmula desses requisitos, aplicando-os a uma argamassa pré-doseada produzida e comercializada em Portugal⁷. Para além desta norma existe ainda a DIN 18946 (DIN, 2013b) que apresenta especificações

⁷ Argamassa pré-doseada para reboco designada “Embarro Universal”, produzida e comercializada pela empresa EMBARRO.

e requisitos mas para argamassas de terra para o assentamento de alvenarias. Ribeiro *et al.* (2016) apresentam uma súmula desses requisitos.

No que se refere às argamassas para rebocos de terra a DIN 18947 (DIN, 2013a) inclui a análise laboratorial das seguintes características no estado endurecido: retracção inicial, massa volúmica, resistência  compressão e  flexão, aderência ao suporte, resistência  difusão de vapor de água, condutibilidade térmica, eventual comportamento ao fogo, capacidade de adsorção de água, resistência  abrasão. No caso de se suspeitar da existência de sais que possam provocar degradação, a norma aconselha a realização de um ensaio para a determinação do teor de sais ao produto em p (a ser usado para a amassadura). Para a realização de grande parte dos ensaios de caracterização, a norma alemã remete para as diversas partes que constituem a norma europeia EN 1015 – Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria (partes 1 a 12).

Previamente à realização dos ensaios,  necessário preparar provetes que representem as argamassas em análise. A norma DIN 18947 (DIN, 2013a) define a forma como as amassaduras devem ser realizadas, a consistência por espalhamento, a massa volúmica mínima que as argamassas devem ter no estado fresco e como deve decorrer a preparação dos provetes. Os provetes de argamassa para ensaios de caracterização são geralmente prismáticos com comprimento de 160 mm e secção de 40 mm x 40 mm (Figura 16-A), constituídos por uma camada de argamassa simulando um reboco de 15-20 mm de espessura sobre um suporte, por exemplo de tijolo furado com dimensões aproximadas de 20 cm x 30 cm (Figura 16-B) e por uma camada de argamassa também simulando um reboco com 15 mm de espessura mas forrando um molde metlico com dimensões superficiais de 20 cm x 50 cm (Figura 16-C).

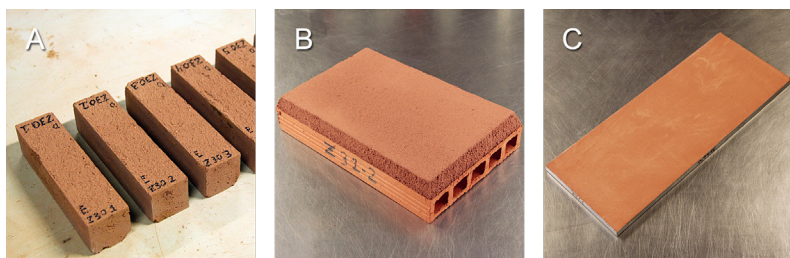


Figura 16 – Provetes de argamassa de terra para ensaios.
(A) Prismáticos, 40 mm x 40 mm x 160 mm.
(B) De reboco sobre tijolo furado, com 20 cm x 30cm.
(C) De reboco em molde metlico, 20 cm x 50 cm.

A norma DIN 18947 (DIN, 2013a) define classes para as argamassas em função dos resultados de caracterização obtidos: oito classes para a massa volúmica, duas classes para as resistências ( compressão,  flexão, ao arrancamento e  abrasão a seco) e três classes para a adsorção de vapor de gua. Relativamente ao comportamento mecânico, a Tabela 2 apresenta as duas classes em que as argamassas para rebocos de terra podem ser classificadas.

Tabela 2 – Classes de comportamento mecânico de argamassas não estabilizadas com ligantes para rebocos de terra (com base em DIN, 2013a).

Classe [unidade]	Rc [N/mm ²]	Rt [N/mm ²]	Rar [N/mm ²]	PMab [g]
S I	≥ 1,0	≥ 0,3	≥ 0,05	≤ 1,5
S II	≥ 1,5	≥ 0,7	≥ 0,10	≤ 0,7

Rc – Resistência  compressão, Rt – Resistência  tracção,
Rar – Resistência ao arrancamento, PMab – Perda de massa por abrasão

O ensaio de resistência  compressão realiza-se tal como referido anteriormente na secção 1.4. O ensaio de resistência  tracção por flexão realiza-se por flexão de provetes prismáticos de argamassa, apoiados em suportes distanciados de 100 mm e flectidos a meio-vo por uma carga (ensaio de flexão por três pontos; Figura 17-A). Para determinação da resistência ao arrancamento são traccionados pequenos provetes de argamassa cortados no reboco aplicado sobre uma superfície simulando uma parede (provetes de argamassa sobre tijolo, por exemplo) de forma a registar a carga necessária para vencer a aderência ao suporte (Figura 17-B). A resistência  abrasão é avaliada através da perda de massa que ocorre quando a superfície do reboco sofre abrasão por 20 voltas dadas por uma escova de dureza definida, com uma carga também definida (Figura 17-C).



Figura 17 – Ensaios de resistência de argamassas de terra.
 (A) À tracção por flexão.
 (B) Ao arrancamento.
 (C) À abrasão.

Por exemplo, uma argamassa da classe de resistência mais elevada definida (SII) tem de apresentar, no estado endurecido, uma massa volúmica mínima de $0,81 \text{ kg/dm}^3$ (valor mais baixo definido pela norma DIN), resistência à compressão não inferior a $1,5 \text{ N/mm}^2$ (embora não interessem argamassas demasiado resistentes à compressão pois serão pouco deformáveis), resistência à flexão mínima de $0,7 \text{ N/mm}^2$, resistência ao arrancamento não inferior a $0,1 \text{ N/mm}^2$ e perda por abrasão máxima de $0,7 \text{ g}$.

A única destas características que está presente na NP EN 998-1 (IPQ, 2017) é a resistência à compressão. Verifica-se que uma argamassa de terra que tenha valor declarado de resistência à compressão inferior a $1,0 \text{ N/mm}^2$ mas superior a $0,4 \text{ N/mm}^2$ cumpre o respectivo requisito mínimo para ser classificada como CS I segundo a norma para argamassas para rebocos (IPQ, 2017), embora não possa ser classificada na classe S I (mais baixa) das argamassas de terra segundo a norma DIN.

Relativamente à capacidade higroscópica, a norma DIN 18947 (DIN 2013a) classifica as argamassas de reboco em três classes, através de um ensaio. Nesse ensaio, provetes de reboco estabilizados a 50% de humidade relativa são colocados com uma única face livre com $1\,000 \text{ cm}^2$ em contacto com o ambiente a 80% de humidade relativa. O seu acréscimo de massa (correspondente à humidade adsorvida) vai sendo avaliado ao longo do tempo. A Figura 18 apresenta os limites mínimos de adsorção (em acréscimo de massa por área exposta), a cada instante de pesagem (ao fim de 30 minutos, uma hora, três horas, seis horas e 12 horas a 80% de humidade relativa) que as argamassas têm de apresentar, para serem classificadas em cada classe WS I, WS II e WS III de adsorção crescente.

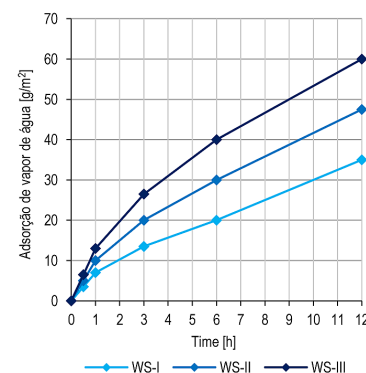


Figura 18 – Classes de adsorção de vapor de acordo com a norma DIN 18947 (DIN 2013a).

Relativamente à permeabilidade ao vapor de água, a norma alemã considera as argamassas de terra bastante permeáveis, com resistência à difusão do vapor de água (μ) entre 5 e 10, sem ser necessária a realização de nenhum ensaio. Por exemplo placas de gesso cartonado, que são reconhecidas como bastante permeáveis ao vapor de água, apresentam valores de μ entre 4 e 9 (Richter e Stanek, 2016).

Na norma DIN 18947 (DIN, 2013a) os requisitos não são diferenciados face a diferentes aplicações que as argamassas de reboco possam ter. No entanto, as características definidas tornam-nas compatíveis mesmo até com paredes de baixa-média resistência mecânica, o que as torna fortes candidatas para aplicações em conservação e reabilitação, para além de em obra nova.

Salienta-se que, atendendo à vulnerabilidade da terra quando em contacto com a água no estado líquido (ver secção 2.1.1.), é desaconselhada a aplicação de rebocos de argamassa de terra sem estabilização química (adição de ligantes, ver secção 3.1.4.) como revestimento de paramentos exteriores directamente expostos à intempérie. A aplicação de rebocos de terra é mais recomendada para o revestimento de paramentos interiores, com vantagem para a saúde e conforto dos utilizadores dos edifícios (ver secção 2.1.3.). Mesmo em aplicações interiores, deverá ser evitado o revestimento de paramentos sujeitos ao contacto directo com água com rebocos de terra não estabilizada, situação que, a existir, exige que o reboco seja protegido com um acabamento adequado (ver capítulo 4.).

3

Materiais constituintes e métodos de aplicação

3.1. Materiais constituintes dos rebocos de terra

3.1.1. As terras

Como mencionado anteriormente, no que respeita aos materiais constituintes, os rebocos de terra distinguem-se dos restantes sistemas de reboco fundamentalmente devido à utilização da terra argilosa como aglomerante das argamassas. A terra assume por isso um papel determinante nas características das argamassas de terra, influenciando significativamente o desempenho deste tipo de rebocos.

As terras argilosas, susceptíveis de serem utilizadas na construção, encontram-se disponíveis na natureza em diversas regiões do globo. Constituem um vasto recurso natural, sendo por isso um material de construção acessível e económico. No entanto, as terras extraídas da natureza não são um material padronizado, podendo a sua composição variar significativamente de região para região, ou mesmo entre locais da mesma região. Por isso, a sua aplicação na execução de argamassas para reboco carece de um controlo prévio das suas características e, se necessário, da sua correcção. Esta pode ser feita através da mistura com outras terras, com características complementares, ou por meio da adição de agregados (fundamentalmente areias) de granulometria adequada, de fibras vegetais ou animais, ou ainda da adição de estabilizantes ou adjuvantes (ver secções seguintes).

A terra é uma mistura que se encontra disponível na natureza, podendo também ser designada por solo. É composta maioritariamente por matéria mineral sólida. No entanto, também contém água (humidade) e ar, e até determinada profundidade pode ainda apresentar matéria orgânica. Esta deve ser excluída quando a terra é utilizada como material construtivo. A componente mineral sólida da terra, apta para fins construtivos, pode incluir, em proporções variáveis, diferentes tipos de argilas, siltes⁸, areias, e também pedras de pequena dimensão, como as gravilhas e os cascalhos (Figura 19). Assim, para a utilização da terra na construção, nomeadamente para a execução de argamassas para reboco, é importante conhecer a proporção e o tipo dos seus constituintes, uma vez que deles depende grande parte das características deste tipo de argamassas.

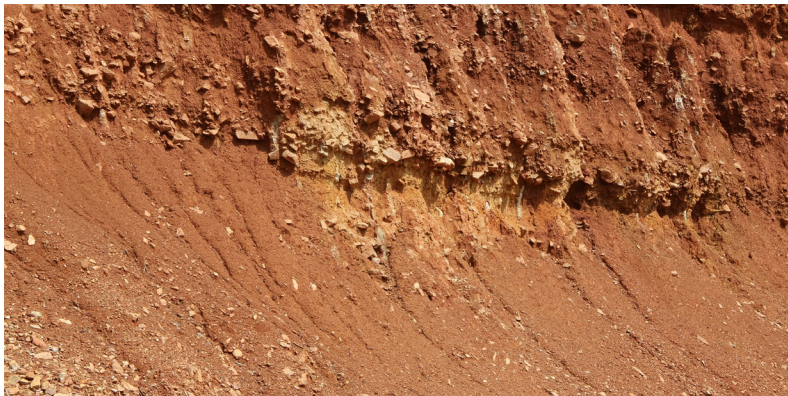


Figura 19 – Vertente de solo argiloso com agregados de granulometria diversificada. Monte Clérigo, Aljezur.

As argilas são a parte mais activa da fracção mineral sólida da terra, com partículas de mais pequena granulometria. Apresentam elevada superfície específica⁹, significativa capacidade de retenção de água e características aglomerantes, tendo grande influência nas propriedades físicas da terra enquanto material construtivo.

8 Siltes – agregados minerais finos, cuja granulometria se situa entre as areias e as argilas (por exemplo, areias muito finas).

9 Superfície específica – área total da superfície de um material; no caso de um material granular, corresponde ao somatório das áreas da superfície de todos os grãos do material.

As diferentes argilas são compostas por proporções variáveis de diferentes minerais, os quais são «essencialmente silicatos de alumínio hidratados, com magnésio ou ferro substituindo total ou parcialmente o alumínio em alguns minerais e que, em alguns casos, incluem elementos alcalinos ou alcalino-terrosos como constituintes essenciais» (Botelho-Costa, 2004).

Os minerais de argila são formados por lâminas sobrepostas, de fina espessura, pelo que as partículas de minerais de argila são em geral planiformes. As lâminas são construídas por unidades estruturais de cristais, sendo cada unidade em geral formada pela ligação de duas a três camadas de sílica e alumina, dependendo do tipo de mineral argiloso.

Usualmente, as argilas presentes em diferentes terras apresentam composições muito variadas, com diferentes proporções de minerais argilosos. Contudo, os minerais argilosos mais frequentes nos solos pertencem fundamentalmente a três grupos, nomeadamente os grupos da caulinite, da montmorilonite e da ilite (Figura 20), os quais apresentam características relativamente distintas (Botelho-Costa, 2004).

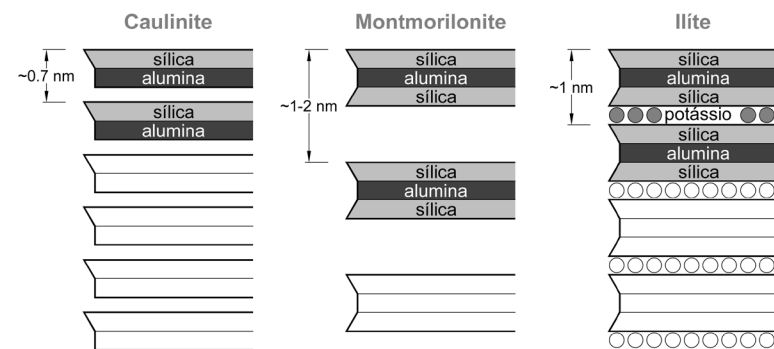


Figura 20 – Esquema da constituição dos minerais argilosos dos grupos da caulinite, montmorilonite e ilite.

Os minerais do grupo da caulinite são compostos por lâminas formadas pela conjugação de uma camada de sílica com uma única camada de alumina. Apresentam uma união relativamente forte entre camadas, que dificulta a penetração de partículas de água para o espaço intersticial entre lâminas. Caracterizam-se, por isso, por ter reduzida capacidade de retenção de água e baixa expansibilidade quando humedecidos e, conseqüentemente, baixa retracção ao secarem. Têm pouca capacidade aglomerante, tornando-se plásticos (moldáveis) com teor de humidade relativamente baixo.

As lâminas dos minerais do grupo da montmorilonite são formadas pela conjugação de duas camadas de sílica intermediadas por uma camada de alumina. Apresentam união relativamente fraca, quando comparada com a do grupo da caulinite, facilitando a penetração de partículas de água entre lâminas. Caracterizam-se por terem grande capacidade de retenção de água e elevada expansibilidade quando humedecidos e, consequentemente, elevada retracção ao secarem. Têm elevada capacidade aglomerante, requerendo um teor de água elevado para serem moldados.

Tal como os minerais do grupo da montmorilonite, os minerais do grupo da illite também apresentam lâminas formadas pela conjugação de duas camadas de sílica intermediadas por uma camada de alumina. No entanto, a ligação entre lâminas é conseguida através de iões de potássio, que fazem parte da malha cristalina do mineral, resultando uma estrutura pouco expansível quando humedecida. Estes minerais argilosos apresentam, assim, uma apreciável capacidade de retenção de água, embora com baixa expansibilidade quando humedecidos, o que promove reduzida retracção na fase de secagem. Têm significativa capacidade aglomerante, requerendo um teor de água relativamente elevado para adquirirem plasticidade (Botelho-Costa, 2004).

Assim, as características de determinada terra dependerão do tipo de minerais argilosos presentes na sua composição, e da sua proporção em relação aos restantes constituintes, como os siltes e as areias. Terras com o mesmo teor global de minerais argilosos, mas com composições distintas, apresentaram propriedades também distintas, derivadas das propriedades dos minerais argilosos predominantes. Por exemplo, terras caulínicas apresentam pouca capacidade aglomerante e retracção reduzida, enquanto terras onde predomine a montmorilonite apresentam grande capacidade aglomerante mas, infelizmente, elevada retracção. Por outro lado, terras com semelhante composição de minerais argilosos, apresentam características proporcionais à concentração desses minerais: quanto maior a concentração de minerais argilosos maior será a capacidade aglomerante e maior será, também, a retracção.

As areias e os siltes que estão naturalmente presentes nas terras actuam essencialmente como agregados aglomerados pelos minerais argilosos, influenciando a massa, o volume e a resistência mecânica do material terra. A sua distribuição granulométrica, forma e composição foram determinadas pela rocha de base e pelos processos de meteori-

zação que os originaram. O tipo, forma, quantidade e proporção relativa de siltes e areias, presentes em determinada terra, influenciam as características que essa terra vai apresentar quando utilizada como material de construção, podendo suavizar ou enfatizar as propriedades dos minerais argilosos presentes. Por exemplo, o teor elevado de siltes numa terra caulínica tende a agravar a falta de capacidade aglomerante do caulino, sendo por isso prejudicial para a aplicação em argamassas. Já o teor elevado de areias numa terra com predominância da montmorilonite tende a minimizar a elevada retracção deste mineral.

Quando as terras são utilizadas para a execução de argamassas de reboco os agregados de maiores dimensões, gravilhas e cascalhos também naturalmente presentes, devem ser rejeitados por peneiração, para que a sua elevada granulometria não prejudique a execução da camada, ou camadas, de reboco que constituem o revestimento.

Para além dos aspectos já mencionados, as terras argilosas desempenham também um papel importante na componente estética dos rebocos de terra, uma vez que são responsáveis por grande parte do cromatismo que este tipo de revestimentos apresenta. Embora nas argamassas de terra para reboco as areias e os siltes (adicionados ou naturalmente presentes na terra), sejam os componentes maioritários, podendo ocupar mais de 80% do volume da mistura, não são, contudo, os principais responsáveis pela coloração das argamassas. As argilas, e principalmente outros elementos químicos, naturalmente presentes nas terras, assumem um papel fundamental na coloração das argamassas (Figura 21) devido à elevada superfície específica e capacidade cromófora¹⁰.

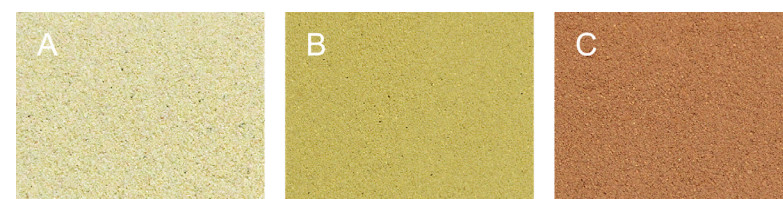


Figura 21 – Amostras de rebocos formulados com diferentes terras.
(A) Terra caulínica de Barqueiros, Esposende.
(B) Terra bentonítica de Serra de Dentro, Porto Santo.
(C) Terra ílítica de Julião, Tavira.

¹⁰ Minerais cromóforos – minerais que têm capacidade de reflectir energia na gama do visível do espectro electromagnético.

No seu estado mais puro, os minerais argilosos predominantes nas terras apresentam cores claras, próximas do branco: a caulinite tende para tons amarelo claro; a ilite para tons cinzas claros; enquanto que a montmorilonite pode variar entre tons verdes e azuis claros. Assim, as terras argilosas mais claras caracterizam-se por uma maior concentração de minerais argilosos puros e uma menor presença de outros compostos químicos (Botelho-Costa, 2004).

Em contrapartida, terras argilosas com maior coloração apresentam maior concentração de outros elementos químicos. As terras com colorações entre o ocre amarelo e o ocre vermelho (Figura 22) contêm fundamentalmente hidróxidos e óxidos cromóforos de ferro, em especial goethita e hematita, respectivamente. Quando a terra apresenta uma coloração acastanhada, sem a presença de matéria orgânica, esta pode dever-se à concentração de óxidos de magnésio ou minerais argilosos de esmectite. As origens geológicas destes elementos químicos, responsáveis pela coloração das terras argilosas, pode residir no processo de meteorização de rochas calcárias, magnesianas ou xistosas, ou ainda na decomposição de minério de ferro presente no solo (Gil, 2009).



Figura 22 – Vertente de solo argiloso com estratos de diferentes cores. Olhos de Água, Albufeira.

3.1.2. As areias

Na maioria dos casos, a natureza não disponibiliza terras com características adequadas para a utilização como material exclusivo na execução de argamassas para reboco. É por isso comum formular argamassas de terra para rebocos com base em determinada terra argilosa,

à qual se adicionam agregados que, tal como nas argamassas de ligantes convencionais, podem ser areias naturais ou artificiais. À semelhança do anteriormente mencionado, relativo às areias e siltes naturalmente presentes nas terras, também os agregados adicionados na formulação de argamassas de terra vão suavizar ou enfatizar as propriedades da terra utilizada. Dependendo da quantidade adicionada, da distribuição granulométrica, da forma granular e composição, os agregados adicionados vão influenciar as características da argamassa no estado fresco e no estado endurecido, após aplicação e secagem do reboco.

Numa argamassa, formulada com determinada terra e determinada areia, o rácio (ou proporção) entre a quantidade de terra e a quantidade de areia presente na formulação de uma argamassa (também designado “traço”) influencia a sua consistência e trabalhabilidade no estado fresco (Figura 23) e, conseqüentemente, a facilidade ou dificuldade de aplicação do reboco. Considerando uma determinada terra e uma determinada areia, as argamassas formuladas com teor de terra mais elevado (baixa adição de areia) apresentam maior trabalhabilidade e aplicam-se mais facilmente, uma vez que aderem melhor ao suporte no momento da aplicação.



Figura 23 – Avaliação indirecta da trabalhabilidade de uma argamassa de terra no estado fresco através do ensaio de consistência por espalhamento.

(A) Zero impactos – início do ensaio.

(B) Oito impactos.

(C) 15 impactos – final do ensaio.

No entanto, nas argamassas com maior trabalhabilidade (teor de terra mais elevado), após a aplicação tende a ocorrer fissuração durante a fase de secagem e endurecimento do reboco. Caso a fissuração seja mínima é possível voltar a “apertar” o reboco, enquanto este ainda apresentar plasticidade (não estiver completamente seco), fechando assim as fissuras. No entanto, esta operação consome tempo e mão-de-obra e,

quando a fissuração é significativa, deixa de ser viável voltar a “apertar” o reboco. Após secagem a superfície do reboco pode apresentar elevado número de fissuras profundas. Pode mesmo ocorrer destacamento da parede quando as tensões superficiais, geradas pela retração da argamassa, superam a capacidade de aderência do reboco endurecido ao suporte.

É possível mitigar, ou mesmo anular, a retração das argamassas de terra através do incremento do teor de areia na formulação da argamassa, ou seja, pela diminuição do rácio terra-areia. A Figura 24 apresenta o resultado de um ensaio relativamente simples de realizar, mesmo em contexto de obra, quando se pretende aferir qual o rácio terra-areia adequado, para a formulação de argamassas de reboco com determinada terra e determinada areia, de modo a minimizar a ocorrência de fissuração durante a secagem e endurecimento do reboco. O ensaio consiste na execução de amostras de reboco formulados com argamassas com teores de areia crescentes, preferencialmente aplicados sobre um suporte semelhante ao da parede a rebocar. Após secagem pode observar-se a retração diferenciada, e decrescente, dos rebocos, em função do aumento do teor de areia. Assim é possível definir qual o teor de areia mínimo, em função do nível de fissuração que se considerar aceitável, de modo a optimizar a trabalhabilidade da argamassa.



Figura 24 – Amostras de rebocos formulados com terras distintas e teor de areia crescente da esquerda para a direita, apresentando retração diferenciada.

Na formulação de argamassas com o mesmo rácio terra-areia, a utilização de diferentes areias, com diferente distribuição granulométrica, para além de influenciar a trabalhabilidade das argamassas no estado fresco, influencia também as características do reboco endurecido. Num estado realizado por Lima *et al.* (2016b) com argamassas com base numa terra ílítica e três areias com granulometria distintas (Figura 25), foi observado que uma areia, de granulometria inferior, lavada (com reduzido teor de finos), produziu uma argamassa com pouca trabalhabilidade no estado fresco, e por isso, de difícil aplicação. Após secagem, o reboco endurecido realizado com esta argamassa apresentou resistência à abrasão muito inferior aos rebocos realizados com outras areias de granulometria intermédia, e superior, ambas não lavadas (Figura 26).

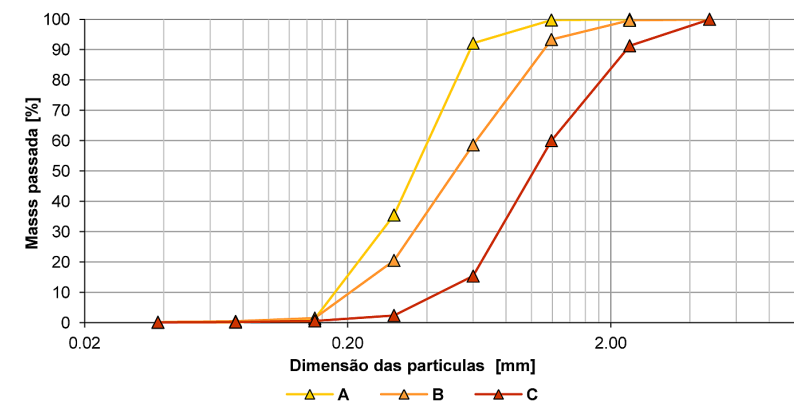


Figura 25 – Curvas granulométricas, adaptado de Lima *et al.* (2016b).

- (A) Areia de granulometria mais fina, lavada.
- (B) Areia de granulometria intermédia, não lavada.
- (C) Areia de granulometria mais grossa, não lavada.

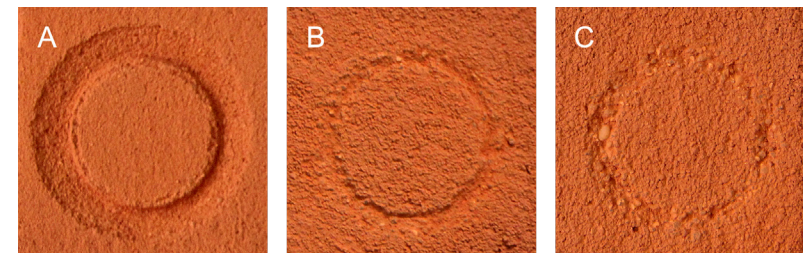


Figura 26 – Resistência à abrasão de rebocos formulados com a mesma proporção terra-areia, mas diferentes areias.

- (A) Areia de granulometria mais fina, lavada.
- (B) Areia de granulometria intermédia, não lavada.
- (C) Areia de granulometria mais grossa, não lavada.

A granulometria dos agregados pode ainda ter influência no aspecto estético dos rebocos, nomeadamente ao nível da rugosidade da superfície que, conseqüentemente, condiciona a textura física¹¹ observável. Naturalmente, areias finas, com agregados de coloração homogénea, permitem realizar superfícies de reboco com texturas suaves e pouco rugosas, ou mesmo quase lisas. Por outro lado, areias grossas, com agregados de coloração diversificada, promovem a ocorrência de texturas mais intensas e superfícies de reboco mais rugosas (Figura 27).

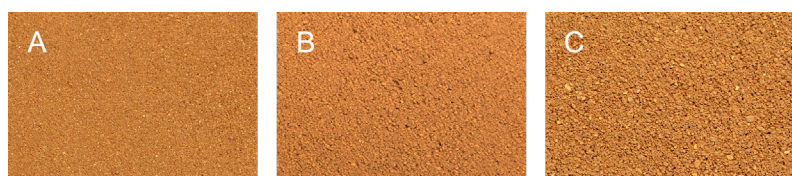


Figura 27 – Amostras de rebocos formulados com uma mesma terra e areias de granulometria distinta.

- (A) Com areia siliciosa fina.
 (B) Com areia siliciosa intermédia.
 (C) Com areia siliciosa grossa.

A cor da fracção fina dos agregados pode também influenciar o aspecto estético da superfície dos rebocos de terra, neste caso ao nível da cor da superfície. As partículas finas, ou siltes, devido à elevada superfície específica, têm maior influência do que as partículas grossas na componente cromática da argamassa. Assim, uma argamassa de terra formulada com uma areia lavada produzirá um reboco com uma tonalidade diferente da tonalidade obtida noutra argamassa que seja formulada com base da mesma areia sem lavagem (empregue tal como foi extraída do areeiro) (Figura 28).

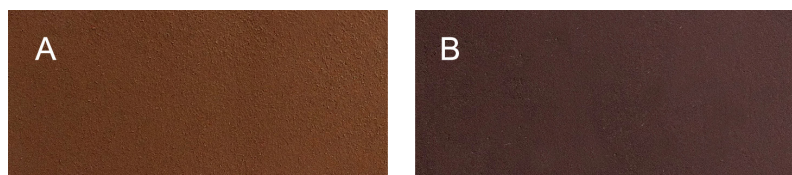


Figura 28 – Painéis de reboco formulados com terra de cor castanha escura, adaptado de Santos *et al.* (2017a).

- (A) Com uma areia siliciosa não lavada.
 (B) Com uma areia siliciosa lavada.

¹¹ Textura física – efeito visual das sombras geradas pela rugosidade de uma superfície sob uma determinada condição de iluminação.

3.1.3. A adição de fibras

Enquanto a terra argilosa e a areia são fundamentais para a constituição de uma argamassa de reboco, as fibras podem ser adicionadas ou não. Quando utilizadas, são usualmente adicionadas em quantidades relativamente reduzidas. Embora actualmente estejam disponíveis no mercado vários tipos de fibras artificiais para adição em argamassas, atendendo ao carácter ecológico dos rebocos de terra, será aqui abordado apenas a adição de fibras naturais, que podem ter origem animal ou vegetal (Figura 29). Estas últimas são predominantes na construção com terra em geral, e também na execução de argamassa de terra para reboco.

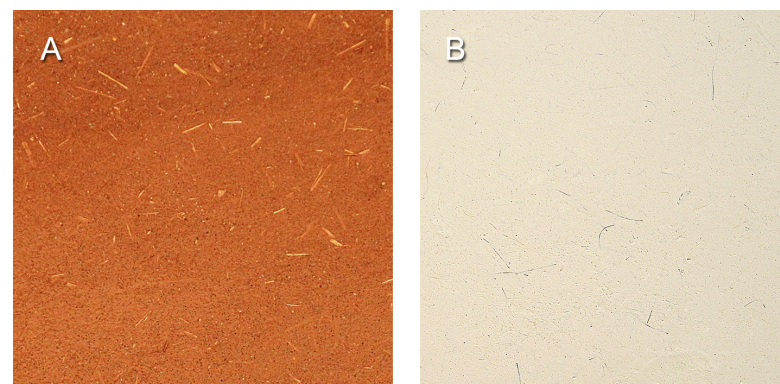


Figura 29 – Reboco de terra com adição de fibras naturais.

- (A) Palha de aveia.
 (B) Crina de cavalo.

As fibras animais, menos comuns na execução de argamassas de terra, têm origem fundamentalmente no pêlo ou lã de animais, como a crina de cavalo ou resíduos de lã de ovelha. As fibras vegetais, mais comuns para adição em argamassas de terra, podem ter origem muito variada, nomeadamente (Laborel-Préneron *et al.*, 2016):

- Resíduos da indústria agrícola (palha de trigo, cevada ou aveia);
- Caules de plantas (cânhamo, linho ou juta);
- Caule e espigas de plantas aquáticas (junco, tábua ou algas);
- Folha e frutos de plantas (sisal, palmeira ou coco);
- Resíduos da indústria têxtil (algodão ou linho);
- Resíduos de transformação de madeira (aparas de madeira, serradura).

A adição de fibras naturais em argamassa de terra para reboco pode ter vários objectivos, nomeadamente: reduzir a fissuração por retracção da argamassa na fase de secagem do reboco (eventualmente o objectivo mais usual); reduzir a massa volúmica do reboco e assim melhorar a aderência ao suporte e a capacidade de isolamento térmico e acústico; ou, simplesmente, enriquecer o aspecto estético da superfície do reboco.

Os vários tipos de fibras naturais mencionados apresentam propriedades muito distintas, nomeadamente em termos de comprimento, diâmetro, resistência à tracção, massa volúmica ou condutibilidade térmica. A selecção das fibras a adicionar deve, assim, considerar o objectivo pretendido e as propriedades de cada tipo de fibras naturais. Por exemplo, na redução da fissuração por retracção o comprimento e diâmetro das fibras desempenham um papel importante (conjuntamente com outros factores). No entanto, para a redução da massa volúmica já não são determinantes. A preparação prévia que as fibras necessitem, nomeadamente a necessidade de serem, ou não, cortadas antes de serem utilizadas como material de construção, também tem de ser tida em conta. Algumas fibras são utilizadas tal qual surgem (caso dos esporos de tábua) mas a maioria tem de ser cortada, geralmente em comprimentos máximos de 1-2 cm. A quantidade de fibras a adicionar deve também ser ponderada com especial atenção. A massa volúmica das fibras naturais, embora possa variar entre tipos de fibras, é usualmente bastante baixa, face ao seu volume. Daí que mesmo a utilização de reduzidas percentagens em massa corresponda sempre a volumes elevados, que podem dificultar a mistura da argamassa ou requerer o incremento da água de amassadura, o que, por causa da retracção, pode ser prejudicial para o desempenho do reboco (ver secção 3.1.6).

Salienta-se também que a optimização da formulação de argamassas é um processo complexo e com múltiplas variáveis interdependentes, em que a adição de um determinado tipo de fibras naturais é apenas uma das variáveis. Um exemplo desta interdependência pode observar-se na adição de fibras de espigas de tábua (*Typha latifolia* L.) (Figura 30), para a redução da fissuração por retracção, em que o incremento da quantidade de fibras adicionadas só contribui para o objectivo até determinado limite, a partir do qual se observa o efeito contrário. Esta situação ocorre em virtude de, com o incremento da quantidade de fibras, ser necessário incrementar também a quantidade de água para

realizar a amassadura, o que inevitavelmente aumenta a retracção da argamassa (Lima e Faria, 2016).

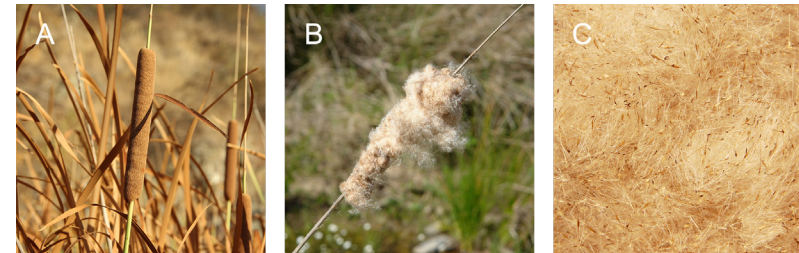


Figura 30 –Tábua (*Typha latifolia* L.), adaptado de Lima e Faria (2016).

(A) Espigas no final do ciclo vegetativo.

(B) Espiga em expansão libertando os esporos com componente feminina da semente.

(C) Aspecto das fibras dos esporos já expandidos.

Do ponto de vista estético a adição de fibras naturais pode ainda contribuir para a textura visual¹² dos rebocos de terra, quando a superfície destes é deixada à vista, isto é, quando não é aplicado sobre o reboco nenhum acabamento que o oculte (ver capítulo 4.).

Por um lado, a quantidade de fibras vegetais adicionadas à argamassa interfere com o padrão de cores da superfície do reboco. O incremento da adição de fibras aumenta a diversidade do padrão da superfície e diminui a prevalência da cor da terra utilizada, matizando-a com a cor das fibras adicionadas (Figura 31).

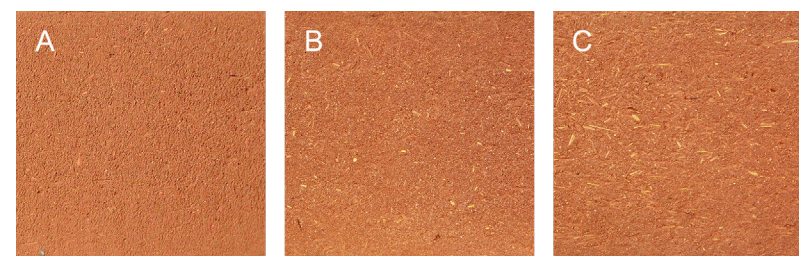


Figura 31 – Amostras de reboco de terra, com dimensões de 20 cm x 20 cm, com diferentes adições de fibras de aveia.

(A) Adição de 0.2%.

(B) Adição de 0.5%.

(C) Adição de 1%.

¹² Textura visual – efeito visual formado pela sobreposição do padrão de cores da superfície com a textura física (sombras geradas pela rugosidade) (Pernão, 2012).

Por outro lado, e à semelhança de outros materiais naturais como a madeira, a presença visual das fibras na superfície do reboco (assim como dos agregados) possibilita diferentes percepções da superfície em função da distância de observação. A observação a maior distância promove a percepção mais uniforme da cor e texturas da superfície, enquanto a observação mais próxima permitirá a percepção de maior diversidade cromática e complexidade de texturas (Figura 32). Esta característica, de variação da percepção da superfície em função da distância, para além de possibilitar maior fruição estética, contribui também para o conforto visual. Esta situação é contrária ao que sucede com superfícies homogêneas de outros materiais, que promovem sempre a mesma percepção, independentemente da distância de observação – situação pouco comum no meio ambiente natural em que o ser humano evoluiu.

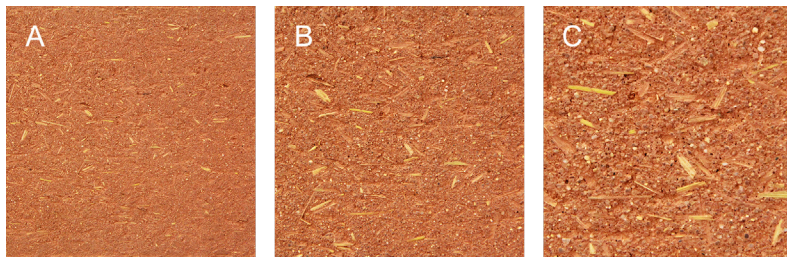


Figura 32 – Reboco de terra com adição de 1% de fibras de aveia, observados a diferentes escalas.

- (A) Área de 20 cm x 20 cm.
 (B) Área de 10 cm x 10 cm.
 (C) Área de 5 cm x 5 cm.

As fibras naturais são materiais orgânicos, naturalmente susceptíveis de decomposição biológica, em condições de humidade e temperatura favoráveis. As argamassas de terra com adição de fibras naturais são, por isso, mais propensas à ocorrência de fenómenos de colonização biológica, associados à bio-degradação das fibras (fungos), uma vez que a terra constitui um meio físico e químico propício (Figura 33).

A susceptibilidade de colonização biológica dos rebocos de terra pode ser mitigada com a adição de reduzida quantidade de cal aérea na formulação da argamassa. A adição de cal aérea promove o aumento do pH da argamassa, inibindo o crescimento de fungos (Santos *et al.*, 2017b). No entanto, a mesma adição de cal aérea tem implicações noutras características dos rebocos, como a resistência mecânica (desenvolvido na secção 3.1.4.).

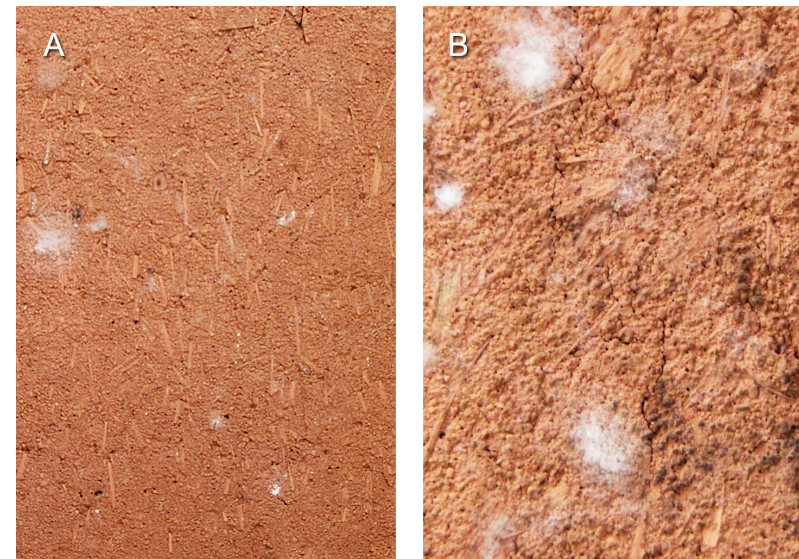


Figura 33 – Reboco de terra com adição de fibras de aveia com colonização por fungos. (A) Aspecto geral da superfície colonizada. (B) Pormenor da colonização.

3.1.4. A adição de ligantes

Enquanto a adição de areia, e mesmo de pequenas fibras, é muito corrente na formulação de argamassas de terra, o mesmo já não se passa com a adição de ligantes. Com efeito, a essa adição, e como se referiu na secção 1.3.1., até se atribui o termo específico de estabilização (química). O ligante mais correntemente utilizado em Portugal na estabilização de argamassas de terra vernáculas foi a cal aérea. Não se tem confirmação mas admite-se que a adição de cal aérea a argamassas de terra tivesse sido iniciada num contexto de condições económicas favoráveis e maior disponibilidade deste ligante ao nível local. Estava associada a uma maior durabilidade das argamassas, que deixavam de ser susceptíveis de degradação por acção da água. Sabe-se que, em sistemas de reboco mais antigos e aplicados em contextos económicos mais desfavoráveis, a cal era apenas utilizada para a caiação dos rebocos de terra (maioritariamente utilizados em interiores) ou dos rebocos de terra e cal (utilizados no exterior). É possível que, com a melhoria das condições económicas nesses contextos, as argamassas de terra estabilizadas com cal tenham evoluído, primeiro para as argamassas de cal e terra (em que a cal passou a ser o aglomerante principal e a terra

maioritariamente o agregado), e posteriormente para as argamassas de cal (e areia), já sem incorporação de terra, mas eventualmente ainda com recurso a areia com algum teor em partículas mais finas, usualmente não lavada e de proveniência local.

Com o aumento do interesse dos projectistas e da comunidade científica em relação às argamassas de terra para rebocos, iniciou-se também a caracterização de argamassas de terra estabilizadas com cal aérea ou outros ligantes, neste caso sempre aplicados em baixas percentagens face aos teores de terra. Gomes (*et al.*, 2018) estudou a estabilização de argamassas formuladas com terra maioritariamente caulínica e areia siliciosa, respectivamente na proporção volumétrica de 1:3, com e sem adição de fibras de cânhamo (5% em relação à massa da terra). Para a estabilização das argamassas foram considerados vários ligantes, nomeadamente: cimento Portland, cimento natural, cal hidráulica e cal aérea. Foram formuladas argamassas com a adição de 5%, 10% e 15% de cada ligante (em relação à massa de terra). Nos resultados obtidos não se observou melhoria das resistências à tracção por flexão e à compressão. Verificou-se um agravamento da absorção de água e uma redução da capacidade de secagem, o que não é benéfico para uma argamassa. O único benefício significativo foi uma maior resistência ao contacto com água.

Outro estudo, desenvolvido por Santos (*et al.*, 2017b), avaliou uma argamassa de terra íltica e areia siliciosa (ligante:agregado ao traço volumétrico 1:3), com adição de 1% de fibras de aveia e estabilização com 8% de cal aérea (ambas em relação à massa da terra). Os resultados registados para a argamassa estabilizada com cal revelaram uma diminuição de cerca de 50% das resistências à flexão e compressão face à argamassa não estabilizada. No entanto, a adição de cal promoveu o aumento do pH da argamassa, inibindo o desenvolvimento de fungos mesmo em situação de elevado teor de humidade e fraca ventilação, muito propícia a esse desenvolvimento.

No trabalho de investigação realizado no âmbito do doutoramento de José Lima foi também avaliada a estabilização de argamassas para rebocos de terra, realizadas com terra íltica e areia siliciosa (respectivamente ao traço volumétrico 1:3), com adições de cerca de 8% de cal aérea e 10% de gesso hemi-hidratado (em relação à massa de terra). A estabilização com cal aérea obteve resultados semelhantes aos

trabalhos anteriormente mencionados. Observou-se uma redução significativa da resistência à flexão e à compressão, e também da resistência à abrasão por escovagem (Figura 34). No entanto, no ensaio de erosão por gotejamento (Figura 35) a argamassa estabilizada com cal revelou-se insolúvel em água, não apresentando desgaste visível. No que respeita à capacidade de adsorção de vapor (Figura 36), característica diferenciadora dos rebocos de terra, a adição de cal aérea revelou-se relativamente penalizante, apresentando uma redução de cerca de 25%. Estes resultados reforçam o conceito de que este tipo de estabilização com cal aérea beneficia fundamentalmente a resistência dos rebocos de terra em relação à presença de água no estado líquido e não tanto a resistência mecânica, contrariamente ao que por vezes é mencionado na prática profissional e até em alguma bibliografia.

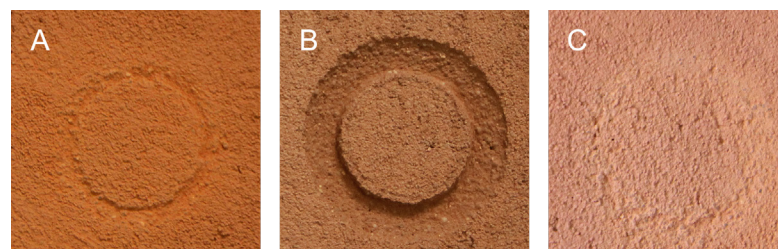


Figura 34 – Resistência à abrasão de rebocos de terra.

- (A) Sem estabilização.
(B) Estabilizado com 10% de cal aérea.
(C) Estabilizado com 10% de gesso.

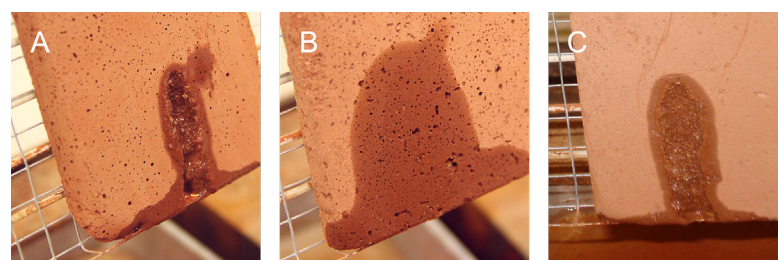


Figura 35 – Erosão por gotejamento de rebocos de terra.

- (A) Sem estabilização.
(B) Estabilizado com 10% de cal aérea.
(C) Estabilizado com 10% de gesso.

Já a estabilização com gesso hemi-hidratado registou resultados distintos da estabilização com cal aérea. Promoveu o incremento da resistência à flexão (em cerca de 15%) e compressão (em cerca de 30%)

(Lima *et al.*, 2016b) e melhorou significativamente a resistência à abrasão (Figura 34), quase evitando qualquer desgaste da superfície do reboco. No entanto, no ensaio de erosão por gotejamento (Figura 35) observou-se algum desgaste da argamassa que, embora inferior ao registado pela argamassa não estabilizada, ainda assim foi significativo. Estes resultados são consistentes com os resultados obtidos por outros investigadores (Mattone e Bignamini, 2012). Conjugados com o facto do gesso ter pouca energia incorporada (ver secção 1.3.2.), e da argamassa estabilizada com gesso ter apresentado apenas uma ligeira redução da capacidade de adsorção de vapor (Figura 36), indiciam que argamassas de terra estabilizadas com gesso podem constituir uma solução eco-eficiente para revestimentos de paredes interiores, que não estejam sujeitas ao contacto directo com água no estado líquido.

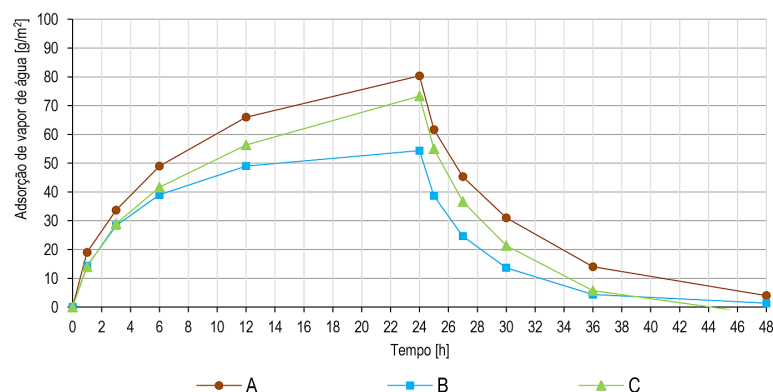


Figura 36 – Adsorção e desadsorção de vapor de rebocos de terra.

- (A) Sem estabilização.
 (B) Estabilizado com 10% de cal aérea.
 (C) Estabilizado com 10% de gesso.

Outro aspecto importante da utilização de ligantes minerais na estabilização de argamassas de terra é a influência que estas adições têm nas características cromáticas da superfície dos rebocos, que muitas vezes se pretendem deixar “à vista” por motivos de ordem estética (Figura 37). No estudo anteriormente mencionado, em particular na Figura 34, é perceptível a alteração cromática induzida pela adição de cal aérea, com ligeira redução da saturação de cor, e pela adição de gesso, em que é notória a redução acentuada da saturação de cor.



Figura 37 – Reboco de terra, estabilizado com cal aérea e fibras de trigo, em obra de reabilitação. Arquitectura: Alina Jerónimo e Paulo Carneiro (CAS-STUDIO). Crédito: José Costa.

- (A) Vista geral.
 (B) Pormenor do reboco de terra.

Noutro estudo, conduzido por Santos *et al.* (2017a), foram realizados painéis de reboco com uma terra castanha escura (semelhante a “chocolate negro”) e areia siliciosa lavada (respectivamente ao traço volumétrico 1:3). Nos rebocos executados com argamassas estabilizadas com baixa percentagem de cal aérea ou de cal hidráulica natural ocorreu uma alteração drástica da cor da superfície. Observa-se a formação de uma película superficial de partículas de tonalidade clara e cor cinza-camurça, particularmente notória na argamassa estabilizada com cal hidráulica natural (Figura 38). No entanto, e mais uma vez, verificou-se o aumento da resistência dos rebocos estabilizados face à presença de água no estado líquido. Com efeito, após cinco anos em exposição natural, só os rebocos estabilizados não sofreram degradação.



Figura 38 – Painéis de reboco de terra de “cor chocolate”, adaptado de Santos *et al.* (2017a).

- (A) Reboco formulado com uma areia siliciosa lavada.
 (B) O mesmo reboco mas estabilizado com cal aérea.
 (C) O mesmo reboco mas estabilizado com cal hidráulica natural.

A estabilização de argamassas de terra com ligantes, tal como foi antes mencionado, tem a desvantagem de reduzir a capacidade dos rebocos interiores de adsorverem vapor de água e, assim, contribuírem menos para o equilíbrio higrométrico dos edifícios. Deve-se ao bloqueamento da actividade das lamelas de argila face à presença de partículas de água, devido à rede criada pelo ligante. Prejudica também o seu desempenho ecológico, nomeadamente em termos de análise de ciclo de vida *cradle to grave*. Em primeiro lugar, a energia incorporada num reboco de terra estabilizado é sempre maior do que num reboco de terra não estabilizado. A adição do ligante, mesmo em percentagem relativamente reduzida, acarreta sempre um incremento significativo da energia incorporada devido à energia necessária para atingir a temperatura de produção dos ligantes (ver secção 1.3.2.). Em segundo, a estabilização dificulta a possibilidade de reutilização do reboco de terra, dado que as partículas de argila, envoltas pela rede criada pelo ligante, já não conseguem tornar a ganhar plasticidade na presença de água. Assim, um reboco de terra estabilizado tende a ser apenas reciclável por trituração, daí resultando um agregado artificial e não a possibilidade de uma nova argamassa. Isto diminui o ciclo de vida do reboco. Por fim, a estabilização complexifica o processamento em final de vida do reboco de terra, uma vez que o material já não constitui simplesmente uma terra e pode requerer transporte a vazadouro certificado para o processamento de resíduos de construção.

3.1.5. Outros constituintes

As argamassas de terra, à semelhança de outras argamassas empregues na arquitectura vernácula (por exemplo as argamassas de cal aérea) eram frequentemente adjuvadas com bioprodutos, tais como gorduras animais, sangue, clara de ovo, óleos vegetais, extractos de cascas de árvores (goma-arábica¹³), mucilagens¹⁴ de cactos e outras plantas, sucos de frutos, ou algas. Embora grande parte destes bioprodutos

13 Goma-arábica – resina natural composta por polissacarídeos e glicoproteínas, originalmente extraída de uma espécie de acácia da região subsaariana (*Acacia Nilotica*) vulgarmente designada “arvora da goma-arábica”.

14 Mucilagens – substâncias ricas em polissacarídeos, segregadas pela maioria das plantas, em particular por cactos e outras plantas suculentas.

naturais contenha polissacarídeos¹⁵ (e por vezes proteínas), o seu efeito nas características das argamassas de terra pode ser distinto, nomeadamente ao nível da trabalhabilidade no estado fresco e durabilidade após endurecimento.

A melhoria do desempenho dos rebocos de terra tem sido estudada em vários trabalhos de investigação recentes, considerando a aditivção das argamassas de terra com diferentes adjuvantes. Num estudo realizado por Lima *et al.* (2016c), foram avaliadas argamassas adjuvadas com 1% e 3% de óleo de linhaça (em relação à massa total de terra e areia). Apesar das reduzidas quantidades de adjuvante utilizadas, os resultados obtidos foram expressivos, tanto para a argamassa no estado fresco como para o reboco endurecido. Durante a amassadura o óleo de linhaça actuou como plastificante, melhorando significativamente a trabalhabilidade da argamassa, possibilitando formular argamassas com menor quantidade de água.

Após endurecimento, as argamassas adjuvadas com óleo de linhaça apresentaram um incremento significativo da resistência mecânica, nomeadamente das resistências à tracção por flexão e à compressão, que duplicaram na argamassa com 3% de óleo de linhaça. A aderência ao suporte das argamassas adjuvadas também melhorou (Figura 39).

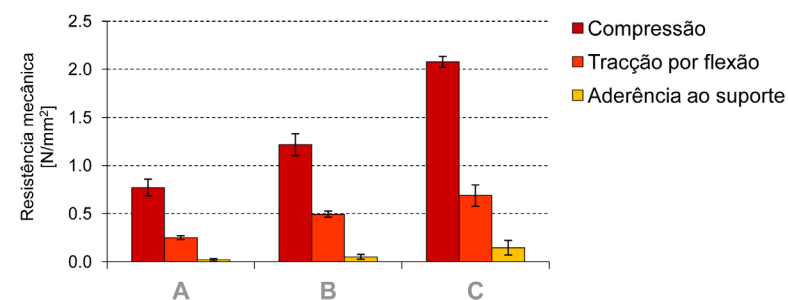


Figura 39 – Resistências à tracção por flexão e à compressão e ao arrancamento do suporte de argamassa de terra adjuvadas com óleo de linhaça, adaptado de Lima *et al.* (2016c).

(A) Sem adjuvante.

(B) Com adição de 1% de óleo de linhaça.

(C) Com adição de 3% de óleo de linhaça.

15 Polissacarídeos – polímeros naturais de hidratos de carbono, constituídos por cadeias longas de monossacarídeos.

A susceptibilidade de erosão pela presença de água no estado líquido (escorrimento ou gotejamento) diminuiu significativamente (Figura 40). Tal possibilita considerar a utilização destas argamassas em revestimentos exteriores, sendo, contudo, necessário avaliar a durabilidade deste adjuvante quando exposto à acção dos raios ultravioleta (UV). Foi também registado pelos investigadores um odor intenso libertado pelos rebocos adjuvados, provavelmente devido à volatilização do óleo de linhaça. Este facto constitui uma preocupação importante para a utilização deste tipo de argamassas em ambientes interiores, devido aos limites definidos como aceitáveis para a libertação de compostos orgânicos voláteis (COV).

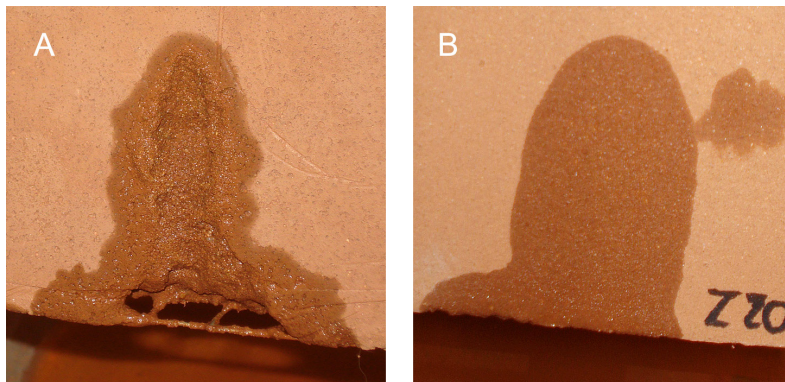


Figura 40 – Erosão por gotejamento de rebocos de terra.
(A) Sem adição de adjuvante.
(B) Com adição de 1% de óleo de linhaça.

As mucilagens de cactos, muito utilizadas na América Central e do Sul, podem ser aplicadas na execução de argamassas de forma directa (tal como extraídas da planta) ou após um período de fermentação. Quando aplicadas de forma directa, o líquido é utilizado imediatamente, tal como extraído da planta ou diluído, servindo como água de amassadura das argamassas de terra. Para a fermentação, as “folhas” dos cactos são partidas em pedaços e imersas em água durante um a dois dias até se obter um líquido viscoso e transparente, com um pH de 3 a 4. Caso o processo de fermentação seja prolongado por algumas semanas, o líquido resultante aumenta significativamente a sua viscosidade e provavelmente terá de ser utilizado diluído na restante água de amassadura (Kita, 2013).

No entanto, as mucilagens aparentemente têm como principal efeito reter por mais tempo a água nas argamassas frescas, o que impede a sua rápida secagem e pode prevenir fissuração na secagem. Por outro lado, a sua viscosidade poderá melhorar a trabalhabilidade da argamassa fresca, facilitando a aplicação do reboco. No entanto, no estado endurecido não é claro que o efeito seja totalmente positivo, uma vez que o efeito de retenção de água pode permanecer, mantendo a argamassa de terra húmida e mais sujeita a degradação (Kita, 2013).

Muitos outros produtos inovadores existem agora no mercado e algumas experiências têm sido feitas no sentido de avaliar a sua influência no desempenho de argamassas de terra.

Num estudo recente (Velez da Silva, 2017) foi utilizado um bioproducto, produzido especificamente para o efeito com a bactéria *Escherichia-coli* e suplementado com ferro na formulação de uma argamassa de terra para rebocos. O bioproducto foi incorporado como água de amassadura e, no estado fresco, funcionou como um introdutor de ar na argamassa, incrementando a porosidade do reboco endurecido e reduzindo a sua condutibilidade térmica. Mas, simultaneamente, reduziu as resistências mecânicas da argamassa.

Outro exemplo, de investigação recente, é o caso da formulação de argamassas de reboco de terra com materiais de mudança de fase (*Phase Change Materials* – PCM). Tal como o nome indica, estes materiais mudam de fase quando atingem determinadas temperaturas e essa mudança é acompanhada por uma libertação de temperatura (reacção exotérmica) ou por consumo de energia calorífica (reacção endotérmica). Ao serem constituintes de argamassas de reboco, como parte da fracção fina da areia, pretende-se que contribuam para o equilíbrio térmico no interior dos espaços, arrefecendo-os quando a temperatura sobre acima de determinado valor, e aquecendo-os quando ocorre o inverso. No entanto, no estudo de Santos *et al.* (2017b), quando um tipo de PCM foi incorporado numa argamassa realizada com uma terra íltica, a trabalhabilidade da argamassa alterou-se completamente, de modo semelhante ao efeito da adição de um introdutor de ar. Após o endurecimento, a argamassa apresentou muito baixas resistências mecânicas, maiores poros superficiais e maior susceptibilidade de desenvolvimento biológico. Embora a inclusão de PCM noutros tipos de argamassas possa ser vantajosa, atendendo aos resultados obtidos, a inclusão em argamassas de terra carece ainda de optimização.

Como se depreende, e embora seja possível obter rebocos de terra muito eco-eficientes com argamassas com formulações muito simples, muito poderá ainda ser optimizado no que respeita à aditivização deste tipo de argamassas.

3.1.6. A água de amassadura

A água, empregue para amassar todos os constituintes da argamassa, não faz parte dos materiais constituintes do reboco endurecido, uma vez que evapora durante o processo de secagem e endurecimento. Contudo, desempenha um papel crucial nas propriedades da argamassa, no estado fresco e também nas características finais do reboco endurecido.

A trabalhabilidade das argamassas de terra, no estado fresco, é influenciada pelas propriedades dos materiais constituintes e pelas proporções em que estes estão presentes na formulação das argamassas, e simultaneamente pela quantidade de água empregue na amassadura. Terras pouco argilosas, areias com teor de finos reduzido, ou formulações em que a quantidade de areia é muito preponderante em relação à quantidade de terra, produzem argamassas com reduzida trabalhabilidade. Nestas situações, o incremento da quantidade de água de amassadura contribui para o aumento da trabalhabilidade das argamassas frescas (Figura 41). No entanto, tal tem consequências nas características dos rebocos endurecidos.

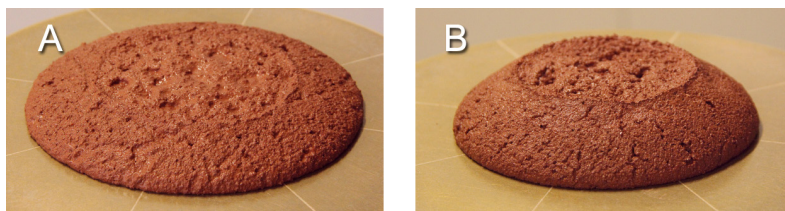


Figura 41 – Espalhamento de argamassas formuladas com a mesma proporção terra-areia e diferentes quantidades de água de amassadura.

(A) Referência.

(B) Com redução de 10% de água.

O incremento da quantidade de água de amassadura tem como consequências mais prováveis: o aumento da fissuração por retracção na fase de secagem, devido à elevada expansão das partículas de argila durante a fase de hidratação; o aumento da porosidade do reboco endurecido, devido ao espaço ocupado pelo excesso de água entretanto

evaporada; e a redução das resistências mecânicas à tracção e também à compressão, consequência do aumento da porosidade da argamassa.

Depreende-se, assim, que no processo de formulação de argamassas de terra é muito importante a selecção, e doseamento adequado, dos materiais constituintes, no intuito de minimizar a quantidade de água empregue na amassadura. Por vezes no processo de optimização de formulações podem ocorrer situações contraproducentes. Por exemplo, é possível mitigar a fissuração excessiva de uma argamassa através do incremento da quantidade de areia presente na formulação ou pela adição de fibras naturais. Em qualquer dos casos, para que seja mantida a trabalhabilidade da argamassa no estado fresco, será necessário simultaneamente aumentar a quantidade de água de amassadura, o que por sua vez promove o aumento da fissuração, porosidade e redução da resistência mecânica. Nesta situação, uma alternativa ao incremento da água de amassadura poderá ser a adição de um adjuvante com função plastificante (como, por exemplo, o óleo de linhaça). Este irá contribuir para o aumento da trabalhabilidade da argamassa, sem incrementar a fissuração após secagem, podendo também eventualmente contribuir para uma maior resistência mecânica.

Os métodos de aplicação das argamassas de reboco, descritos na secção seguinte, também influenciam a quantidade de água necessária para a amassadura dos materiais constituintes. A aplicação manual possibilita formular argamassas com teor de água optimizado, para maximizar as características da argamassa após endurecimento. Em contrapartida, a projecção mecânica de argamassas de terra implica usualmente a formulação de argamassas mais fluidas de modo a viabilizar a utilização de máquinas de projectar por pressão. Exceptuam-se casos em que se utilizam máquinas de projecção a ar comprimido, actualmente ainda pouco comuns, mas que possibilitam a utilização de argamassas pouco fluidas, com teores de água reduzidos, mas com trabalhabilidade adequada ao tipo de aplicação.

3.2. Métodos de aplicação e tipos de suportes

Tal como nos sistemas de reboco baseados em argamassas realizadas com ligantes convencionais (cimentos, cais com propriedades hidráulicas, cais aéreas ou gessos), também os sistemas de reboco com argamassas com base em terra podem ser constituídos por camada única ou incluir, para além da camada de reboco base, outras camadas de

revestimento realizadas com argamassas de terra com diferentes formulações, espessuras distintas e técnicas de execução diferenciadas. Essas particularidades possibilitam, assim, a melhor adequação do reboco aos requisitos de desempenho a que estará sujeito durante a sua vida útil.

A aplicação de uma argamassa de reboco de terra pode ser realizada manualmente ou por projecção mecânica. No caso de aplicação manual (Figura 42) é vantajosa a realização prévia de um salpico (também denominado por chapisco ou crespido). O salpico consiste numa camada bastante fluida e de espessura irregular de argamassa formulada com areia grossa, com que é salpicada a superfície da parede onde o reboco vai ser aplicado. Por exemplo para aplicação numa parede de alvenaria de tijolo corrente, pode ser em argamassa de cal hidráulica natural e areia grossa, de modo a maximizar a aderência da camada de reboco fresco à parede de suporte, que ocorre nesta fase apenas de forma mecânica. Salienta-se que, para aplicação manual, a argamassa de reboco é necessariamente preparada com teor de água inferior à argamassa para projecção mecânica (ver secção 3.1.6.). Este aspecto é importante para viabilizar a técnica manual de aplicação mas dificulta a aderência da argamassa fresca ao suporte, pelo que acresce a importância da sua rugosidade. Caso a aplicação manual seja realizada em multicamada, e a parede de suporte apresente rugosidade adequada, a argamassa de reboco de terra pode ser aplicada directamente sobre a parede, sem necessidade prévia de realizar o salpico. Caso a parede, por exemplo de alvenaria de pedra argamassada, ou de taipa antiga, apresente superfície muito irregular, pode ser necessário efectuar um encasque, previamente à aplicação do próprio reboco (ver secção 1.2.).



Figura 42 – Aplicação manual de camada de reboco com base em argamassa de terra pré-doseada sobre parede de alvenaria de tijolo térmico. Execução: EMBARRO, com reboco “Embarro Universal”.

No caso de aplicação da argamassa de reboco por projecção mecânica, esta é geralmente realizada em camada única, apertada e regularizada após projecção. A argamassa é formulada com maior quantidade de água, de modo a viabilizar a utilização de máquina de projectar, mas é também projectada com maior impacto. No entanto, nem sempre estes factores são suficientes para prescindir do salpico prévio do paramento (Figura 43).



Figura 43 – Aplicação por projecção mecânica de reboco monocamada em argamassa de terra pré-doseada sobre parede de alvenaria de tijolo térmico, com aplicação prévia de salpico de argamassa de cal hidráulica natural. Execução: EMBARRO, com reboco “Embarro Universal”.

A necessidade, ou não, da realização de salpico irá depender de vários factores, que deverão ser avaliados em conjunto, tais como: a espessura final da monocamada de reboco a realizar (que também depende da regularidade da alvenaria de suporte); o tipo de rugosidade do paramento e as condições de temperatura e humidade relativa do ambiente (tipicamente Verão ou Inverno, que vão promover uma secagem mais rápida ou mais lenta do reboco).

Tal como na execução de rebocos com argamassas com ligantes convencionais, após aplicação da argamassa de terra, manualmente ou por projecção mecânica, a camada de reboco deve ser regularizada (Figura 44), de modo a conferir planeza à superfície. A regularização pode ser realizada, primeiro com recurso a régua, e posteriormente com recurso a talocha de madeira ou plástico. A superfície regularizada pode ser acabada de diferentes modos (resultando distintas texturas), sendo deixada “à vista”. Em alternativa, após endurecimento, pode ser aplicado outro material de acabamento ou tratamento superficial (ver capítulo 4.).



Figura 44 – Regularização da camada de reboco de argamassa de terra pré-doseada com recurso a régua. Execução: EMBARRO, com reboco “Embarro Universal”.

Os rebocos de terra, contrariamente a outros rebocos convencionais, e muito devido às suas características específicas, geralmente podem ser aplicados e são compatíveis com diferentes tipos de suportes: taipa, alvenaria de adobe (Figura 45-A, B) ou de blocos de terra extrudidos, de blocos de terra comprimida, de pedra argamassada (Figura 45-C, D, E), de pedra aparelhada, de blocos de betão, de tijolo furado, perfurado ou maciço, ou de fardos de palha.



Figura 45 – Aplicação de reboco de terra, realizado com terra local, em obra de reabilitação. Arquitectura e crédito: Vera Schmidberger. (A, B) Aplicação sobre parede de adobe. (C, D) Aplicação sobre paredes de adobe e de pedra. (E) Aplicação sobre paredes de pedra.

Faria *et al.* (2014) avaliaram o comportamento de rebocos realizados com uma mesma argamassa de terra pré-doseada de produção nacional, aplicados sem execução prévia de salpico, em camada única, e por projecção mecânica e aplicação manual, em pequenos muros de alvenarias de pedra argamassada, de adobe, de blocos de betão e de tijolos furados (Figura 46). Neste estudo foi possível verificar que características importantes dos rebocos de terra, como a microestrutura e a dureza superficial, não variaram de forma significativa em função do suporte onde foram aplicados. Verificaram também o bom comportamento dos rebocos ao longo de vários anos, em condições exteriores protegidas da chuva incidente. Essa situação vem demonstrar que existem rebocos de terra que não só são compatíveis e cumprem os requisitos para serem aplicados de forma eficiente sobre paredes antigas, como sejam as alvenarias de pedra argamassada ou de adobe, mas também para serem aplicados sobre paredes de construção corrente, nomeadamente de alvenaria de tijolo furado e de blocos de betão.



Figura 46 – Estação de Exposição Natural do Departamento de Engenharia Civil da FCT NOVA, Caparica, adaptado de Faria *et al.* (2014).

(A) Diferentes tipos de alvenarias de paredes antes da aplicação de rebocos de terra. (B) Rebocos aplicados sobre os diferentes tipos de paredes, protegidos da chuva incidente.

A aplicação de rebocos de terra sobre paredes realizadas com fardos de palha (Figura 47) é usualmente realizada em várias camadas. Primeiro é importante proceder à regularização prévia do paramento, eliminando (cortando) as palhas mais salientes. Seguidamente, e antes da aplicação da camada de base de reboco, é também vantajoso aplicar uma “barbotina”¹⁶ de terra sobre a palha, de modo a melhorar a estabilidade do suporte e a

¹⁶ Barbotina – termo utilizado no contexto da indústria cerâmica para designar uma pasta cerâmica líquida (mistura de argila e água), utilizada para produzir peças cerâmicas.

aderência do reboco. A “barbotina” consiste numa calda fluida, realizada apenas com terra diluída em água, sem adição de areia, que é salpicada contra o paramento. Dadas as características particulares do suporte, a camada de base do reboco de terra usualmente tem elevada adição de fibras, oriundas da própria palha. Pode, em alguns casos, ser aplicada com as próprias mãos.



Figura 47 – Reboco de terra, formulado com terra do local, areia e palha de trigo, aplicado sobre parede realizada com fardos de palha, previamente salpicada com barbotina. Arquitectura e crédito: Catarina Pinto (TERRAPALHA).

- (A) Aplicação da camada de base do reboco, com as próprias mãos.
 (B) Aspecto do paramento durante a aplicação da camada de base.
 (C) Aspecto do paramento com a camada de base finalizada.

Salienta-se ainda, em relação aos métodos de aplicação de rebocos de terra, que é muito fácil modelar artisticamente rebocos de terra, uma vez que a argamassa mantém a trabalhabilidade por um longo período de tempo. Desde que mantida humedecida, possibilita a realização de superfícies decoradas em relevo (Figura 48).

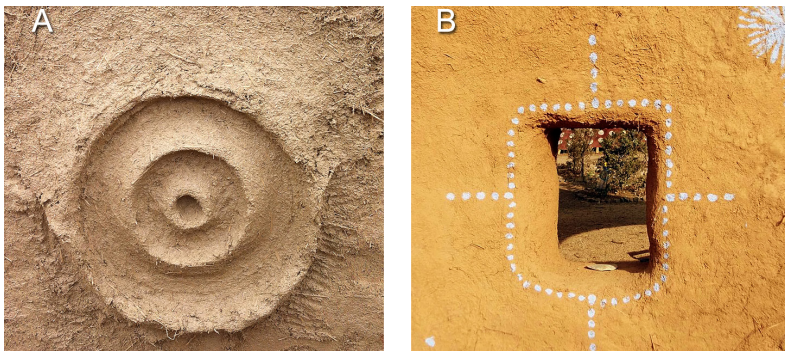


Figura 48 – Exemplos de modelação artística.

- (A) Reboco de terra com decoração modelada em relevo, realizado sobre alvenaria de fardos de palha.
 (B) Moldura de vão em reboco de terra, realizado sobre alvenaria de fardos de palha.
 Crédito: Catarina Pinto.

É também fácil elaborar paramentos com elementos com formas mais “orgânicas”, ou complexas (Figura 49), sendo inclusivamente possível prolongar o trabalho de execução por vários dias, bastando humedecer as argamassas já endurecidas para que exista boa aderência das argamassas aplicadas a seguir.

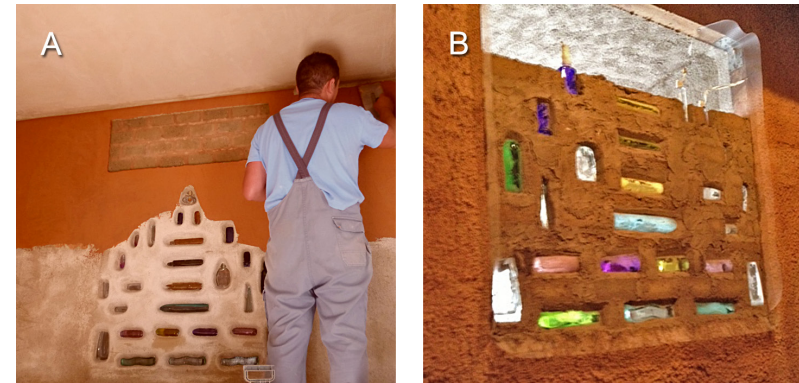


Figura 49 – Parede interior, realizada em espaço comercial em Telheiras, Lisboa, com recurso a modelação de argamassa de terra com inclusão de elementos em vidro. Arquitectura e crédito: Vera Schmidberger.

- (A) Fase de execução vista da sala de refeições.
 (B) Fase de execução vista da instalação sanitária.
 (C) Elemento terminado visto da sala de refeições.

4

Acabamentos de rebocos de terra

4.1. Tipos de acabamento e requisitos de desempenho

A utilização de argamassas de terra possibilita obter rebocos com grande diversidade de cores, padrões e texturas (Figura 50), com ou sem a aplicação de acabamentos. Devido às importantes características estéticas, e quando os requisitos técnicos o permitem, é usual os rebocos de terra serem deixados “à vista”. Neste caso, o reboco de terra constitui o aspecto estético final do paramento, podendo a superfície ser acabada de forma mais ou menos lisa ou texturada, em função da técnica de execução utilizada e dos materiais constituintes da argamassa.

Naturalmente, os requisitos técnicos dos rebocos de terra, em termos de resistência à água no estado líquido, aos choques ou à erosão, vão depender do local de aplicação e do grau de exposição. Variam, assim, consoante o reboco está aplicado no exterior ou no interior, em paredes ou tectos, mais exposto ou mais protegido face à água, à erosão causada pelo vento com partículas em suspensão ou a choques ou abrasão de mobiliário ou pessoas. Nas situações em que as características de uma determinada argamassa de terra não são adequadas para garantir os requisitos de desempenho do reboco, ou é pretendido obter um aspecto estético final diferente do apresentado directamente pelo reboco, pode ser considerada vantajosa a aplicação de diversos tipos de acabamentos ou tratamentos complementares, que podem ser divididos nos seguintes grupos:

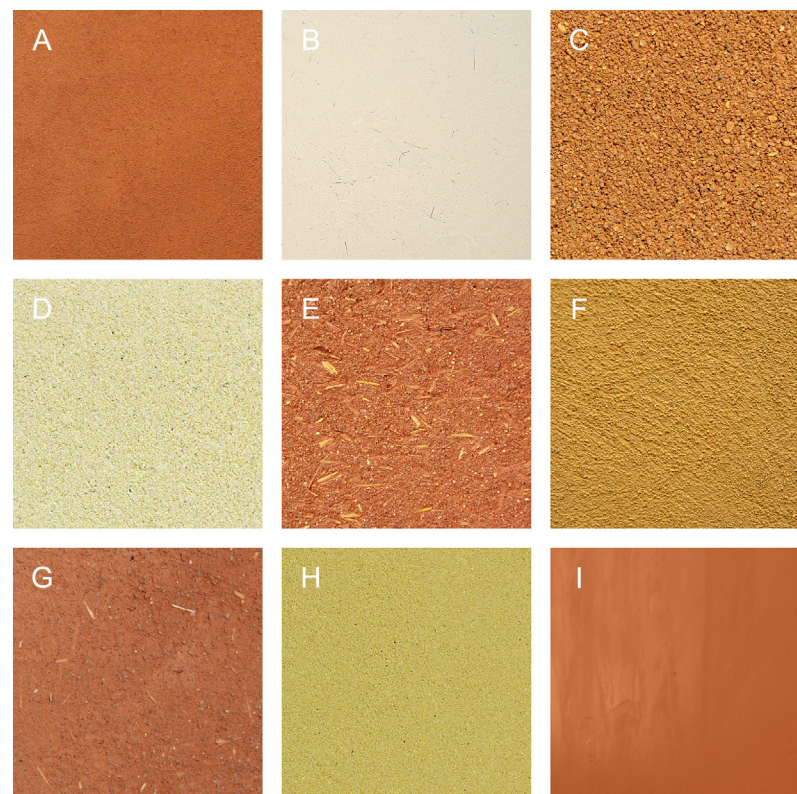


Figura 50 – Rebocos de terra com diferentes cores, padrões e texturas, em função dos materiais constituintes da argamassa e da técnica de execução do acabamento.

- (A) Terra ilítica castanha e areia fina, acabamento afagado.
 (B) Argila caulínica branca, areia fina e crina de cavalo, acabamento liso.
 (C) Terra ilítica castanha e areia grossa, acabamento areado.
 (D) Argila caulínica e areia fina, acabamento afagado.
 (E) Terra ilítica castanha e areia fina com adição de fibras de aveia, acabamento afagado.
 (F) Terra ilítica-caulínica amarela e areia média, acabamento areado.
 (G) Terra ilítica castanha e areia grossa com adição de fibras de aveia, acabamento areado.
 (H) Terra bentonítica e areia fina, acabamento afagado.
 (I) Terra ilítica castanha e areia fina, acabamento liso.

- Velaturas e tratamentos de superfície – são aplicações de produtos que permitem visualizar a textura do reboco, geralmente aplicados por aspersão ou à trincha ou rolo, com a função de consolidar a superfície por impregnação da camada mais exterior, sem formar película, nem alterar significativamente a sua cor ou textura;
- Sistemas de pintura – são aplicações de tintas, de base mineral ou orgânica, geralmente realizadas à trincha ou rolo, com a função

de cobrir a superfície, conferindo-lhe uma alteração de cor e protecção superficial; podem, ou não, formar película, e ser, ou não, consolidantes da superfície, dependendo do produto utilizado;

- Barramentos – são aplicações de argamassas finas ou pastas, geralmente realizadas com talocha ou espátula, formando uma camada de espessura reduzida (limitada a poucos milímetros), com a função de protecção do reboco, conferindo-lhe também uma alteração de cor e textura.

Estes acabamentos ou tratamentos, para além de poderem alterar o aspecto estético da superfície, terão como função conferir protecção complementar ao reboco de terra, tornando todo o sistema mais durável. No entanto, é importante garantir que essa protecção não coloca em causa a durabilidade do próprio reboco. Os diferentes tipos de acabamentos terão assim de ser compatíveis com o reboco, principalmente do ponto de vista físico, tal como este tem de ser compatível com a parede sobre a qual está aplicado. Isto quer dizer que o barramento, o sistema de pintura, a velatura ou o tratamento, embora devam contribuir para o aspecto estético e as resistências mecânica à abrasão ou face à água do sistema de reboco, têm também de garantir que, entre outros aspectos, não vão gerar tensões demasiado elevadas no reboco e não vão constituir uma barreira à adsorção e libertação de vapor de água em todo o conjunto. Com efeito, o acabamento deve permitir que o reboco continue a adsorver e libertar vapor de água, não prejudicando o seu contributo para a regulação termo-higrométrica dos ambientes interiores. Deve também possibilitar a evaporação da humidade que migre pela parede.

4.2. Rebocos de terra “à vista”

Quando as características da argamassa de terra permitem cumprir os requisitos técnicos necessários pode optar-se por deixar o reboco “à vista” (Figura 51). Nesta situação, a superfície da última camada do sistema de reboco, ou da sua única camada (no caso de rebocos monocamada), pode ser acabada de forma mais rugosa ou mais lisa, com maior ou menor textura visual.



Figura 51 – Sala em obra de reabilitação, com paramentos interiores revestidos com argamassa de reboco de terra pré-doseada e acabamento “à vista”, afagado com talocha de madeira. Tavira. Arquitectura: Paola Boragine. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO, com reboco “Embarro Universal”).

As características estéticas da superfície do reboco dependem, por um lado, dos materiais constituintes das argamassas, nomeadamente, da granulometria das areias ou da adição de fibras (questões já abordadas nas secções 3.1.2. e 3.1.3.) e, por outro lado, da técnica de execução utilizada para a finalização da superfície.

Após a aplicação e regularização da camada de reboco (abordada na secção 3.2.), com a argamassa ainda fresca, é possível executar o acabamento da superfície conferindo-lhe texturas físicas, com maior ou menor rugosidade, através da utilização de diferentes talochas. A fricção de uma talocha de esponja humedecida, sobre a superfície do reboco fresco, cria uma textura “areada”, relativamente rugosa, devido à remoção das partículas de argila e agregados mais finos (Figura 52-A). A mesma técnica, mas com recurso a uma talocha de madeira ou de poliestireno extrudido, promove um acabamento “afagado”, de rugosidade mais suave, uma vez que as partículas de argila e agregados finos não são removidos da superfície do reboco (Figura 52-B). A utilização de uma talocha metálica, constituída por uma lâmina fina e flexível, possibilita a execução de um acabamento “liso”, que pode ter textura física imperceptível ao tacto, caso os agregados da argamassa sejam suficientemente finos (Figura 52-C).

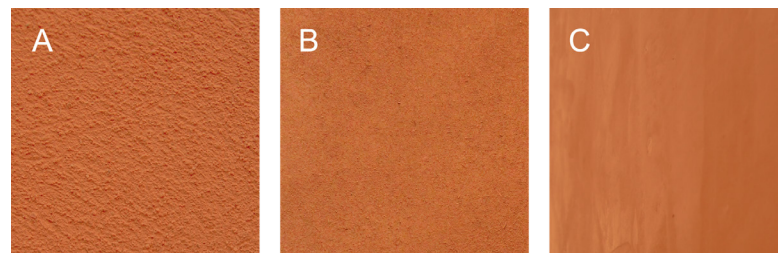


Figura 52 – Reboco de terra deixado “à vista”, com acabamento realizado com diferentes técnicas.

- (A) Areado, com talocha de esponja.
- (B) Afagado, com talocha de madeira.
- (C) Liso, com talocha metálica.

Por vezes, para facilitar a obtenção de um acabamento liso sobre o reboco de base é aplicada uma camada de espessura reduzida, realizada com argamassa especialmente formulada com agregados finos, que também pode ser designada de “barramento” (ver secção 4.5.). Esta camada pode constituir o acabamento final (Figura 53) ou pode ser acabada com recurso a uma velatura ou pintura (ver secções 4.3. e 4.4.).

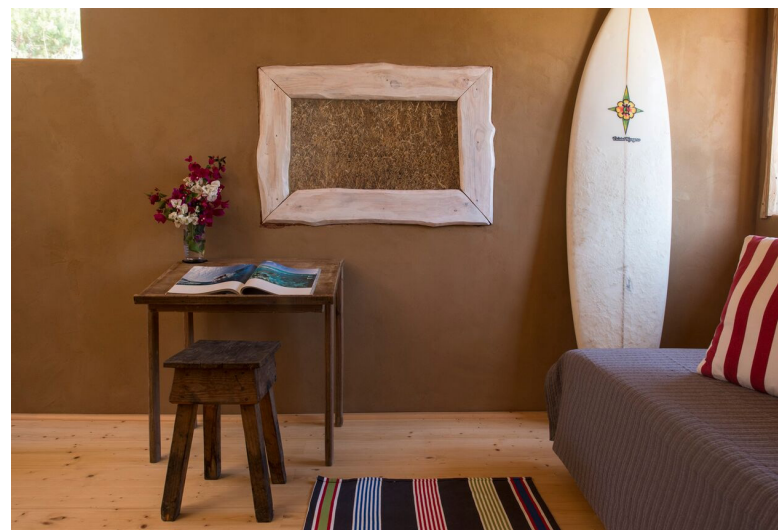


Figura 53 – Compartimento em obra contemporânea, com paredes em alvenaria de fardos de palha, com revestimento e acabamento em reboco de terra, com aproximadamente 5 mm de espessura, aplicado com talocha metálica de lâmina flexível. Aljezur. Arquitectura e execução dos rebocos: Catarina Pinto (TERRAPALHA; com reboco “Embarro Universal” e acabamento “Decofino Embarro”). Crédito: Vitor Lopes.

4.3. Velaturas

As velaturas com produtos comerciais ou mucilagens (ver nota 14), passíveis de serem utilizados como acabamento de rebocos de terra, são produtos de base orgânica ou mineral que, quando aplicados, são maioritariamente absorvidos pelo reboco, impregnando-o até determinada profundidade. Por isso, geralmente não formam película ou filme sobre a superfície. Estes tipos de produtos podem ser geralmente aplicados com trincha, com rolo de espuma, ou por aspersão (Figura 54), dependendo da sua viscosidade.

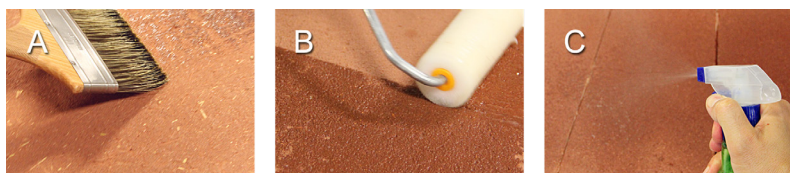


Figura 54 – Aplicação de velaturas sobre rebocos de terra.

- (A) Com trincha.
 (B) Com rolo de espuma.
 (C) Por aspersão.

A aplicação deste tipo de produtos tem usualmente como função a consolidação da superfície do reboco, conferindo alguma protecção e melhorando determinadas características, em função do produto aplicado. De entre as características que podem ser melhoradas pela aplicação de velaturas destacam-se a resistência à presença de água, a resistência ao desgaste e impacto de objectos, e a consolidação superficial, ou seja, a mitigação do destacamento de partículas desagregadas do reboco, situação muito inconveniente quando da aplicação de rebocos de terra em ambientes interiores.

Como a aplicação destes produtos usualmente não forma película, ou filme, sobre a superfície do reboco tende a não alterar de forma significativa a sua cor ou textura. Assim, cumulativamente ao efeito consolidante, as velaturas apresentam também a vantagem de possibilitarem o usufruto estético da grande diversidade de cores, padrões e texturas dos rebocos de terra, enquanto acabamento “à vista”.

No trabalho de investigação realizado no âmbito do doutoramento de José Lima foi avaliada a aplicação de velaturas sobre provetes de rebocos de terra, nomeadamente, dois produtos orgânicos – primário de caseína e óleo de linhaça – e um produto mineral – primário de silicato

de potássio. Tânia Santos, no respectivo doutoramento em curso, avaliou a aplicação de mucilagem de aloé vera e de águas de cozedura de arroz e massa.

Velatura com primário de caseína

O primário de caseína é o produto que serve de aglomerante nas tintas orgânicas à base de caseína. É constituído pela proteína da caseína presente no leite, e é usualmente comercializado na forma de pó (que pode ser obtido a partir do aproveitamento de leite impróprio para consumo). Para a preparação da velatura, o pó deve ser misturado com água de acordo com as instruções do produto, sendo recomendado proceder à diluição da totalidade do pó em duas fases. Primeiro, numa quantidade de água reduzida, de modo a eliminar todos os grânulos de produto que possam surgir. Posteriormente, após aguardar o tempo suficiente para a expansão do produto, deverá ser adicionada a quantidade de água total. O produto preparado pode ser aplicado com recurso às três técnicas mencionadas anteriormente, em várias demãos, até à saturação da superfície.

A velatura de primário de caseína, após secagem, promove uma ligeira alteração do aspecto estético do reboco, escurecendo-o ligeiramente e conferindo-lhe algum brilho (Figura 55). A aplicação de produto em excesso promoverá a formação de uma película sobre a superfície do reboco, escurecendo-a de forma mais significativa e conferindo-lhe uma tonalidade amarelada (por vezes imperceptível, dependendo da cor do reboco).

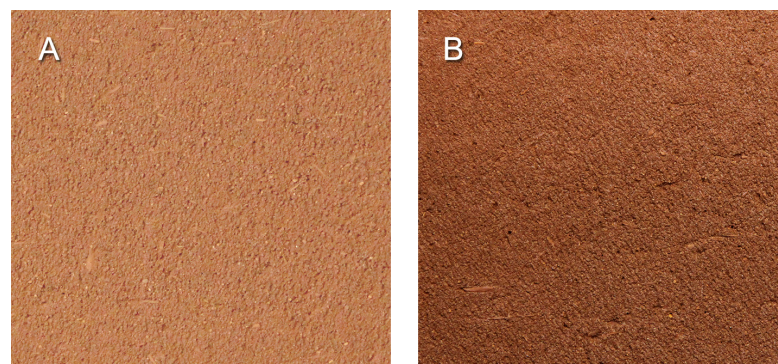


Figura 55 – Reboco de terra com adição de 0.2% de fibras de aveia.

- (A) Sem velatura.
 (B) Com velatura de caseína, aplicada numa demão com rolo de espuma.

A principal vantagem da aplicação da velatura de primário de caseína consiste na consolidação da superfície do reboco, que passa a poder ser tocada sem ocorrer destacamento de partículas. Esta velatura é bastante permeável ao vapor de água, pelo que não bloqueia a capacidade de adsorção e desadsorção do reboco de terra, que assim pode continuar a contribuir para o conforto termo-higrométrico. Contudo, as velaturas de caseína apresentam algumas limitações, nomeadamente em relação à exposição à radiação ultravioleta (UV), que degrada a proteína conferindo um tom amarelado à superfície, e em relação à exposição a água, que consegue impregnar a superfície do reboco e dissolver o produto aplicado, formado “bolsas” de escorrência (Figura 58-B).

Velatura com óleo de linhaça

As velaturas com óleo de linhaça podem ser aplicadas com trincha ou rolo de espuma, em várias demãos, até à saturação da superfície. A aplicação por aspersão é mais difícil devido à viscosidade do produto. Esta velatura tem um tempo de secagem prolongado, durante o qual ocorre a evaporação de parte do óleo aplicado, gerando um odor intenso que pode ser limitador da aplicação em ambientes interiores, devido à libertação excessiva de compostos orgânicos voláteis (COV). Após secagem, a superfície do reboco apresenta-se escurecida, eventualmente com algumas nuances, e com aspecto mate ou semi-brilhante (Figura 56). A aplicação de produto em excesso não promove a formação de filme sobre a superfície, mas prolonga o tempo de secagem e intensifica o odor, o brilho e o escurecimento da superfície do reboco.

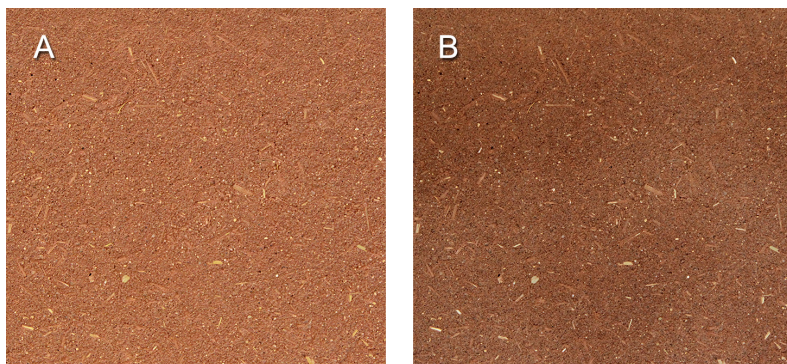


Figura 56 – Reboco de terra com adição de 0.5% de fibras de aveia.
(A) Sem velatura.
(B) Com velatura de óleo de linhaça, aplicada numa demão à trincha.

Comparativamente com a velatura com primário de caseína, a aplicação de óleo de linhaça tem como principais vantagens, por um lado, a consolidação da superfície do reboco por impregnação e polimerização do óleo durante a secagem. Este processo, para além de não formar uma película na superfície do reboco, nem lhe conferir brilho, promove um endurecimento superior (e maior coesão) da superfície do reboco. A superfície, para além de poder ser tocada sem ocorrer destacamento de partículas, passa também a ter maior resistência a choques. Por outro lado, a velatura com óleo de linhaça aumenta significativamente a resistência do reboco de terra em relação à água, que embora consiga impregnar parcialmente o reboco, deixa de dissolver as partículas de argila da superfície, devido à polimerização do óleo, mitigando assim a degradação do reboco em situação de escorrimento de água, por exemplo através de uma janela deixada aberta quando chove (Figura 58-C). Em relação à permeabilidade ao vapor de água, a velatura de óleo de linhaça é menos permeável que a velatura de primário de caseína, mas ainda assim apresenta permeabilidade elevada, não bloqueando de forma significativa a migração de vapor e a capacidade de adsorção do reboco de terra. Salienta-se que, à semelhança da caseína, o óleo de linhaça é também sensível à radiação UV, pelo que esta velatura degrada-se ao longo do tempo, com maior ou menor rapidez, dependendo da intensidade de exposição.

Velatura com primário de silicato de potássio

À semelhança do primário de caseína, que constituiu o aglomerante das tintas orgânicas de caseína, também o primário de silicato de potássio é o produto que serve de aglomerante nas tintas minerais de silicato de potássio, correntemente designadas como tintas de silicatos. Mas contrariamente à caseína, que aglomera e endurece apenas por secagem, o silicato de potássio aglomera e endurece através de reacção química com a sílica (presente no suporte, ou propositadamente adicionada ao produto, previamente à aplicação). Desta reacção química resulta um produto sólido incolor, estável, insolúvel e resistente aos UV, que se encontra quimicamente ligado ao suporte, sendo por isso muito durável.

O primário de silicato de potássio é geralmente comercializado na forma líquida incolor. Deve ser previamente diluído em água, de acordo

com as instruções do fabricante, podendo ser aplicado com trincha ou com rolo de espuma. A aplicação por aspersão é possível mas difícil, porque o produto, embora tenha viscosidade adequada para aspersão, tende a cristalizar rapidamente no pulverizador. Ao ser aplicado, o produto impregna a superfície do reboco até determinada profundidade, dependendo da estrutura porosa das argamassas.

O processo de secagem e endurecimento desta velatura é relativamente rápido e não liberta odor significativo nem compostos orgânicos voláteis. Após secagem, a superfície do reboco apresenta-se ligeiramente escurecida, de forma homogênea, com aspecto maioritariamente mate (Figura 57). A aplicação de produto em excesso não promove a formação de filme, uma vez que o produto endurecido encontra-se quimicamente ligado ao reboco, mas pode contribuir para o escurecimento da superfície e para a ocorrência de brilho.

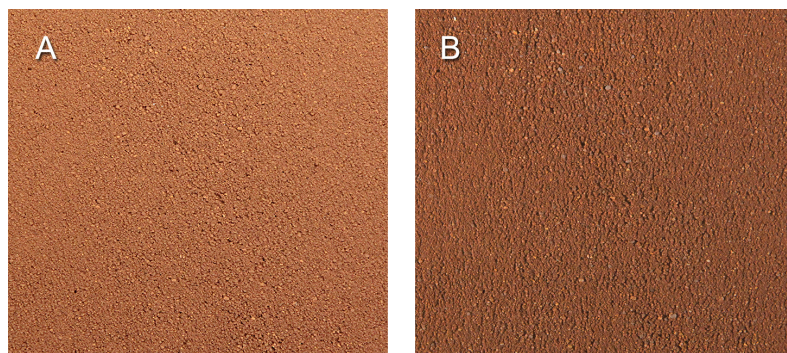


Figura 57 – Reboco de terra.
(A) Sem velatura.
(B) Com velatura de primário de silicato, aplicada à trincha, com três demãos.

Comparativamente com os dois tipos de velaturas abordados anteriormente, a velatura com primário de silicato de potássio é aquela que apresenta mais vantagens. No entanto, é também a mais dispendiosa. Com a aplicação desta velatura a superfície do reboco fica consolidada, significativamente endurecida e torna-se insolúvel em água, sendo por isso mais resistente à abrasão e a choques, e também à presença de água, que praticamente deixa de conseguir impregnar o reboco e pode escorrer pela superfície sem provocar dissolução ou desgaste significativo (Figura 58-D). Cumulativamente, a velatura com silicato de potássio não bloqueia a permeabilidade e capacidade de adsorção do reboco de terra.

Atendendo às propriedades mencionadas, a velatura com silicato de potássio configura uma boa solução para protecção de rebocos de terra, quer em aplicações em ambiente interior, quer também em ambiente exterior. Como inconveniente desta solução salienta-se que, para além do custo elevado, em caso de demolição, a camada de reboco impregnada deixa de ser reutilizável para a formação de novo reboco de terra. Pode, contudo, ser reciclada por trituração, podendo servir como agregado em argamassas de terra.

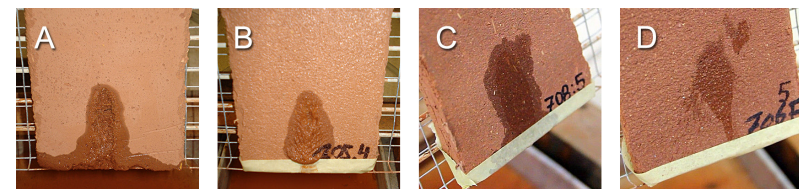


Figura 58 – Erosão por gotejamento de rebocos de terra.
(A) Sem aplicação de velatura.
(B) Com aplicação de velatura de primário de caseína.
(C) Com aplicação de velatura de óleo de linhaça.
(D) Com aplicação de velatura de primário de silicato.

Outros bioprodutos e produtos baseados em nanopartículas

Principalmente em países da América Central e do Sul existe a tradição vernácula de tratar a superfície de rebocos de terra com bioprodutos como as mucilagens de cactos (Kita, 2013). A mucilagem pode ser aplicada fresca ou após fermentação (ver secção 3.1.5.). Enquanto o tratamento superficial com a mucilagem fresca demora tempo a secar e seca de forma heterogénea, com a mucilagem fermentada o tratamento seca mais depressa e em camada fina mas homogénea (Kita, 2013). A fermentação da mucilagem pode ainda ser obtida por imersão em água de cal¹⁷. Ao fermentar por 20 dias a mucilagem fica com pH de 13-14 e torna-se menos viscosa (Fructuoso-Hernandez, 2009). Martinez-Camacho (2008) defende que o tratamento prévio de uma superfície de terra com uma solução de água com álcool reduz a tensão superficial das partículas de argila, possibilitando que a mucilagem penetre mais profundamente na

¹⁷ Água de cal – líquido transparente, rico em hidróxido de cálcio, que ocorre sobre uma pasta de cal, quando esta decanta.

superfície de terra a consolidar. Por outro lado, a presença de hidróxido de cálcio na mucilagem pode ampliar o efeito consolidante mas também pode alterar a cor dos rebocos de terra.

Na Estação de Exposição Natural do Departamento de Engenharia Civil da FCT NOVA foram aplicados diversos tratamentos superficiais com bioprodutos em rebocos de terra ílítica aplicados em alvenarias diversas, simulando paramentos exteriores protegidos, e também em provetes em laboratório. Os bioprodutos utilizados foram: óleo de linhaça, mucilagem de aloé vera, águas da cozedura de massa e de cozedura de arroz. Os rebocos foram caracterizados *in situ* e em laboratório, em termos de dureza superficial, coesão superficial e resistência ao impacto de uma esfera. Concluiu-se que o tratamento superficial com óleo de linhaça apresenta bons resultados e melhora as características dos rebocos de argamassa de terra, conferindo-lhes maior protecção contra a degradação natural. No entanto, este tratamento de superfície apresentou como desvantagem a alteração de cor da superfície do reboco, para um tom mais escuro (Figura 59).

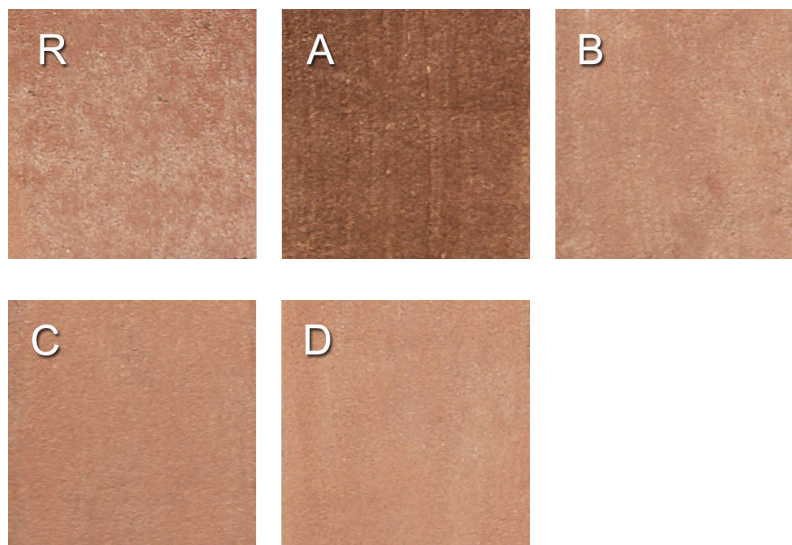


Figura 59 – Aspecto após secagem de tratamentos superficiais aplicados sobre reboco de terra em parede de alvenaria de adobe. Crédito: Tânia Santos.

- (R) Referência, sem tratamento.
- (A) Óleo de linhaça.
- (B) Mucilagem de aloé vera.
- (C) Água da cozedura de massa.
- (D) Água de cozedura de arroz.

Existem actualmente no mercado produtos consolidantes constituídos por nanocais¹⁸. São utilizados essencialmente para a consolidação, reparação e protecção de pedra calcária e rebocos de cal (Borsoi *et al.*, 2017). Embora possam ser aplicados em rebocos de terra, é provável que possam branquear a cor de rebocos de cores mais escuras. Apresentam como vantagem, face à consolidação tradicional das superfícies realizada com água de cal, uma maior profundidade de penetração.

Stazi *et al.* (2016) avaliaram diferentes produtos comerciais com base em nanopartículas, de silicone, de titânio e sílica, e silano-siloxano, no tratamento superficial de rebocos feitos com uma terra de Ancona, Itália. Os rebocos foram aplicados em paredes experimentais de argamassa de terra com fibras que é empilhada (técnica designada “cob”, pouco comum em Portugal mas muito frequente noutros países). Nos ensaios de durabilidade, realizados em laboratório, obtiveram o melhor resultado com o tratamento dos rebocos com o produto de silano-siloxano, que utiliza água como solvente, mas tem um custo relativamente elevado.

Em alternativa aos produtos artesanais e aos actualmente disponíveis no mercado têm sido desenvolvidos e avaliados outros tipos de bioprodutos para o tratamento superficial de rebocos de terra. Procuraram-se produtos também eles de baixa energia incorporada, não tóxicos e que possam vir a ser económicos e de fácil aplicação. Entre os produtos que têm vindo a ser desenvolvidos e avaliados na FCT NOVA contam-se bioprodutos com base em *Escherichia-coli* não patogénica, suplementados com ferro (Figura 60), que pode provir de resíduos da indústria do aço (Velez da Silva, 2017) e polímeros desenvolvidos também à base de resíduos de combustíveis, com base em glicerol, ou de biomassa, nomeadamente extracto de pinheiro.

¹⁸ Nanocais – produtos consolidantes, com base em nanopartículas de hidróxido de cálcio, dotados de maior capacidade de penetração e elevada reactividade (comparativamente à água de cal), devido, entre outros, à reduzida dimensão e grande superfície específica das partículas da cal que os constituem.

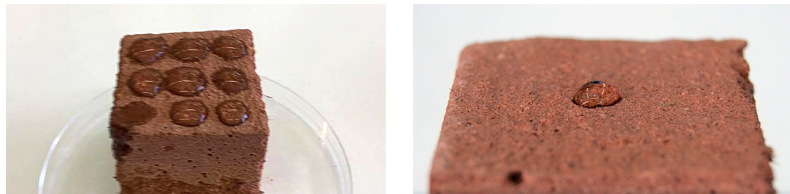


Figura 60 – Provede de rebocos de terra tratados com bioproduto com base em *Escherichia-coli* suplementado com ferro, com absorção lenta de água. Crédito: Ricardo Velez da Silva.

No entanto, muito há ainda a estudar nesta área da protecção e durabilidade dos rebocos de terra. Este tipo de tratamentos superficiais ecológicos, económicos e eficientes, pode aumentar a durabilidade dos rebocos de terra e alargar o seu campo de aplicação. Um exemplo será a possibilidade da sua aplicação na conservação e protecção de sítios arqueológicos, na conservação de estruturas antigas, como rebocos de sacrifício que se vão degradando com o envelhecimento e a exposição, mas que são perfeitamente compatíveis com os suportes onde são aplicados e completamente reversíveis. Por outro lado, os tratamentos superficiais podem ser efectuados sobre a superfície de rebocos de terra antigos, por exemplo arqueológicos, por forma a consolidar a sua superfície, conservando-os e tornando-os mais duráveis.

4.4. Sistemas de pintura

Os sistemas de pintura são aplicações de tintas, de base mineral ou orgânica, geralmente realizadas à trincha ou rolo, com a função principal de cobrir completamente a superfície do reboco, através de uma camada de espessura muito reduzida, conferindo-lhe uma alteração de cor (Figura 61). Simultaneamente, os sistemas de pintura podem também conferir protecção ao reboco de terra, através da formação de uma película protectora sobre a superfície, ou através da consolidação da superfície do reboco por impregnação, dependendo do tipo de tinta aplicado.

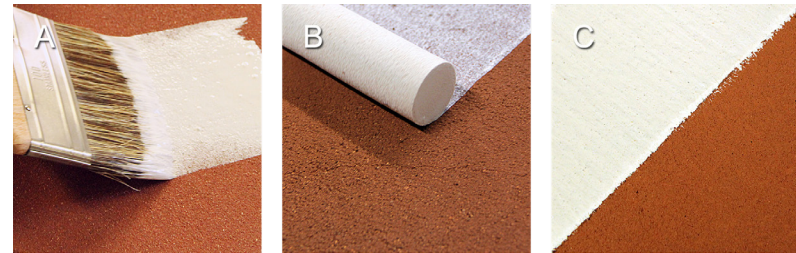


Figura 61 – Pinturas sobre rebocos de terra.

(A) Aplicação com trincha.

(B) Aplicação com rolo de espuma.

(C) Aspecto do recobrimento de um reboco de terra por uma película de tinta.

Entre as tintas de base mineral salientam-se, pela adequação para aplicação sobre rebocos de terra, as tintas de argila, as tintas de cal (também designadas de caiações) e as tintas de silicatos. No que respeita às tintas de base orgânica, salientam-se as tintas de caseína também pela adequação para aplicação sobre rebocos de terra. Contrariamente, pela não adequação, referem-se as tintas de polímeros sintéticos (vulgarmente conhecidas por tintas “plásticas”).

Em sistemas de pintura, e previamente à aplicação de tintas sobre rebocos de terra, é recomendada a aplicação de primário, mineral ou orgânico, consoante o tipo de tinta a aplicar, com a finalidade de evitar o destacamento de partículas de terra da superfície do reboco durante a execução da pintura (situação que, a ocorrer, provoca a alteração da cor da tinta, devido à elevada capacidade cromófora das partículas de terra).

Pinturas com tintas de argila

As tintas de argila são produtos formulados com base na fracção fina de terras com elevada capacidade corante, compostas maioritariamente por minerais argilosos e agregados muito finos. Tradicionalmente estas tintas eram obtidas apenas pela trituração fina de terras coloridas. e sua diluição em água. Mais tarde passaram a ser produzidas industrialmente e, em alguns casos, formuladas com base em argilas de cor clara coloradas com terras corantes calcinadas, ou pigmentos industriais, sintéticos. Podem também conter aglomerantes orgânicos ou minerais, em quantidade reduzida, propositadamente adicionados com a finalidade de melhorar a aderência e a resistência à abrasão.

Esta tintas são usualmente comercializadas na forma de pó, que deve ser misturado com água de acordo com as instruções do produto, de modo a obter uma tinta homogénea, sem grânulos, e com a viscosidade adequada. A aplicação pode ser realizada, em várias demãos, por meio de trincha ou rolo, directamente sobre a superfície do reboco base (Figura 62) ou sobre camada de barramento (Figura 63).



Figura 62 – Quarto, em obra contemporânea, com paredes de alvenaria de fardos de palha, revestidas com reboco de terra, acabamento por pintura de argila branca (parede esquerda e ao fundo) e consolidação com velatura de caseína (direita). Aljezur. Arquitectura e execução dos rebocos: Catarina Pinto (TERRAPALHA; com reboco “Embarro Universal”). Crédito: Vitor Lopes.

As tintas de argila usualmente têm grande capacidade de recobrimento, ou seja, conseguem ocultar com relativa facilidade a cor do reboco base ou barramento onde sejam aplicadas. Encontram-se disponíveis num leque variado de cores, naturalmente tons pouco saturados, devido à proveniência natural das argilas (terras corantes). São uma boa solução quando se pretende obter paramentos com cores uniformes, mesmo que muito distintas da cor do reboco de terra onde foram aplicadas.

No entanto, devido a sua base argilosa, este tipo de tintas não confere melhoria significativa do desempenho do reboco de terra, nomeadamente em relação à presença de água e resistência mecânica. Contudo, e pela mesma razão, as tintas de argila, também não prejudicam a capacidade dos rebocos de terra adsorverem e libertarem vapor do ambiente ou presente no interior da parede, pelo que

são uma solução adequada quando se pretende otimizar o contributo dos rebocos para a regulação termo-higrométrica do interior dos edifícios.



Figura 63 – Sala, em obra de reabilitação, com paredes em alvenaria de pedra, revestidas pelo interior com argamassa de reboco de terra pré-doseada e aplicação de barramento CONLINO, afagado, e acabamento por pintura, com tinta de argila CONLINO, de cor vermelha. Algarve. Arquitectura: Paola Boragine. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO, com reboco “Embarro Universal” e barramento e tinta de argila “Decofino”).

Caições

A caiação de um reboco de terra pode ser realizada de forma semelhante à caiação de outros tipos de rebocos. Salienta-se que, como mencionado anteriormente, é benéfica a consolidação prévia da superfície com um primário, por exemplo de caseína ou silicato de potássio. Com terras escuras e caiação clara a utilização do primário é mesmo muito importante. O leite de cal¹⁹ pode ser utilizado directamente, na diluição pretendida, ou pode ser colorido através da adição de pigmentos naturais (por exemplo, terras corantes) ou pigmentos sintéticos (pigmentos orgânicos ou minerais produzidos industrialmente).

¹⁹ Leite de cal – líquido resultante da diluição de pasta de cal em água (preferencialmente “água de cal”), com viscosidade inferior a uma tinta.

A aplicação pode ser realizada com rolo de espuma, à trincha, ou com brocha, dependendo da textura pretendida. A aplicação com rolo de espuma promove uma textura homogênea, ligeiramente rugosa, semelhante a um areado fino. A aplicação à trincha ou brocha cria uma textura com nuances, de maior ou menor intensidade, dependendo do tipo de trincha ou brocha utilizados. Independentemente da aplicação ser feita a rolo, trincha ou brocha, a forma de aplicação de cada demão tanto pode ser feita de forma regular, sendo a demão seguinte aplicada na perpendicular à anterior (demãos cruzadas), como pode ser baseada em movimentos aleatórios de modo a evitar a formação de um padrão, de textura ou nuances, derivado da forma da aplicação.

O número de demãos a aplicar irá depender também do grau de recobrimento pretendido. Cada demão de leite de cal aplicado, mesmo que pouco diluído, tem reduzida capacidade de recobrimento, ou seja, após secagem possibilita ainda a percepção da superfície do reboco. Assim, usualmente duas demãos são suficientes para conferir cor à superfície, mas deixam ainda perceber a textura do reboco de terra, o que até pode ser interessante do ponto de vista estético. Já para um recobrimento total da superfície é necessária a aplicação de três demãos, ou mais, dependendo da diluição do leite de cal, da cor do reboco base e da utilização, ou não, de pigmentos.

Para além do efeito estético a caiação de rebocos de terra tem também impacto no seu desempenho funcional. A caiação confere alguma protecção à superfície do reboco em relação ao desgaste por abrasão, minimizando a desagregação de partículas da superfície. A resistência à presença de água é significativamente melhorada e a capacidade de adsorção de vapor pelo reboco de terra não é diminuída (Figura 64).

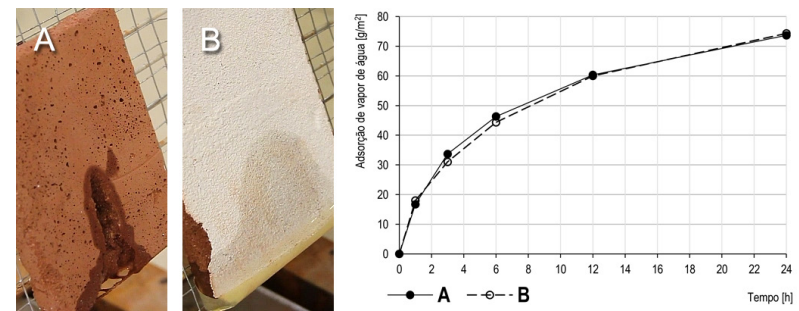


Figura 64 – Erosão por gotejamento e adsorção de vapor por reboco de terra.
(A) Sem caiação.
(B) Com caiação.

Pinturas com tintas de silicatos de potássio

As tintas de silicato de potássio, usualmente designadas apenas por tintas de silicatos, são tintas constituídas por uma base mineral aglomerante, de aspecto transparente (igual, ou semelhante, ao primário de silicato, descrito anteriormente na secção 4.3.), à qual é adicionada uma carga mineral de agregado muito fino que confere opacidade e cor branca à tinta. Também como mencionado anteriormente este tipo de tintas endurece através de reacção química, resultando num produto sólido opaco, estável, insolúvel e resistente aos UV, que se encontra quimicamente ligado ao suporte, sendo por isso muito durável.

Estas tintas podem ser aplicadas com trincha ou com rolo de espuma. A aplicação por aspersão é difícil, devido à presença da carga mineral e à rápida cristalização do produto. Durante a aplicação o produto impregna a superfície do reboco até determinada profundidade, dependendo da estrutura porosa das argamassas e da diluição do produto. Embora a capacidade de recobrimento seja maior que a do leite de cal, recomenda-se que a aplicação de cada demão seja também realizada, de forma regular numa mesma direcção ou com movimentos aleatórios de modo a evitar a formação de um padrão derivado da forma da aplicação.

Usualmente, duas a três demãos são suficientes para obter o recobrimento completo da superfície do reboco e, conseqüentemente, a alteração de cor desejada. Como estas tintas podem ser facilmente pigmentadas através da adição de pigmentos minerais, naturais ou sintéticos, é fácil obter uma paleta de cores diversificada.

Após secagem, o produto endurecido está a impregnar a camada exterior do reboco, com o qual está quimicamente ligado, contribuindo para o aumento significativo da dureza superficial do revestimento, da resistência à abrasão e ao impacto e também à presença de água, passando a superfície do reboco pintado a ser insolúvel. Cumulativamente, sistemas de pintura com este tipo de tintas não bloqueiam a permeabilidade e capacidade de adsorção do reboco de terra.

À semelhança do mencionado para a velatura de silicato de potássio, também este tipo de pinturas configura uma boa solução para protecção de rebocos de terra, interiores e exteriores. Como inconveniente salienta-se o custo e a impossibilidade de reciclagem da camada de reboco impregnada, que pode, no entanto, ser reutilizada como agregado após trituração.

Pinturas com tintas de caseína

As tintas de caseína são construídas por uma base orgânica aglomerante (igual, ou semelhante, ao primário de caseína, descrito na secção 4.3.) à qual é adicionada uma carga mineral (agregado muito fino) que confere opacidade e cor branca à tinta.

Estas tintas podem ser aplicadas com trincha ou com rolo de espuma. A aplicação por aspersão é difícil, devido à presença da carga mineral e à rápida aglomeração do produto no bico do pulverizador. Durante a aplicação, este tipo de tinta tende a formar uma película sobre a superfície do reboco com reduzida capacidade de impregnação. Embora a capacidade de recobrimento seja significativa, recomenda-se que a aplicação de cada demão seja feita de forma cruzada de forma a homogeneizar o resultado final.

A aplicação de duas a três demãos deste tipo de tintas é usualmente suficiente para obter o recobrimento completo da superfície do reboco (Figura 65). Com este tipo de tintas, à semelhança das tintas de silicatos, é também fácil obter uma paleta de cores diversificada através da adição de pigmentos minerais, naturais ou sintéticos.



Figura 65 – Quarto, em obra contemporânea, com paredes em alvenaria de tijolo, revestidas pelo interior com argamassa de reboco de terra pré-doseada, com aplicação de barramento afagado e acabamento por pintura com tinta de caseína. Almancil. Arquitectura: Paola Boragine. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO; com reboco “Embarro Universal”, barramento “Conlino” e tinta “Kreidezeit”).

Para além da diversidade cromática, as principais vantagens da aplicação de tintas de caseína sobre rebocos de terra são a protecção da superfície do reboco, cuja consolidação aumenta e que passa a poder ser tocada sem ocorrer destacamento de partículas finas, e a elevada permeabilidade ao vapor de água deste tipo de tintas. Os rebocos de terra pintados com tintas de caseína mantêm praticamente inalterada a capacidade de adsorção e libertação de vapor de água, podendo assim dar o máximo contributo para a regulação termo-higrométrica dos ambientes interiores dos edifícios.

Contudo, à semelhança das velaturas de caseína, também as tintas de caseína apresentam algumas limitações, nomeadamente em relação à exposição à radiação ultravioleta (UV), que degrada a proteína da caseína, podendo conferir um tom amarelado à superfície pintada, e em relação à exposição a água, que consegue impregnar-se na superfície do reboco e dissolver a tinta aplicada, originando a formação “bolsas” de escorrência.

Pinturas com tintas de polímeros sintéticos

A aplicação de tintas acrílicas sobre rebocos de terra é possível, recorrendo às técnicas anteriormente descritas, mas não é recomendada. As tintas acrílicas, mesmo que declaradas pelo fabricante como sendo de “elevada permeabilidade”, quando aplicadas sobre rebocos de terra promovem um efeito de barreira ao vapor significativo. Esta situação deve-se a, em termos relativos, estas tintas serem sempre muito menos permeáveis ao vapor que os rebocos de terra e também devido à elevada higroscopicidade da argila.

Assim, um reboco de terra pintado com uma tinta acrílica tem capacidade muito reduzida de adsorver e libertar vapor de água, ficando praticamente anulado o seu contributo para a regulação da humidade do ambiente interior, que seria uma das suas principais vantagens.

A humidade, eventualmente presente na parede, é também impedida de migrar até à superfície do reboco devido à presença da película de tinta mais impermeável, pondo em risco a durabilidade do reboco e, eventualmente, da própria parede.

As únicas vantagens da aplicação deste tipo de tintas sobre rebocos de terra são: a grande capacidade de recobrimento (com poucas demãos consegue-se facilmente alterar a cor do reboco); o aumento da resistência face à presença de água; e o aumento da resistência ao desgaste por abrasão mecânica. No entanto, caso ocorra humidade no interior da parede, situação comum em obras de reabilitação, este tipo de tintas perde rapidamente a aderência à parede, devido à pressão de vapor causada pela migração da humidade.

4.5. Barramentos

Os barramentos são usualmente realizados com argamassas finas, formuladas com areias com granulometria inferior a 0,5 mm, podendo ter argila como aglomerante, ou recorrer a um ligante como, por exemplo, a cal aérea. Estas argamassas podem ser designadas de pastas, quando são formuladas com agregados em pó.

Em algumas situações as pastas para barramento podem mesmo ser formuladas sem adição de agregados, como é o caso dos barramentos de gesso. Os barramentos podem também conter aditivos orgânicos,

naturais como a caseína, ou sintéticos como as resinas acrílicas, no intuito de melhorar algumas propriedades, como a capacidade de aderência ao suporte ou a coesão superficial. No entanto, este tipo de adições pode trazer alguns inconvenientes, como a redução da permeabilidade ao vapor de água, a libertação de compostos orgânicos voláteis, e a alteração cromática a longo prazo (devido à acção dos raios UV).

A aplicação dos barramentos é usualmente realizada com talocha ou espátula, formando uma camada continua opaca, de espessura reduzida, que deverá ser limitada a poucos milímetros, de modo a evitar a ocorrência de fissuração (Figura 66).

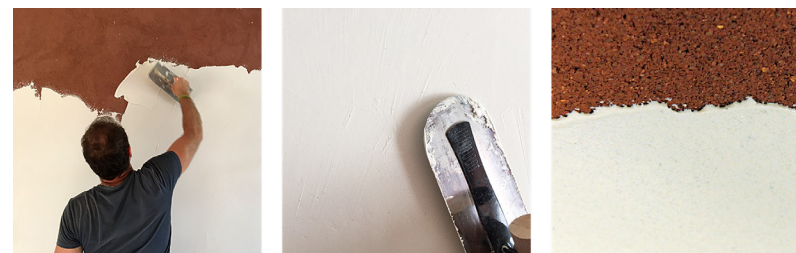


Figura 66 – Execução de barramento de argila sobre reboco de terra. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO; com reboco “Embarro Universal” e barramento “Decofino”).

Os barramentos permitem conferir uma alteração de cor e textura aos paramentos revestidos com rebocos de terra, possibilitando obter ambientes de grande diversidade estética. Por exemplo a aplicação em determinadas áreas de um barramento de cor clara sobre paramentos revestidos com reboco de terra de cor escura permite, por um lado, aumentar a reflexão de luz, clareando o ambiente, e, simultaneamente, continua a permitir a percepção do aspecto estético do reboco de terra (Figura 67).

Outra possibilidade distinta é a execução de barramentos recobrimdo a totalidade dos paramentos, criando assim ambientes com atributos estéticos totalmente independentes do aspecto estético do reboco de terra que constitui a camada base do revestimento (Figura 68).



Figura 67 – Sala, em habitação contemporânea, com aplicação em determinadas áreas de barramento de argila, sobre reboco de terra. Olhão. Arquitectura: José Lima (OFICINA INTEGRADA). Execução: Joachim Reinecke (EMBARRO; com reboco “Embarro Universal” e barramento “Conlino”).



Figura 68 – Sala e quarto, em habitação contemporânea, com aplicação de barramento de argila sobre a totalidade dos paramentos. Armação de Pêra. Arquitectura: LUV Architecture & Design S.L. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO; com barramento “Decofino”).

A aplicação dos barramentos permite também obter diferentes texturas, físicas e visuais, mais finas ou mais rugosas, com padrões suaves ou mais intensos, dependendo da granulometria dos agregados presentes no barramento, e do tipo de espátula ou talocha utilizado. O acabamento com talocha de esponja permite obter uma superfície areada, mais ou menos rugosa, dependendo da granulometria dos agregados presentes no barramento. A utilização da talocha de madeira promove a criação de uma superfície quase lisa e mate, em que os agregados podem ser perceptíveis, ou não, dependendo da sua coloração. Em barramentos com agregados muito finos o acabamento com talocha

metálica, de lâmina flexível, possibilita a criação de uma superfície lisa, quase polida, com ou sem percepção dos agregados, dependendo da sua granulometria e coloração (Figura 69).

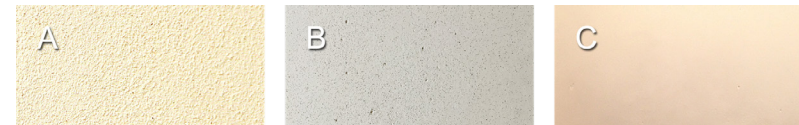


Figura 69 – Diferentes barramentos de argila com diferentes técnicas de execução. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO).

(A) “Conlino”, com talocha de esponja e acabamento areado.

(B) “Decofino”, com talocha metálica e acabamento liso com agregados visíveis.

(C) “Decofino”, com talocha metálica e acabamento liso, sem agregados visíveis.

Para além da função estética, a aplicação de barramentos tem também a função de conferir protecção ao reboco de terra que, dependendo do tipo de barramento aplicado, poderá melhorar a resistência à abrasão, ao impacto de objectos ou pessoas, ou à presença de água. Salienta-se que os barramentos devem ser compatíveis com o reboco de terra sobre os quais são aplicados, nomeadamente em relação à resistência mecânica (barramentos muito rígidos e pouco deformáveis são desadequados) e também em relação à permeabilidade ao vapor de água (barramentos pouco permeáveis são desadequados).

Barramentos à base de argila

Os barramentos à base de argila são argamassas finas, que podem ser formuladas a partir da fracção fina de determinadas terras, que contenham naturalmente uma proporção adequada de argila e areias finas, ou através da mistura de areias finas com determinadas argilas (usualmente argilas cauliniticas, com retracção reduzida). Os produtos disponíveis no mercado são formulações pré-doseadas, na forma de pó, sendo apenas necessário adicionar determinada quantidade de água e proceder à amassadura até obter uma mistura homogénea.

A aplicação deste tipo de barramentos é realizada de acordo com o anteriormente descrito, sendo a textura obtida também condicionada pela técnica de execução e pela granulometria e coloração dos agregados. A coloração do resultado final advém fundamentalmente da cor natural das terras corantes que estiveram na base da formulação do barramento. No entanto, quando as terras apresentam cores claras, é ainda

possível matizar o barramento através da adição de pigmentos naturais ou sintéticos. Quando as terras apresentam cores muito intensas, ou escuras, torna-se difícil a matização com pigmentos devido à grande capacidade corante das terras, que tende a prevalecer sobre a coloração dos pigmentos (Figura 70).



Figura 70 – Obras contemporâneas, com aplicação de barramentos com diferentes colorações.

(A) Sala com aplicação de barramento de cor clara. Execução e crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO, com barramento “Decofino”).

(B) Quarto com aplicação de barramento de cor “caramelo”. Arquitectura e execução: Catarina Pinto (TERRAPALHA, com barramento “Decofino”). Crédito: Vitor Lopes.

Este tipo de barramentos, devido a serem formulados com base em argila, são, de entre os barramentos abordados, os mais compatíveis com os rebocos de terra. Do ponto de vista mecânico, não são demasiado rígidos ou indeformáveis, pelo que não criam tensões na superfície do reboco. Como têm grande permeabilidade e também elevada capacidade de adsorção de vapor de água, não diminuem a capacidade do reboco de terra contribuir para a regulação termo-higrométrica dos ambientes interiores. Conferem também maior resistência à abrasão, mitigando o destacamento de partículas finas da superfície do paramento.

No entanto, a resistência dos barramentos de argila à presença de água é reduzida porque, tal como os rebocos de terra, também este tipo de barramentos endurece apenas por secagem das partículas de argila. Mas esta característica é simultaneamente uma vantagem, uma vez que possibilita a fácil reparação, bastando para tal humedecer o barramento para que ganhe novamente plasticidade.

Pelo mesmo motivo os barramentos deste tipo são também facilmente reutilizáveis, ou recicláveis, por exemplo, para a formulação de argamassas de terra.

Barramentos à base de cal aérea

Os barramentos à base de cal aérea eram muito utilizados na arquitectura vernácula como acabamento de paramentos, interiores e exteriores, que tinham sido revestidos com rebocos de cal, nomeadamente na região Sul de Portugal. Estes barramentos são executados com cal aérea hidratada, em pasta, misturada com pó de pedra ou com areia muito fina. O agregado, para além de conferir opacidade permite também controlar a retracção do barramento durante a fase de secagem, mitigando a ocorrência de fissuração. A aplicação é realizada em duas ou três camadas, com granulometria e espessura decrescentes. Quando se pretende obter uma superfície polida, a última camada é composta apenas por pasta de cal, sem adição de pó de pedra ou areia. Após aplicação esta camada pode ser brunida com auxílio da uma talocha metálica e pó de talco, aplicado com uma “boneca” de flanela (Santos *et al.*, 2013).

A aplicação de barramentos de cal aérea sobre rebocos de terra é menos usual, mas pode ser realizada com base nas formulações e nas técnicas utilizadas na arquitectura vernácula. A coloração dos barramentos de cal pode ser obtida de duas formas: através da adição de pigmentos minerais ou orgânicos, naturais ou sintéticos, directamente às pastas frescas, antes de serem aplicadas; ou por pintura com tintas de cal, aplicadas “a fresco”, ou seja, logo após a execução do barramento, enquanto este ainda não endureceu. Esta técnica de pintura a fresco, muitas vezes sob a forma de “fingidos” foi muito usual na arquitectura vernácula, e também erudita, na simulação de materiais nobres (por exemplo, pedra mármore ou madeira).

O endurecimento deste tipo de barramentos ocorre, tal como nos rebocos de cal aérea, por carbonatação (ver secção 1.3.2.) e é relativamente rápido, devido à sua espessura reduzida. Após endurecimento, o barramento de cal forma uma “capa” rígida, protectora do reboco de terra, dotando o paramento de maior resistência a choques e à abrasão, evitando também a desagregação de partículas de terra. A resistência à presença de água é substancialmente melhorada, deixando de existir

erosão das partículas de argila da superfície do reboco. À semelhança dos barramentos de argila, também os barramentos de cal aérea têm elevada permeabilidade ao vapor de água, praticamente não interferindo de forma significativa com a capacidade do reboco de terra em adsorver e libertar vapor de água (Figura 71).

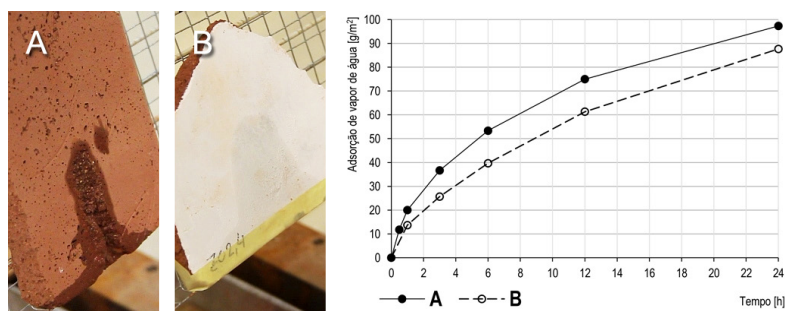


Figura 71 – Erosão por gotejamento e adsorção de vapor por reboco de terra. (A) Sem barramento de cal aérea. (B) Com barramento de cal aérea.

Barramentos de gesso

Os barramentos à base de gesso hemi-hidratado, à semelhança dos barramentos de cal, eram também utilizados na arquitectura vernácula e erudita, como acabamento fundamentalmente de paramentos interiores, dado que o gesso hemi-hidratado não é apto para aplicação exterior, em contacto directo com a água (Freire, 2016).

Usualmente os barramentos de gesso são constituídos apenas por gesso em pó, amassado com água, sem adição de agregados. No entanto, devido ao gesso hemi-hidratado endurecer muito depressa (ver secção 1.3.2.), as pastas de gesso apresentam uma presa muito rápida. Por isso, usualmente é necessária a adição de um retardador de presa, de modo a obter uma pasta com um tempo de vida (período de tempo antes do início do endurecimento) suficientemente longo para possibilitar a aplicação do barramento. Tradicionalmente a cal área, também em pasta, era adicionada às pastas de gesso com esta finalidade, aumentando o tempo de trabalho das pastas de gesso. Actualmente existem produtos no mercado (ácido cítrico, ácido tartárico ou poliamidas modificadas) que permitem atingir tempos de trabalho muito mais

longos (30 a 60 minutos). Por vezes a adição destes produtos pode conferir coloração amarelada ao barramento.

À parte da limitação do tempo de vida da pasta, a forma de aplicação dos barramentos de gesso é semelhante à forma de aplicação dos barramentos anteriormente abordados. Com este tipo de barramentos é possível obter superfícies particularmente lisas, uma vez que a pasta de gesso não necessita da adição de agregados. Mas podem ser adicionados agregados ou cargas por razões estéticas.

À semelhança dos barramentos de cal aérea, também a coloração dos barramentos de gesso pode ser obtida através da adição de pigmentos directamente às pastas frescas, antes de serem aplicadas. Em alternativa, pode ainda ser realizada pintura, com tintas minerais ou orgânicas aplicadas após endurecimento e secagem do barramento. As tintas, se suficientemente diluídas, irão impregnar a superfície do barramento devido à elevada porosidade da camada de gesso, aumentando assim a durabilidade de todo o sistema.

Após endurecimento, o barramento de gesso forma também uma “capa” rígida, protectora do reboco de terra, que melhora substancialmente a resistência do paramento a choques e à abrasão. A erosão instantânea do reboco de terra por escorrimento de água deixa de ocorrer, mas salienta-se que o contacto directo com a água, por período prolongado, põe em causa a durabilidade deste tipo de barramento, devido à vulnerabilidade à água do gesso hemi-hidratado, já anteriormente referida. Embora os barramentos de gesso apresentem razoável permeabilidade ao vapor de água, observa-se uma redução ligeira da capacidade do reboco adsorver e libertar vapor de água (Figura 72).

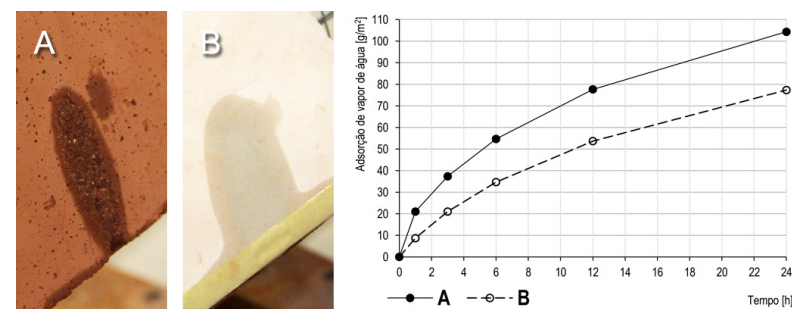


Figura 72 – Erosão por gotejamento e adsorção de vapor por reboco de terra. (A) Sem barramento de gesso. (B) Com barramento de gesso.

5

Recomendações para projecto e qualificação profissional

5.1. Recomendações para a elaboração de projecto

Actualmente a aplicação de rebocos de terra estende-se um pouco por todo o território nacional, em intervenções de reabilitação ou em obras novas ou de “raiz”. No caso das obras de reabilitação de edifícios antigos, os rebocos são geralmente aplicados sobre paredes com base em terra ou de alvenaria de pedra argamassada. No caso de obras de “raiz”, embora por vezes os rebocos de terra sejam também aplicados sobre paredes de terra, é contudo mais usual serem aplicados sobre paredes de alvenaria de tijolo furado corrente. No caso de obras de reabilitação mas de edifícios mais recentes (em que se pretende passar a ter rebocos com funcionalidades acrescidas, nomeadamente ao nível do contributo para o equilíbrio termo-higrométrico do espaço interior e a nível estético), os rebocos de terra são aplicados muitas vezes sobre rebocos existentes, que são picados para se garantir uma adequada aderência dos novos rebocos.

As aplicações de rebocos de terra são mais usuais em edifícios de habitação, mas também abrangem edifícios de serviços, neste caso incluindo geralmente restauração, hotelaria e escritórios (Figura 73). Atendendo à diversidade de aplicações e ao crescente interesse dos “projectistas” e dos “donos de obra” por este tipo de revestimentos, considera-se oportuno fazer algumas recomendações para a elaboração de projectos, no intuito de maximizar o benefício da utilização de rebocos de terra em obras contemporâneas (de reabilitação ou de “raiz”) e minimizar a ocorrência de eventuais situações de uso menos adequado.

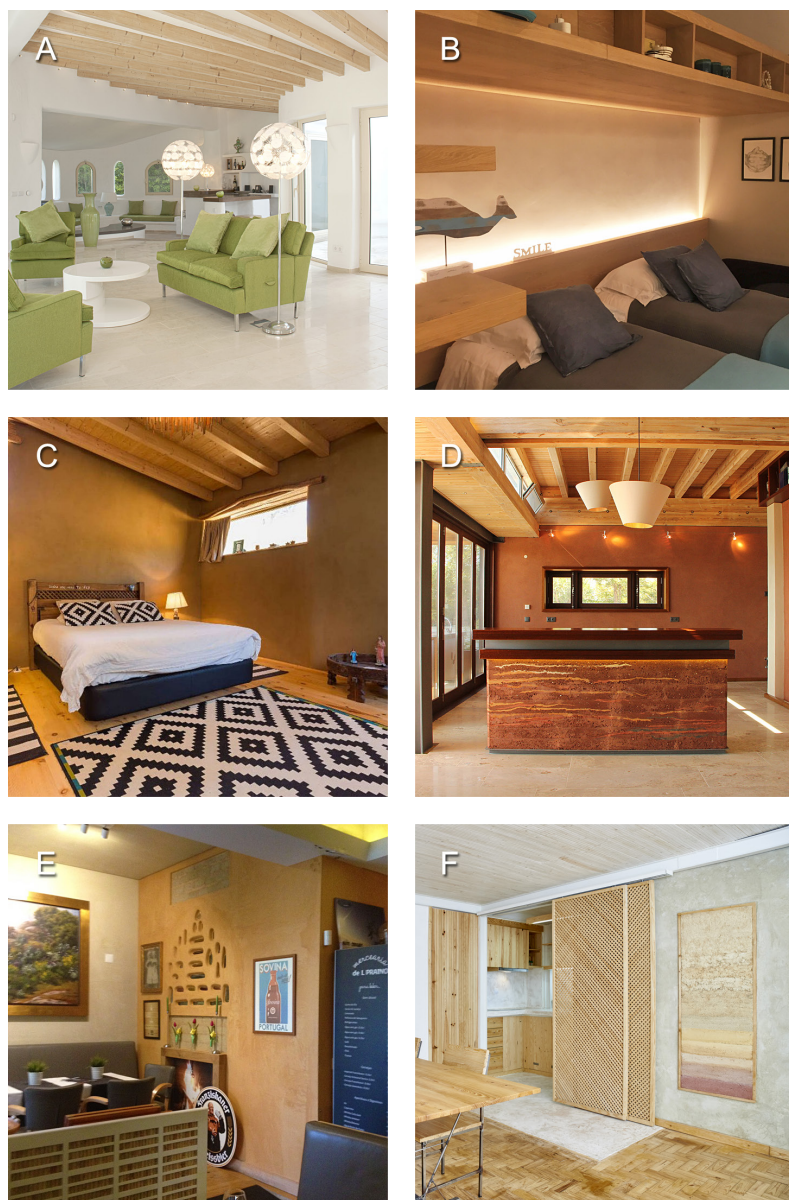


Figura 73 – Edifícios com diferentes usos, com aplicação de rebocos de terra.
 (A, B) Obra nova para habitação. Crédito: Joachim Reinecke (EMBARRO).
 (C) Obra nova para turismo em espaço rural. Arquitectura: Catarina Pinto (TERRAPALHA). Crédito: Vítor Lopes.
 (D) Obra nova para habitação. Arquitectura: José Lima (OFICINA INTEGRADA).
 (E) Remodelação interior para restauração. Arquitectura e crédito: Vera Schmidberger.
 (F) Reabilitação de edifício antigo para escritório. Arquitectura: Alina Jerónimo e Paulo Carneiro (CAS-STUDIO). Crédito: José Costa.

5.1.1. Reforço de revestimentos em terra

Quando se utilizam argamassas com elevada retracção, e consequente fissuração durante a secagem, ou quando se pretende obter maior resistência ao impacto de objectos ou pessoas, recomenda-se o reforço da camada de base do reboco de terra. Uma solução eficaz é a aplicação de uma rede de elementos vegetais ou fibra de vidro. Só devem ser utilizadas redes metálicas quando protegidas contra a corrosão, para evitar oxidação. A camada de base do reboco é realizada em duas sub-camadas, sendo a rede aplicada logo após a execução da primeira sub-camada, com a respectiva argamassa ainda fresca (Figura 74). Após aplicação da rede, e logo que a primeira sub-camada tenha adquirido a consistência necessária (para suportar a aplicação de outra camada sobre ela), deve ser realizada a segunda sub-camada da camada de base do reboco. A dimensão da malha da rede deve permitir o contacto das duas sub-camadas de argamassa de modo ao conjunto actuar como uma única camada de base de reboco reforçada.

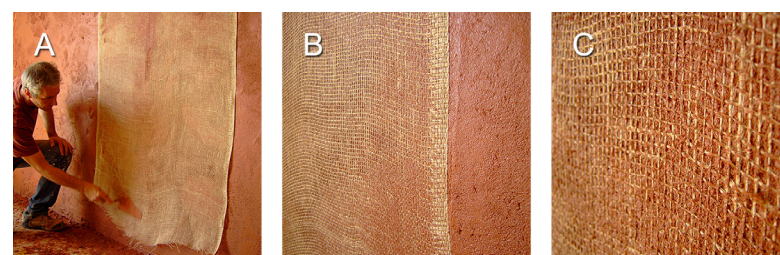


Figura 74 – Aplicação de rede de juta para reforço de camada base de reboco de terra. Execução: Joachim Reinecke (EMBARRO).

O mesmo tipo de reforço da camada de base com uma rede, e à semelhança do que sucede noutros tipos de rebocos, deve também ser preconizado em rebocos de terra aplicados sobre suportes distintos – por exemplo, sobre parede interior constituída por áreas de betão armado em vigas e pilares adjacentes a zona corrente de alvenaria de tijolo furado – e em zonas em que se sabe que a alvenaria é mais susceptível de fendilhar – como é o caso das áreas junto a esquinas de vãos.

Em todos os casos em que se preconiza a aplicação de rede de reforço da camada de base dos rebocos de terra tem de garantir-se uma suficiente sobreposição entre rolos de rede adjacentes. Isto porque em rebocos armados, a ausência de rede, nem que seja ao longo de um

alinhamento (por exemplo criado entre rolos adjacentes), cria uma zona muito propícia ao surgimento de uma fissura.

As arestas salientes (cantos convexos) das paredes revestidas com rebocos de terra (tal como em muitos outros tipos de rebocos) devem ser protegidas de modo a evitar eventuais destacamentos provocados pelo impacto de objectos. A protecção das arestas pode ser obtida de várias formas (Figura 75):

- boleamento acentuado das arestas sem reforço do reboco;
- boleamento ligeiro das arestas com reforço do reboco, através da aplicação de rede;
- reforço das arestas com elementos rígidos, ocultos (ou parcialmente ocultos) no reboco, que podem ser em metal (inoxidável ou com tratamento anti-corrosão) ou em material sintético (plástico ou fibra de vidro), devendo ser fixos à parede previamente à execução do reboco;
- reforço das arestas com elementos rígidos visíveis, que podem ser aplicados previamente, ou posteriormente, à realização do reboco, podendo ser realizados em metal, plástico ou madeira, conforme melhor se adequar às opções estéticas do projecto.

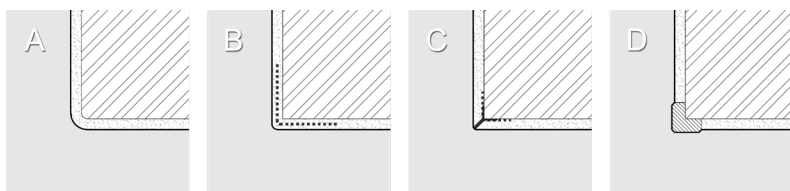


Figura 75 – Protecção de arestas salientes em paredes revestidas com rebocos de terra.
(A) Aresta boleada de forma acentuada.
(B) Aresta ligeiramente boleada reforçada com rede.
(C) Aresta reforçada com elemento oculto no reboco.
(D) Aresta reforçada com elemento visível.

5.1.2. Protecção de elementos dos vãos

Para o reforço de ombreiras e vergas de vãos, ou nichos em paredes, para além da opção de reforço das arestas salientes, anteriormente descrita, existe também a possibilidade de recobrimento total das faces interiores dos vãos ou nichos (faces correspondentes à espessura da parede), com outro material que confira protecção ao reboco de terra. No caso de vãos em paredes exteriores, esta opção apresenta ainda uma protecção adicional em relação aos elementos ambientais exteriores

(principalmente a chuva e o vento), que durante o período de abertura dos vãos (utilização ou ventilação) podem ser prejudiciais para os rebocos de terra (Figura 76).



Figura 76 – Protecção de ombreiras, vergas e peitoris interiores com elementos de madeira. Arquitectura: José Lima (OFICINA INTEGRADA).
(A) Vista geral de um compartimento.
(B) Pormenor de vão exterior.
(C) Pormenor de nicho em parede.

Deve evitar-se o revestimento de paredes sob peitoris de janelas com rebocos de terra não protegidos ou sem aditivos que aumentem a resistência à água, de modo a evitar humedecimento e degradação do reboco no caso de eventual infiltração de água pela janela. Esta pode ser motivada quer por falha na vedação da caixilharia, quer por erro de utilização (janela deixada aberta num dia de chuva). Assim, recomenda-se que, em paredes sob peitoris de janelas, o reboco seja aditivado (ver secção 3.1.) ou sobre ele seja aplicado um acabamento (ver capítulo 4.), por forma a reduzir a sua sensibilidade à água.

5.1.3. Aplicação de rebocos de terra em tectos

O revestimento de tectos com rebocos de terra pode ser uma opção vantajosa, uma vez que os tectos encontram-se usualmente excluídos em relação à maior parte das solicitações impostas aos paramentos interiores dos edifícios, nomeadamente choques de pessoas e objectos. Os tectos dos compartimentos representam uma área significativa da totalidade das superfícies interiores disponíveis para revestir. Este factor é particularmente importante se um dos objectivos para a opção de utilização de rebocos de terra for a melhoria do equilíbrio termo-higrométrico do ambiente interior dos edifícios.

No entanto, a opção de revestir tectos com rebocos de terra nem sempre é viável, nomeadamente quando estes são realizados com

estruturas de madeira, que podem apresentar deformação significativa ao longo do tempo, devido à fluência inerente à própria madeira. Essa situação levaria os rebocos a fissurar e, eventualmente, destacarem-se do tecto onde foram aplicados.

5.1.4 Protecção de paramentos sujeitos ao contacto directo com água

Recomenda-se evitar revestir com rebocos de terra paramentos sujeitos ao contacto directo regular com água, como é o caso das paredes de cozinhas onde se encontram instalados lava-loiças e bancadas de preparação de alimentos, ou no caso das instalações sanitárias as paredes onde se encontram instalados lavatórios, duches, banheiras ou bidés. Nestas situações, caso não se opte por outro material de revestimento, deve proteger-se o reboco de terra. Essa protecção pode ser realizada através de um acabamento que assegure a durabilidade do reboco de terra face à água (ver algumas das possibilidades descritas no capítulo 4.). Mas, nalgumas situações, pode também ser realizada através da aplicação de um verniz ou da fixação de elementos complementares, como por exemplo painéis de chapas de aço inox ou painéis de vidro (Figura 77).

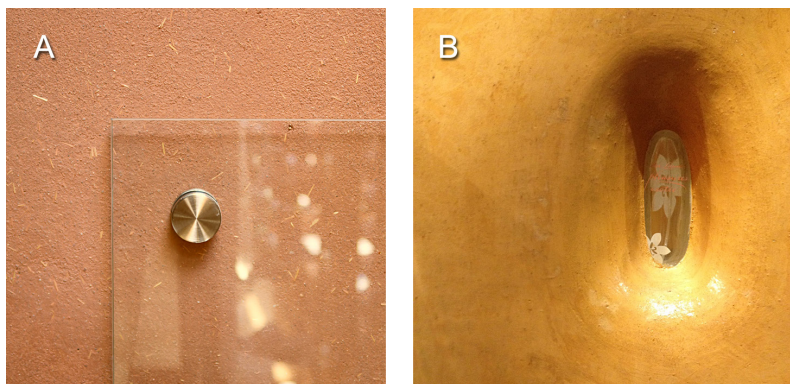


Figura 77 – Protecção de paramentos revestidos com rebocos de terra sujeitos ao contacto directo com água.

(A) Fixação de vidro transparente, ligeiramente afastado do paramento, para permitir ventilação do reboco de terra. Arquitectura: José Lima (OFICINA INTEGRADA).
(B) Aplicação de verniz impermeável. Arquitectura: Vera Schmidberger.

Em paredes revestidas com rebocos de terra devem ser sempre aplicados rodapés suficientemente elevados, de modo a evitar o humedecimento dos rebocos quando da limpeza dos pavimentos com

recurso à água. Essa altura deverá ser suficiente para evitar, por exemplo, o contacto de uma “esfregona” ou pano molhado com o reboco. Por outro lado, o rodapé e a junta periférica do revestimento do pavimento devem, em conjunto, também garantir que não haja possibilidade da água de lavagem do pavimento chegar ao reboco por infiltração por baixo do rodapé.

5.1.5. Recomendações para manutenção, reparação e fixações

Pelas particularidades dos rebocos de terra, e à semelhança do que deve suceder com muitos outros tipos de revestimentos, é importante que qualquer projecto que os prescreva inclua no manual de manutenção do edifício respectivo alguns aspectos relativos à sua manutenção e reparação.

Nos edifícios com rebocos de terra que não sejam aditivados e sem acabamento que os tornem resistentes à água, o manual tem de referir que estes não podem ser lavados com água. Mas, por outro lado, deve referir que, quando se pretenda alterar a textura do reboco (por exemplo por razões estéticas) ou proceder a reparações pontuais, então isso pode ser realizado facilmente, através de molhagem da superfície do reboco. É o caso simples, por exemplo, quando se retira um prego ou uma cola aplicados sobre o reboco.

Outro aspecto prende-se com recomendações relativas à fixação de objectos na parede, como é o caso de quadros. A fixação de objectos pesados, tal como noutros tipos de rebocos, deve realizar-se à parede de suporte e não ficar apenas a ser suportada pelo reboco de terra.

5.2. Formação e qualificação profissional a nível europeu

A formação e qualificação profissional na área da construção com terra, e em particular na área da execução de rebocos de terra, é um aspecto muito importante no contexto contemporâneo. Contribui de forma decisiva para o sucesso da concepção, em projecto, de soluções de revestimentos de terra, uma vez que aumenta a garantia de execução adequada em obra. É assim um factor determinante para a disseminação da terra enquanto material de revestimento em obras contemporâneas.

Em 2002 foi iniciado um projecto no qual técnicos de seis países desenvolveram um conjunto de materiais pedagógicos relativos a rebocos

de terra. A este primeiro projecto seguiu-se outro designado por *LearnWithClay* (Aprender com a Terra), durante o qual foi produzido um conjunto de unidades de aprendizagem, que têm sido desde então utilizadas para a avaliação de competências e para promoção da mobilidade transnacional dos profissionais ligados à produção, execução e reparação de rebocos de terra.

De 2012 a 2013 desenvolveu-se o projecto europeu PIRATE no qual colaboraram 18 organizações de oito países para trabalharam em conjunto. Desenvolveram-se documentos de suporte à formação profissional, então essencialmente de paredes de terra mas envolvendo, por exemplo, aspectos de *marketing* indispensáveis para o funcionamento de pequenas empresas que se dediquem à execução, entre outras técnicas com terra, dos rebocos (Didier *et al.*, 2016). As paredes constituem uma área de actuação mais específica que os rebocos de terra devido aos riscos inerentes associados a estes elementos, muitas vezes estruturais.

As unidades de aprendizagem e avaliação de competências foram desenvolvidas para os níveis de Qualificação Profissional Europeia (*European Qualification Framework*, EQF) 3 a 5, de forma a poder abarcar o conhecimento de profissionais já com experiência na área da construção, como por exemplo encarregados de obra e proprietários de pequenas empresas.

Todas estas unidades de aprendizagem foram construídas com base no *European Credit System for Vocational Education and Training* (ECVET) (*European Parliament*, 2009), específicos para formação profissional e vocacional, enquanto os créditos do *European Credit Transfer and Accumulation System* (ECTS) são específicos para formações de ensino superior convencionais.

No final do projecto PIRATE, e após muito tempo de discussão entre os vários intervenientes de diversos países, cada um com as suas especificidades, *backgrounds* e experiências, e as particularidades, por exemplo, regulamentares de cada país, foi possível estabelecer uma base comum, da qual resultou uma matriz (ECVET *Earth Building*, s.d.1) e um conjunto mais alargado de unidades de aprendizagem (ECVET *Earth Building*, s.d.2), que se juntaram às unidades previamente existentes dos rebocos de terra. Todas estas ferramentas constituem agora o referencial *Learn•Earth* (*Learn•Earth*, s.d), em português *Aprender•Terra*, que tem documentação de suporte em 15 línguas (Figura 78).



Figura 78 – Logo do referencial *Aprender•Terra* nas diversas línguas (*Learn•Earth*, s.d).

Na Tabela 3 apresenta-se todo o referencial de unidades (matriz) e respectivos níveis de qualificação profissional. Para os rebocos de terra existem as seguintes unidades, para os respectivos níveis de formação profissional:

- Unidade M – Da terra matéria-prima ao material de construção, para os níveis de qualificação profissional 1 a 5.
- Unidade C – Aplicação de reboco de terra, para os níveis de qualificação profissional de 1 a 4.
- Unidade R – Sub-unidade R2 – Reboco de terra – Reparação e conservação de construção de terra, para os níveis 1 a 5.
- Unidade D – *Design* de interior, para os níveis 1 a 4.
- Unidade O – Técnicas decorativas (com rebocos de terra), para os níveis 1 a 4.
- Unidade E – *Marketing* da construção com terra, para os níveis 3 a 5.

Tabela 3 – Matriz de unidades e níveis de qualificação profissional do referencial *Aprender•Terra* (adaptado de *Learn•Earth*, s.d).

Unid.	Sub-unidade	Nível EQF					Descrição
		L1	L2	L3	L4	L5	
M							Da matéria-prima ao material de construção
P							Produção de elementos (adobe ou BTC)
B	B1 Alvenaria de terra						Construção com terra
	B2 Cob						
	B2 Taipa						
C							Aplicação de rebocos de terra
F							Cofragens para a construção com terra
R	R1 Paredes de terra						Reparação e conservação
	R2 Reboco de terra						
D							Design de interior
O							Técnicas decorativas
E							Mercado da construção com terra

Como se observa na Tabela 3, algumas unidades são específicas para algumas técnicas com construção com terra, por exemplo a B – execução de alvenaria de blocos de terra, terra empilhada (*cob*) ou taipa, ou a C – execução de rebocos de terra, enquanto outras são comuns a todas as técnicas – casos das unidades M ou R, por exemplo, relacionadas com a preparação da terra e com o mercado da construção com terra.

As unidades podem ser descarregadas (ECVET *Earth Building*, s.d.2) e utilizadas. Mas o reconhecimento do resultado da aprendizagem ou validação europeia é efectuada através de um *Memorandum of Understanding* (MoU). Assim, só as organizações que adiram a este MoU podem emitir os certificados. Existe um processo de admissão de novas instituições ao MoU, de forma a garantir-se a qualidade e o suporte necessário para que essas novas instituições se familiarizem com o repositório, suas ferramentas e regras comuns estabelecidas entre todos os parceiros. A associação Centro da Terra foi validada para integrar o MoU, através de uma formação sobre construção em taipa promovida e avaliada, que decorreu na FCT NOVA na Caparica em 2015, em colaboração com o CEDACTerra.

Em todos estes projectos de formação profissional realizados na área da construção com terra, uma das grandes vantagens de representantes de vários países terem trabalhado em conjunto foi, por um lado, a possibilidade de se ter estabelecido um referencial que é comum e aceite por todos. Dessa forma, a qualificação profissional na área da construção com terra obtida num país é válida nos outros. Por outro lado, foi possível disseminar o referencial e as respectivas unidades de aprendizagem simultaneamente nos diversos países envolvidos. Esta situação possibilita atingir um efeito muito maior ao que se atingiria se o referencial e as respectivas unidades tivessem sido desenvolvidos e disseminados apenas por um único país. O referencial e as respectivas unidades já foram adoptados por exemplo em Inglaterra como um *National Occupational Standard* e a sua certificação tem sido obtida noutros países. Mas ainda não o foi em Portugal, pelo que todos os contributos nesse sentido são importantes.

Algumas formações e avaliações têm sido realizadas em Portugal especificamente sobre rebocos de terra utilizando o referencial *Aprender•Terra*. Numa organização conjunta com a associação Centro da Terra e o apoio da ANAB (*Associazione Nazionale Architettura*

Bioecologica, Itália) e da empresa EMBARRO, em 2013 decorreu na FCT NOVA na Caparica um curso de formação ECVET sobre rebocos de terra (Figura 79). Foram utilizadas as unidades M e C, correspondendo respectivamente à preparação e aplicação de rebocos de terra. A empresa EMBARRO realiza regularmente *workshops* de rebocos de terra também com base no modelo de aprendizagem *Aprender•Terra*.

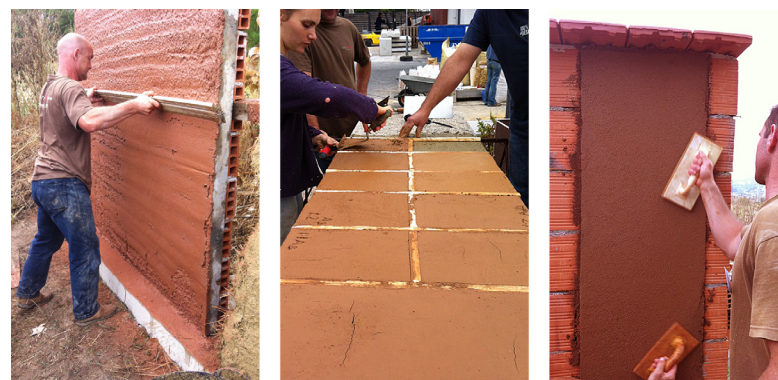


Figura 79 – Curso de formação ECVET sobre rebocos de terra, realizado na FCT NOVA na Caparica, em 2013, com co-organização da associação Centro da Terra e o apoio da ANAB (*Associazione Nazionale Architettura Bioecologica, Itália*) e da empresa EMBARRO.

Agradecimentos

Agradece-se à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), pelo financiamento da bolsa de investigação de Doutoramento, referência SFRH/BD/119703/2016, atribuída a José Lima, aluno do Curso de Doutoramento da Faculdade de Arquitetura de Universidade de Lisboa. Agradece-se também ao projecto PTDC/EPH-PAT/4684/2014: DB-Heritage – Base de dados de materiais de construção com interesse histórico e patrimonial, financiado pela FCT, no qual este trabalho se encontra parcialmente enquadrado; ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA) pela disponibilidade dos seus laboratórios para o desenvolvimento de muitas campanhas experimentais que suportam este trabalho e ao Mestre Engenheiro Vitor Silva pelo apoio laboratorial em muitas dessas campanhas. São também devidos agradecimentos a: Professora Doutora Alice S. Pereira, pela revisão técnica relativa à utilização de bioprodutos desenvolvidos do Departamento de Química da FCT NOVA; Doutora Teresa Freire, pela revisão técnica relativa à utilização do gesso; Professora Doutora Maria Idália Gomes e Mestre Tânia Santos, pela partilha na aquisição de conhecimentos na área dos rebocos com terra, e Doutora Arquitecta Patrícia Bruno, na área dos rebocos de terra arqueológicos.

Agradece-se também à arquitecta Catarina Pinto, da TERRAPALHA, aos arquitectos Paulo Carneiro e Alina Jerónimo, do CAS-STUDIO, e à arquitecta Vera Schmidberger, pela cedência de imagens das suas obras e pela partilha de informação relevante no que respeita aos materiais e técnicas de execução utilizados.

Agradece-se ainda ao arquitecto Miguel Rocha que iniciou a colecção dos Cadernos de Construção com Terra e ao arquitecto Filipe Jorge pela cedência de imagens, e também pela inestimável paciência enquanto editor, durante o longo período de tempo que demorou a elaboração da presente obra.

Um agradecimento especial ao Joachim Reinecke, fundador e gerente da empresa EMBARRO, pela generosa e continuada partilha da experiência profissional acumulada ao longo de vários anos de produção e aplicação de argamassas de terra, acabamentos e tratamentos superficiais, assim como pela cedência de muitos dos materiais utilizados nas campanhas experimentais mencionadas neste livro.

Agradece-se à Doutora Engenheira Rosário Veiga, Chefe do Núcleo de Revestimentos e Isolamentos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, e ao Arquitecto Miguel Rocha, Director do CEDACTerra (*Centro para el Estudio y Desarrollo de la Arquitectura y Construcción con Tierra*), por terem gentilmente aceite proceder à revisão científica da obra.

Referências bibliográficas

- ARUNDEL, A.; STERLING, E.; BIGGIN, J.; STERLING, T. (1986) – “Indirect health effects of relative humidity in indoor environments”. *Environmental Health Perspectives* 65, pp. 351-361.
- BORSOI, G.; LUBELLI, B.; VAN HEES, R.; VEIGA, R.; SANTOS SILVA, A. (2017) – “Evaluation of the effectiveness and compatibility of nanolime consolidants with improved properties”. *Construction and Building Materials* 142, pp. 385-394.
- BOTELHO-COSTA, J. (2004) – *Caracterização e constituição do solo*, 7.^a edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- BRÁS, A.; LEAL, M.; FARIA, P. (2013) – “Cement-cork mortars for thermal bridges correction. Comparison with cement-eps mortars performance”. *Construction and Building Materials* 49, pp. 315-327.
- BRUNO, P.; FARIA, P.; CANDEIAS, A.; MIRÃO, J. (2010) – “Earth mortars from prehistoric habitat settlements in South Portugal. Case Studies”. *Journal of Iberian Archaeology* 13, pp. 51-67.
- DARLING, E.; CROS, C.; WARGOCKI, P.; KOLARIK, J.; MORRISON, G.; CORSI, R. (2012) – “Impacts of a clay plaster on indoor air quality assessed using chemical and sensory measurements”. *Building and Environment* 57, pp. 370-376 (acessível em <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.06.004>).
- DIDIER, L.; PACOUD, G.; KOJICIC, D.; FARIA, P.; AUPICON, M. (2016) – “Le référentiel de compétences pour enseigner la terre”. T. JOFFROY; H. GUILLAUD; C. SADOZAI (eds) – *TERRA LYON 2016, Proceedings of TERRA 2016 – XII World Congress on Earthen Architecture* (11-14 July 2016, Lyon). Grenoble: CRATerre, pp. 345-350.
- DIN (2013a) – *DIN 18947. Earth plasters – Terms and definitions, requirements, test methods*. Berlin: NaBau.
- DIN (2013b) – *DIN 18946. Earth masonry mortars – Terms and definitions, requirements, test methods*. Berlin: NaBau.
- EUROPEAN PARLIAMENT (2009) – *Recommendation of the European Parliament and of the Council on the establishment of a European Credit System for Vocational Education and Training (ECVET)*. Document PE-CO S 3747/08 (acessível em <http://www.ecvet-team.eu/en/system/files/documents/13/ecvet-recommendation.pdf>).
- ECVET Earth Building (s.d.1) – *The matrix* (acessível em <https://f-origin.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/2869/files/2015/12/The-Matrix.pdf>).
- ECVET Earth Building (s.d.2) – *Units download. Learning outcomes sheets (knowledge, skills, competence) + Criteria & indicators sheets* (acessível em <http://ecvetearth.hypotheses.org/download/units-download>).
- FARIA, P.; DIAS, I.; JAMÚ, N.; SILVA, V. (2015) – “Air lime-earth blended mortars – Assessment on fresh state and workability”. C. MILETO; F. VEGAS; L. GARCIA SORIANO; V. CRISTINI (eds) – *Earthen Architecture: Past, Present and Future*. London: Taylor & Francis Group, pp. 133-138.
- FARIA, P.; PITEIRA, R. (2015) – “Natural hydraulic lime (NHL3.5) mortars with scrap tire rubber”. *ALITinform International Analytical Review* 41 (6), pp. 62-72.
- FARIA, P.; SILVA, V.; JAMU, N.; DIAS, I.; GOMES, I. (2013) – “Evaluation of air lime and clayish earth mortars for earthen wall renders”. M. CORREIA; G. CARLOS; S. ROCHA (eds) – *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. London: CRC Press/Taylor & Francis Group, pp. 407-413.

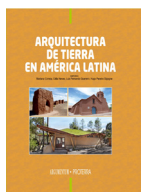
- FARIA, P.; SANTOS, T.; AUBERT, J.-E. (2016) – “Experimental characterization of an earth eco-efficient plastering mortar”. *Journal of Materials in Civil Engineering* 28 (1): 04015085.
- FARIA, P.; SANTOS, T.; SILVA, V. (2014) – “Earth-based mortars for masonry plastering”. P. LOURENÇO; B. HASELTINE; G. VASCONCELOS (eds) – *IMC 2014, Proceeding of 9th International Masonry Conference*. Guimarães: Universidade do Minho.
- FERNANDES, M.; TAVARES, A. (2016) – *O adobe*. Cadernos de Construção com Terra 2, 1.ª edição. Lisboa: Argumentum.
- FREIRE, M.T. (2016) – *Restoration of ancient Portuguese interior plaster coatings: Characterization and development of compatible gypsum-based products*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- FRUCTUOSO-HERNANDEZ, G. (2009) – “Aplicación del “licor” de nopal como aditivo para la cal”. GUERRERO BACA, L. F. (coord.) – *Conservación de Bienes Culturales: Acciones y Reflexiones*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 233-239.
- GIL, M. (2009) – *A conservação e restauro da pintura mural nas fachadas alentejanas: estudo científico dos materiais e tecnologias antigas da cor*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.
- GOMES, C. (1988) – *Argilas: O que são e para que servem*, 1.ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- GOMES, I.; FARIA, P.; GONÇALVES, T. D. (2018) – “Earth-based mortars for repair and protection of rammed earth walls. Stabilization with mineral binders and fibers”. *Journal of Cleaner Production* 172, pp. 2401-2414.
- GOMES, I.; GONÇALVES, T. D.; FARIA, P. (2014) – “Unstabilised rammed earth: characterization of material collected from old constructions in South Portugal and comparison to normative requirements”. *International Journal of Architectural Heritage* 8 (2), pp. 185-212.
- GONILHO-PEREIRA, C.; FARIA, P.; FANGUEIRO, R.; MARTINS, A.; VINAGRE, P.; RATÃO, S. (2013) – “Performance assessment of waste fibre-reinforced mortar”. *Materials Science Forum* 730-732, pp. 617-622.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. (1989) – *Traité de construction en terre*. Marseille: Parenthèses.
- IPQ (2015) – *NP EN 459-1 - Cal de construção; Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.
- IPQ (2017) – *NP EN 459-1 - Especificação de argamassas para alvenarias; Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

- KITA, Y. (2013) – “The functions of vegetable mucilage in lime and earth mortars - A Review”. *Proceedings of the 3rd Historic Mortars Conference HMC13*, 11-14 September 2013, Glasgow, Scotland. Glasgow: University of the West of Scotland.
- LABAT, M., MAGNIONT, C., OUDHOF, N.; AUBERT, J.-E. (2016) – “From the experimental characterization of the hygrothermal properties of straw-clay mixtures to the numerical assessment of their buffering potential”. *Building and Environment* 97, pp. 69-81.
- LABOREL-PRÉNERON, A., AUBERT, J. E., MAGNIONT, C., TRIBOUT, C.; BERTRON, A. (2016) – “Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review”. *Construction and Building Materials* 111, pp. 719-734 (acessível em <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.119>).
- LAMBLE, S.; CORSI, R.; MORRISON, G. (2011) – “Ozone deposition velocities, reaction probabilities and product yields for green building materials”. *Atmospheric Environment* 45(38), pp. 6965-6972 (acessível em <https://doi:10.1016/j.atmosenv.2011.09.025>).
- LEARN•EARTH (s.d) – *Database of ECVET Earth Building Certificates* (acessível em <https://docs.google.com/forms/d/1HpvVMM5gmKXeGnF8KtLBD6nKv-xrgW0BFjFUu5gZu2E/viewanalytics>).
- LIMA, J.; FARIA, P. (2016) – “Eco-efficient earthen plasters. The influence of the addition of natural fibers”. R. FANGUEIRO; S. RANA (eds) – *Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications. From Science to Markets*, RILEM Book Series vol. 12. Berlin: Springer, pp. 315-327.
- LIMA, J.; FARIA, P.; SANTOS SILVA, A. (2016a) – “Earthen plasters based on illitic soils from Barrocal region of Algarve: contributions for building performance and sustainability”. *Key Engineering Materials* 678, pp. 64-77.
- LIMA, J.; CORREIA, D.; FARIA, P. (2016b) – “Rebocos de terra: Influência da adição de gesso e da granulometria da areia”. *Livro de Actas – Argamassas 2016 – II Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento*. Coimbra: ITeCons, UCoimbra, APFAC.
- LIMA, J.; SILVA, S.; FARIA, P. (2016c) – “Rebocos de terra: Influência da adição de óleo de linhaça e comparação com rebocos convencionais”. *Teste2016 - Atas do 1.º Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil*. Lisboa: Relacre, IST, ULisboa (acessível em <https://doi:10.5281/zenodo.164637>).
- LIUZZI, S.; HALL, MR.; STEFANIZZI, P.; CASEY, SP. (2013) – “Hygrothermal behaviour and relative humidity buffering of unfired and hydrated lime-stabilised clay composites in a Mediterranean climate”. *Building and Environment* 61, pp. 82-92 (acessível em <https://doi:10.1016/j.buildenv.2012.12.006>).

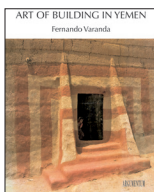
- LIUZZI, S.; STEFANIZZI, P. (2016) – “Experimental Study on Hygrothermal Performances of Indoor Covering Materials”. *International Journal of Heat and Technology*, 34:Special Issue 2, pp. 5365-5370 (acessível em [https://doi: 10.18280/ijht.34S225](https://doi.org/10.18280/ijht.34S225)).
- MADDISON, M.; MAURING, T.; KIRSIMAE, K.; MANDER, U. (2009) – “The humidity buffer capacity of clay-sand plaster filled with phytomass from treatment wetlands”. *Building and Environment* 44:9, pp. 1864-1868 (acessível em [https://doi:10.1016/j.buildenv.2008.12.008](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.12.008)).
- MARGALHA, G. (2010) – *Ligantes aéreos minerais. Processos de extinção e o factor tempo na sua qualidade*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- MARTÍNEZ-CAMACHO, F.; VAZQUEZ-NEGRETE, J.; LIMA, E.; LARA, V. H.; BOSCH, P. (2008) – “Texture of nopal treated adobe: restoring Nuestra Señora del Pilar mission”. *Journal of Archaeological Science* 5, pp. 1125-1133.
- MATIAS, G.; FARIA, P.; TORRES, I. (2014) – “Lime mortars with ceramic waste - A Review”. *Construction and Building Materials*, 73, pp. 125-136.
- MATTONE, M.; BIGNAMINI, E. (2012) – “Conservation of earthen constructions: Earth-gypsum plasters”. C. MILETO; F. VEGAS; V. CRISTINI (eds) – *Rammed Earth Conservation*. London: CRC Press/Taylor & Francis Group (acessível em [https://doi: abs/10.1201/b15164-117](https://doi.org/abs/10.1201/b15164-117)).
- MCGREGOR, F.; FABBRI, A.; FERREIRA, J.; SIMÕES, T.; FARIA, P.; MOREL, J. (2017) – “Procedure to determine the impact of the surface film resistance on the hygric properties of composite clay/fibre plasters”. *Materials and Structures*, 50 (4), 253.
- MELIÀ, P.; RUGGIERI, G.; SABBADINI, S.; DOTELLI, G. (2014) – “Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters”. *Journal of Cleaner Production* 80, pp. 179-186.
- MINKE, G. (2006) – *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Basel: Birkhauser.
- MORET-RODRIGUES, A.; CANHA-PIEADADE, A.; BRAGA, A. (2009) – *Térmica de edifícios*, 1.ª edição. Alfragide: Edições Orion.
- PADFIELD, T. (1999) – *The role of absorbent building materials in moderating changes of relative humidity*. Report R-54 1999. Phd Thesis, Department of Structural Engineering and Materials, Technical University of Denmark (Lyngby).
- PERNÃO, J. (2012) – *A cor como forma do espaço definida no tempo: princípios estéticos e metodológicos para o estudo e aplicação da cor em arquitetura e nas artes*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa.

- RIBEIRO, D.; FARIA, P.; SILVA, V. (2016) – “Alvenarias de blocos de terra - influência das argamassas de assentamento”. *ARGAMASSAS 2016 - II Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento*. Coimbra: ITeCons.
- RICHTER, J.; STANEK, K. (2016) – “Measurements of water vapour permeability – tightness of fibreglass cups and different sealants and comparison of μ -value of gypsum plaster boards”. *Procedia Engineering* 151, pp. 277-283.
- ROCHA, M. (2015) – *Técnicas de construção com terra – Uma introdução*. Cadernos de Construção com Terra 1, 1.ª edição. Lisboa: Argumentum.
- SANTOS, M.; PERNÃO, J.; AGUIAR, J.; REIMÃO COSTA, M. (2013) – “Lime and colour technologies in vernacular architecture in the Algarve, Portugal”. M. CORREIA; G. CARLOS; S. ROCHA (eds) – *Vernacular Heritage and Earthen Architecture*. London: CRC Press/Taylor & Francis Group, pp. 427-432.
- SANTOS, T.; FARIA, P.; SANTOS SILVA, A. (2017a) – “Avaliação *in situ* do comportamento de rebocos exteriores de argamassas de terra com baixas adições de cais”. *Conservar Património* 26, pp. 11-21.
- SANTOS, T.; NUNES, L.; FARIA, P. (2017b) – “Production of eco-efficient earth-based plasters: influence of composition on physical performance and bio-susceptibility”. *Journal of Cleaner Production* 167, pp. 55-67.
- STAZI, F.; NACCI, A.; TITTARELLI, F.; PASQUALINI, E.; MUNAFÒ, P. (2016) – “An experimental study on earth plasters for earthen building protection: the effects of different admixtures and surface treatments”. *Journal of Cultural Heritage* 17, pp. 27-41.
- VELEZ DA SILVA, R. (2017) – *Bioconsolidation of construction materials – Effect on the durability of an eco-efficient earthen plaster*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.
- W.H.O. (2009) – *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. Copenhagen: World Health Organization/Regional Office for Europe.

LIVROS SOBRE ARQUITECTURA EM TERRA



ARQUITECTURA DE TIERRA EN AMÉRICA LATINA
24cm x 32cm - 352 pp
ISBN 978-972-8479-96-1



ART OF BUILDING IN YEMEN
24,5cm x 32cm - 336 pp
ISBN 978-972-8479-66-4



LA RESTAURACIÓN DE LA TAPIA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA - 1980-2010
Criterios, técnicas, resultados y perspectivas
23cm x 31cm - 344 pp
ISBN 978-972-8479-83-1



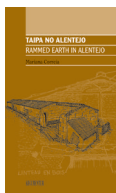
TERRA INCOGNITA
Discovering & preserving European earthen architecture
24,5cm x 30,6cm - 224 pp
ISBN 978-972-8479-54-1



TERRA 2012 - PROCEEDINGS 12TH SIACOT
11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage
23cm x 31cm - 320 pp
ISBN 978-972-8479-94-7



ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL
EARTH ARCHITECTURE IN PORTUGAL
23cm x 32cm - 300 pp
ISBN 972-8479-36-0



TAIPA NO ALENTEJO
RAMMED EARTH IN ALENTEJO
19cm x 32cm - 176 pp
ISBN 972-8479-50-3



ARQUITECTURA DE TERRA EM AVIS
19cm x 32cm - 144 pp
ISBN 972-8479-51-0



ARQUITECTURA PARA OS POBRES
Uma experiência no Egipto rural
19cm x 32cm - 208 pp
ISBN 978-972-8479-50-0



TERRA PALHA CAL
EARTH STRAW LIME
19cm x 32cm - 128 pp
ISBN 978-972-8479-84-8



TÉCNICAS de CONSTRUÇÃO com TERRA
Uma introdução
14cm x 24cm - 112 pp
ISBN 978-972-8479-87-9



O ADOBE
14cm x 24cm - 112 pp
ISBN 978-972-8479-95-4



TERRA EM SEMINÁRIO
19cm x 32cm - 288 pp
ISBN 978-972-8479-37-9



TERRA: FORMA DE CONSTRUIR
Arquitectura, Antropologia, Arqueologia
19cm x 32cm - 144 pp
ISBN 972-8479-44-1



HOUSES AND CITIES BUILT WITH EARTH
Conservation, Significance and Urban Quality
19cm x 32cm - 160 pp
ISBN 972-8479-41-7