

16

ARGAMASSAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Prof.^a Dra. Renata Monte •

Prof.^a Dra. Mercia Maria Semensato Bottura de Barros •

Prof. Dr. João Fernando Dias

16.1 Introdução, 331

16.2 Definição, 331

16.3 Classificação, 331

16.4 Constituintes das Argamassas, 333

**16.5 Características, Propriedades e Ensaios das
Argamassas, 336**

**16.6 Composição, Dosagem e Consumo de Materiais
por m³, 342**

16.1 INTRODUÇÃO

O material argamassa vem sendo largamente utilizado pela humanidade desde os seus primórdios (Gn 11, 3).

Inicialmente produzido a partir de aglomerantes naturais, como o óleo de origem animal ou vegetal, misturados com areias e argilas locais, aos poucos foi sendo objeto de estudos científicos e hoje, a exemplo do concreto, dispõe de muita literatura científica e tecnológica que aborda seu comportamento para as mais diferentes funções que pode exercer. No âmbito nacional, grande parte da literatura disponível é resultado das edições do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas (SBTA). Realizado no âmbito da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e do seu grupo de trabalho GT Argamassas, o SBTa é o principal evento técnico-científico brasileiro voltado às argamassas para construção civil e aos revestimentos de argamassa.

A argamassa é um material versátil, composto basicamente por aglomerantes inorgânicos, agregados e água, com possibilidade de uso conjunto de aditivos e adições.

É um material que pode ser utilizado em diferentes situações na construção civil, como: assentamento de componentes de alvenaria, revestimentos, assentamento de placas cerâmicas ou placas pétreas, reparos de estruturas, entre outras.

Não obstante toda evolução tecnológica, as argamassas são materiais que ainda guardam resquícios de utilizações empíricas, o que normalmente traz desafios de diversas naturezas como técnico, estético, econômico ou de durabilidade.

Pela sua diversidade de usos e possibilidades de constituição, é possível a obtenção de distintos materiais, todos eles com a denominação “argamassa”.

Neste capítulo, serão sintetizadas as principais características, propriedades, formas de obtenção e normas relativas às argamassas inorgânicas.

16.2 DEFINIÇÃO

A ABNT NBR 13281-1 (2023) define a argamassa inorgânica como uma mistura homogênea de um ou mais ligantes inorgânicos, agregado(s) miúdo(s) que atendam a normalização específica e água, podendo conter ou não fibras, adições e/ou aditivos, com características adequadas a sua utilização.

16.3 CLASSIFICAÇÃO

As argamassas têm amplo uso na construção civil sobretudo porque, a partir das suas diferentes composições, dosagem de seus constituintes e formas de preparo, resulta em um material com distintas características e, portanto, diferentes possibilidades de utilização. Assim, para facilitar seu estudo, propõe-se uma classificação que possa organizar esse material por grupos ou famílias que tenham características e propriedades semelhantes. As possibilidades de classificação são muitas. Neste capítulo propõem-se, a seguir, aquelas que sejam mais comuns.

16.3.1 Quanto à Função

A função para a qual uma argamassa será destinada exerce forte influência nos requisitos que são exigidos para o material. Nesta seção, são apresentadas as principais funções que as argamassas podem assumir, sendo também indicadas as normas técnicas que apresentam os requisitos e critérios que a argamassa precisa atender para cada uso.

- **Argamassas para revestimento de paredes e tetos.** O emprego de argamassas para revestir paredes e tetos é uma das principais aplicações desse material. O revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas, que possuem características e funções bem definidas e, por isso, exigirão argamassas com características e propriedades distintas. Esse conjunto de camadas de argamassa pode estar totalmente acabado como é o caso dos revestimentos decorativos ou podem, ainda, receber diversos tipos de acabamentos como um sistema de pintura ou os revestimentos cerâmicos, entre outros. São exemplos de camadas constituintes do sistema de revestimento de argamassa: chapisco, emboço, reboco, massa única. O chapisco é uma camada de preparo da base (usualmente alvenarias e componentes estruturais de concreto armado) para receber outras camadas do sistema de revestimento. Tem como funções principais uniformizar a absorção da base e potencializar aderência da camada subsequente (ABNT NBR 13529, 2013). Até o momento, não existe norma técnica nacional que especifique as características da argamassa de chapisco. Esse material pode ser industrializado ou produzido em canteiro. Independentemente da forma de sua produção, trata-se usualmente de uma argamassa com elevado teor de cimento, tendo a possibilidade de emprego de diferentes tipos de agregado

e aditivos químicos. A ABNT NBR 7200 (1998) menciona apenas a aplicação manual do chapisco e este com consistência fluida. Porém, a aplicação do chapisco com rolo de textura ou projetado mecanicamente, com o material mais consistente, é observada em obras. Além disso, alguns produtos industrializados são disponibilizados no mercado para aplicação com desempenadeira denteada. A ABNT NBR 13281-1 (2023) estabelece os requisitos, critérios e métodos de ensaios para as argamassas inorgânicas destinadas ao revestimento de paredes e tetos, independentemente de sua forma de produção (produzidas em canteiro, industrializadas, usinadas, prontas para uso ou outras alternativas) e de aplicação (manual ou mecanizada). Nessa norma são indicados alguns requisitos como classificatórios e outros apenas como informativos. Para os requisitos classificatórios, a norma propõe critérios para que as argamassas de revestimento sejam classificadas de acordo com o tipo de aplicação, ou seja, para uso como revestimento interno ou externo, para edifícios altos ou baixos. Esses critérios são estabelecidos a partir da necessidade de o material ter propriedades adequadas às exigências de desempenho do revestimento que será com ele produzido. Por sua vez, as argamassas decorativas (pigmentadas), monocamada ou multicamadas, e as argamassas de emboço técnico, para revestimentos com desempenho superior, têm seus requisitos e critérios apresentados na ABNT NBR 16648 (2018).

Argamassas para assentamento e fixação de componentes de alvenaria. A ABNT NBR 13281-2 (2023) apresenta os requisitos, critérios e métodos de ensaios exigíveis para as argamassas destinadas ao assentamento de componentes de alvenaria (blocos e tijolos), com e sem função estrutural, e para as argamassas destinadas à fixação horizontal da alvenaria sem função estrutural.

Argamassas para assentamento ou rejuntamento de placas cerâmicas. Atualmente, o assentamento de placas cerâmicas é mais comumente realizado com argamassa colante industrializada e os requisitos exigidos para esse material são apresentados na ABNT NBR 14081:1 (2012). Para o rejuntamento das placas cerâmicas, podem ser aplicadas argamassas de base cimentícia, cujos requisitos são indicados pela ABNT NBR 14992 (2003). Esses materiais, pelas suas especificidades, são abordados no Capítulo 25.

Argamassas para impermeabilização. O uso de argamassas em sistemas de impermeabilização é bastante comum, seja como camada de proteção mecânica de outros materiais como mantas e membranas, ou como um material impermeabilizante. As argamassas poliméricas de base cimentícia para impermeabilização são contempladas na ABNT NBR 11905 (2015). Essa norma traz os requisitos mínimos exigidos para esse material, produzido industrialmente, considerando seu uso em sistemas de impermeabilização não sujeitos a fissuras dinâmicas e submetidos à ação de água por percolação sob pressão negativa ou positiva. Outra norma que trata de argamassas para impermeabilização é a ABNT NBR 16072 (2012), que estabelece os requisitos para a argamassa impermeável dosada e preparada em canteiros de obra com cimento, areia, aditivo impermeabilizante e água, para uso em fundações, cortinas, subsolos, reservatórios e piscinas sob o solo, poços de elevador e outras estruturas equivalentes não sujeitas à fissuração. As especificidades dos materiais para impermeabilização são tratadas no Capítulo 31.

Argamassas para pisos e contrapisos. A camada de contrapiso é definida pela ABNT NBR 15575:3 (2021) “como o extrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, adherida ou não, e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, cimento ou declividade”. Não há uma norma técnica específica para as argamassas destinadas à produção de contrapisos. A ABNT NBR 13753 (1996), que versa sobre os revestimentos de piso interno e externo com placas cerâmicas, é a única norma que apresenta prescrições para a argamassa de contrapiso. Nessa norma é indicado o uso de uma argamassa de consistência semisseca (ver Seção 16.3.3), produzida com cimento e areia média úmida, com proporção em volume de uma parte de cimento para seis partes de areia, ou uma argamassa mista de cimento, cal e areia com respectiva proporção em volume de 1:0,25:6. Barros (1991), ao discutir a tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais, propõe uma metodologia de dosagem para essas argamassas. Existem outros tipos de argamassa para contrapiso que ainda não dispõem de norma técnica específica, como as argamassas fluidas (usualmente denominadas autonivelantes pelo meio técnico) e de hidratação controlada (também denominadas

argamassas estabilizadas). Há também a ABNT NBR 11801 (2012), que estabelece os requisitos para argamassas de alta resistência mecânica, superior a 40 MPa, para produção de pisos industriais (o Capítulo 29 trata dos pisos industriais revestidos por argamassa de alta resistência).

- **Argamassas para usos específicos.** Algumas das aplicações específicas para as quais podem ser utilizadas argamassas são: proteção mecânica, refratárias, isolantes, grautes, recuperação estrutural, blindagem radiológica (baritada), entre outras. Para esses usos, as argamassas deverão apresentar composição e dosagem adequadas às condições de emprego.

16.3.2 Quanto ao Aglomerante

A natureza, o tipo do aglomerante e o número de aglomerantes utilizados na produção das argamassas também diferencia as suas características e o comportamento resultante de sua aplicação. Nesse sentido, as argamassas podem ser classificadas como:

- **Argamassa aérea:** constituída por aglomerantes aéreos como a cal hidratada ou o gesso.
- **Argamassa hidráulica:** constituída por aglomerantes hidráulicos como o cimento Portland.
- **Argamassa simples:** quando utiliza apenas um tipo de aglomerante. É chamada argamassa de cimento, argamassa de cal ou argamassa de gesso, dependendo do aglomerante utilizado.
- **Argamassa mista:** usualmente constituída por cimento Portland mais cal hidratada (a mistura de cimento com gesso não é adequada, ver Capítulo 3).

16.3.3 Quanto à Consistência ou Fluidez

Na argamassa fresca, os agregados estão imersos em uma pasta (finos mais água) que garante, além da coesão do sistema, a lubrificação e o espaço para a movimentação desses grãos. À medida que se aumenta o volume de pasta, a argamassa escoa com maior facilidade, pela diminuição do contato entre os agregados, e a fluidez do sistema passa a ser governada pela viscosidade da pasta. Ou seja, a consistência ou fluidez da argamassa é influenciada pela relação entre o volume de pasta (finos mais água) e o volume de vazios entre os agregados (estrutura granular), podendo ser classificada como:

- **Argamassa semisseca:** quando o volume de pasta é inferior ao volume de vazios intragrangular, com isso há o contato entre os grãos do agregado.

Nesse caso, a argamassa tem aspecto áspero e nos canteiros de obra é usualmente denominada “argamassa farofa” pelo aspecto solto entre os constituintes.

- **Argamassa plástica:** há um equilíbrio entre o volume de pasta e o volume de vazios entre os grãos do agregado, fazendo com que haja mais coesão entre os materiais constituintes.
- **Argamassa fluída:** o volume de pasta supera o volume de vazios granular, fazendo com que os grãos do agregado fiquem dispersos na pasta e afastados entre si.

O volume relativo da pasta e dos vazios influencia na reologia do material (plasticidade e viscosidade) e cada aplicação exige condições reológicas adequadas para sua aplicação.

16.3.4 Quanto à Forma de Produção ou Fornecimento

As argamassas podem ser produzidas e fornecidas de diferentes maneiras, podendo ser classificadas quanto a esse critério como:

- argamassa produzida em canteiro de obra;
- argamassa industrializada ensacada;
- argamassa industrializada ensilada;
- argamassa produzida em usina.

Independentemente da forma de produção ou fornecimento, as argamassas devem apresentar características e propriedades que permitam a sua utilização segundo as funções para as quais foram definidas. Essas características e propriedades são apresentadas na Seção 16.5.

16.4 CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS

A definição das argamassas apresentada na Seção 16.2 indica que são compostas pela mistura homogênea de algumas matérias-primas, como o cimento, a cal e a areia, por exemplo. É importante entender como as características das matérias-primas que podem compor uma argamassa influenciam suas propriedades no estado fresco e também no seu comportamento após endurecida.

16.4.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um dos principais constituintes das argamassas. Quando presente, é responsável por

conferir as propriedades mecânicas necessárias para as mais variadas aplicações das argamassas.

Pela importância do cimento na construção civil, ele é tratado com mais profundidade no Capítulo 3, destacando-se aqui apenas as suas características que mais influenciam o comportamento das argamassas.

Em geral, não há restrições ao tipo de cimento que será utilizado em argamassas, mas alguns cuidados são indicados para evitar manifestações patológicas que podem ser associadas direta ou indiretamente ao tipo de cimento utilizado.

No caso de argamassa para revestimentos de paredes e tetos, o uso de cimentos muito finos, como o cimento CPV-ARI, pode aumentar o risco de fissuração no revestimento por retração excessiva da argamassa. Também o uso de cimentos com altos teores de adições minerais (CP III ou CP IV) impacta a velocidade de ganho de resistência mecânica. Quando do emprego desses tipos de cimento, o processo de cura das camadas é ainda mais fundamental para evitar que as camadas (chapisco, emboço, massa única, por exemplo) tenham resistência mecânica aquém do exigido. Para as argamassas de chapisco, em especial, recomenda-se que esses dois últimos tipos de cimento não sejam empregados.

16.4.2 Cal Aérea

A cal é um aglomerante muito utilizado na produção de argamassas, especialmente aquelas utilizadas como revestimento e assentamento. Quando comparada ao cimento Portland, tem limitada capacidade de proporcionar ganho de resistência mecânica, sobretudo em idades curtas, por depender do processo de carbonatação do hidróxido de cálcio com o CO₂ do ar, para formar o carbonato de cálcio. Por outro lado, confere melhoria em algumas propriedades das argamassas, como plasticidade, capacidade de retenção de água no estado fresco e capacidade de absorver deformações no estado endurecido. Carasek (1996) observou também que o uso da cal em argamassas para revestimento facilita o preenchimento do substrato, favorecendo a extensão de aderência.

Entretanto, como salientam Bauer e Sousa (2005), o teor excessivo de cal pode influenciar negativamente o desempenho do revestimento, principalmente no risco de surgimento de fissuras. Por isso, a dosagem adequada de argamassas utilizadas em revestimentos e assentamentos, que concilie as vantagens do cimento e da cal, é fundamental para o adequado desempenho do elemento por ela produzido.

O Capítulo 2 dedica-se às características e propriedades mais relevantes das cales para a construção civil.

16.4.3 Gesso

A utilização de argamassas de gesso, incorporando agregado miúdo à pasta de gesso, é menos comum no mercado brasileiro (John; Antunes, 2002) e, por isso, esse assunto não será aprofundado neste capítulo. Não obstante seu reduzido uso em argamassas, o gesso é um material muito utilizado na construção civil, podendo-se citar a produção de revestimentos com pasta de gesso e a fabricação de placas de gesso acartonado como importantes aplicações desse material. Pela sua importância, o gesso é tratado com mais profundidade no Capítulo 2, em que se discutem a composição química, características e propriedades do gesso como material de construção.

16.4.4 Agregados

Os agregados têm um papel muito importante como materiais na construção civil e, particularmente, na produção de concretos e argamassas. Pela sua relevância, o Capítulo 4 é dedicado à discussão ampla do tema. Neste capítulo, são sintetizados apenas alguns aspectos relevantes dos agregados que afetam as propriedades das argamassas de uso corriqueiro na construção civil.

Os agregados utilizados na produção de argamassas podem ser caracterizados como material granular, geralmente inerte. O mais utilizado é classificado como areia, que é um agregado miúdo cujos grãos passam pela peneira de malha 4,75 mm e ficam retidos na malha de 150 µm, devendo atender às especificações da ABNT NBR 7211 (2022).

Principalmente por razões ambientais, econômicas e de disponibilidade local, agregados classificados como siltos ou argilas, e agregados reciclados originados de resíduos de construção e demolição (RCD), podem estar presentes na composição de argamassas. O Capítulo 33 aborda o tema reciclagem de RCD.

Os agregados podem ter diferentes natureza e origem, podem ser naturais ou artificiais, e apresentar composição mineralógica, granulometria e características variadas e, por isto, ter uso bastante diverso.

O agregado é o constituinte das argamassas utilizado em maior volume e, por isso, exerce grande influência nas propriedades no estado fresco e no comportamento do elemento produzido com a argamassa. Sabbatini (1998), referindo-se especificamente a argamassas de assentamento, enfatiza que o agregado utilizado na sua composição tem forte influência em propriedades importantes como

trabalhabilidade, capacidade de aderência e resistência. Por isso, o autor salienta a importância de uma escolha preponderantemente técnica da areia adequada para a confecção de argamassas de assentamento. Essa influência do agregado é observada também nas argamassas de revestimento.

As características da areia mais importantes de serem consideradas quando da composição e dosagem das argamassas são a composição mineralógica e granulométrica, forma e rugosidade superficial dos grãos, a massa unitária e o inchamento (Sabbatini; Baía, 2000). Bauer e Sousa (2005) recomendam que os agregados sejam isentos de matéria orgânica, formações ferruginosas, aglomerados argilosos e outras impurezas que possam causar manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa. A natureza do agregado e sua composição granulométrica influenciam a reologia da argamassa e, particularmente, a sua plasticidade. Grãos com formas angulares, lamelares ou rugosas demandam maior teor de pasta para que as argamassas tenham a plasticidade necessária para determinadas aplicações. O maior volume de pasta é usualmente alcançado com aumento no consumo de finos, particularmente, de aglomerantes. Porém, o aumento no consumo de aglomerantes pode alterar diversas propriedades do material no estado endurecido, como a retração e, em consequência, o potencial de fissuração, as características mecânicas e a capacidade de absorver deformações.

A natureza e a granulometria dos agregados também influenciam na massa unitária, que é uma relação entre a massa e o volume dos agregados. Esse é um parâmetro utilizado para as transformações de dosagens em massa para volume e vice-versa. O conhecimento do inchamento do agregado também é importante para as conversões de dosagem massa-volume, sobretudo para as argamassas produzidas em canteiro, em que o uso de agregado úmido é corriqueiro.

16.4.5 Aditivos

Sobretudo em argamassas industrializadas e usinadas, o emprego de aditivos químicos é comum, objetivando economia e obtenção de propriedades especiais. Alguns aditivos também são empregados em argamassas produzidas em canteiro, particularmente aquelas que buscam substituir a cal. Os principais aditivos utilizados nas argamassas, considerando a designação da ABNT NBR 11768-1 (2019), são os incorporadores de ar, os retentores de água, os redutores de água e os controladores de hidratação. O Capítulo 5 traz mais detalhes sobre os aditivos químicos,

mas os principais aditivos utilizados em argamassas serão brevemente discutidos neste capítulo.

- **Incorporadores de ar:** os aditivos incorporadores de ar são muito empregados nas argamassas para revestimentos, por lhes proporcionarem ganho de rendimento e de plasticidade o que melhora a trabalhabilidade. Para o emprego desses aditivos, é importante a avaliação da sua estabilidade, ou seja, da sua capacidade de manter um volume de ar incorporado independente do tempo de mistura e da manipulação do material na aplicação (Monte; Uemoto; Selmo, 2003). É importante também que o teor de ar se mantenha durante certo período de repouso, para não perder precocemente o rendimento e a trabalhabilidade inicialmente obtidos. Além disso, o cuidado na incorporação de aditivos às argamassas é fundamental para que não aconteça uma redução não prevista de resistência mecânica por aumento excessivo do teor de ar. Nas argamassas de hidratação controlada também é comum o uso de aditivos incorporadores de ar, que atuam sobre a sua plasticidade, a qual é uma propriedade fundamental para as etapas de execução do revestimento (Bauer *et al.*, 2015).
- **Retentores de água:** a retenção de água é uma propriedade muito importante das argamassas para algumas aplicações, como o revestimento de paredes e o assentamento de componentes de alvenarias. Essa propriedade pode ser melhorada com ajustes na composição das argamassas, como o emprego da cal hidratada, por exemplo, mas os aditivos retentores de água, geralmente à base de celulose, são uma alternativa bastante utilizada. Esse tipo de aditivo é também fundamental para as argamassas colantes utilizadas para assentamento de placas cerâmicas, assunto abordado no Capítulo 25.
- **Redutores de água:** os aditivos redutores de água, antes denominados plastificantes e superplastificantes a depender da magnitude do efeito gerado, são utilizados para conferir fluidez às argamassas sem prejuízo da resistência mecânica. Estão presentes particularmente nas argamassas fluidas (por vezes denominadas autonivelantes ou autoadensáveis) que podem ser destinadas à produção de contrapisos.
- **Controlador de hidratação:** o aditivo controlador de hidratação tem ganhado mais espaço com o crescimento do mercado das argamassas de hidratação controlada. Essas argamassas são dosadas e misturadas em usinas de concreto, sendo entregues úmidas e prontas para o uso nos canteiros de obras.

Nessas argamassas, o aditivo atua como um inibidor das reações de hidratação do cimento Portland, mantendo a trabalhabilidade por 36 ou 72 horas dependendo do teor de aditivo empregado (Casali *et al.*, 2020). Após finalizado esse tempo, o cimento Portland retoma seu processo de hidratação.

16.4.6 Fibras

A adição de fibras nas argamassas, particularmente as fibras poliméricas, é uma das soluções que vêm ganhando espaço junto aos projetistas para reduzir o risco de fissuração. O interesse de pesquisadores brasileiros sobre o tema tem trazido ao meio técnico diversas dissertações e artigos científicos que exploram diferentes aspectos relacionados ao tema, como a caracterização mais geral do material apresentada por Cortez (1999), a avaliação reológica que foi discutida por Silva (2006), o efeito sobre a resistência de aderência evidenciado por Monte, Barros e Figueiredo (2012) e o potencial na redução da fissuração por retração restringida demonstrada por Monte, Barros e Figueiredo (2018). As fibras poliméricas foram recentemente normalizadas no Brasil pela ABNT NBR 16942 (2021), resultando maior segurança para a especificação de fibras previamente qualificadas com os requisitos desta norma. Um dos requisitos é a resistência da fibra à ação do meio alcalino, uma garantia da durabilidade do reforço mecânico proporcionado pelas fibras na argamassa. Quando as fibras sofrem degradação por conta do ataque alcalino, a capacidade de reforço sofre redução com o tempo (Salvador; Figueiredo, 2013).

16.5 CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E ENSAIOS DAS ARGAMASSAS

Para que as argamassas possam cumprir adequadamente as funções para as quais foram designadas,

susas características e propriedades nos estados fresco e endurecido devem atender a determinados níveis de exigência, avaliados segundo ensaios específicos.

Salienta-se que a norma ABNT NBR 13281 (2023), em suas partes 1 (argamassas para revestimentos de paredes e tetos) e 2 (argamassas para assentamento de componentes de alvenaria), determina que as argamassas devem atender integralmente aos requisitos classificatórios e informativos por ela estabelecidos, independentemente da forma de produção (ver Seção 16.3.4) ou aplicação (manual ou mecanizada). No caso das argamassas fornecidas à obra, a referida norma define que o fornecedor deve classificar seu produto e disponibilizar as informações na embalagem e/ou ficha técnica. No caso das argamassas produzidas em canteiro, a norma determina que o responsável (legal e/ou técnico) pela obra deve realizar os ensaios estabelecidos, registrar e manter sob seu domínio os resultados e confirmar o atendimento à classificação para determinada aplicação.

No Quadro 16.1, apresentam-se as principais propriedades a serem avaliadas nas argamassas em estados fresco e endurecido.

16.5.1 Estado Fresco

■ Comportamento reológico

São diversas as propriedades exigidas de uma argamassa no estado fresco, como indicado no Quadro 16.1, mas pode-se dizer que a mais basilar é o seu comportamento reológico, que pode ser traduzido como a capacidade da argamassa de ser “aplicável” ou “trabalhável”. A trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação qualitativa, que envolve propriedades como consistência, fluidez, coesão e exsudação, todas presentes no denominado comportamento reológico das argamassas.

As características de trabalhabilidade exigidas de uma argamassa variam, em função do seu emprego.

QUADRO 16.1 Principais propriedades das argamassas no estado fresco e no endurecido

Estado fresco	Comportamento reológico	Estado endurecido	Densidade de massa aparente
	Densidade de massa		Propriedades mecânicas
	Teor de ar incorporado		Variação dimensional
	Retenção de água		Aderência potencial
	Adesão inicial		Permeabilidade
	Tempo de uso		Durabilidade

Por exemplo, a trabalhabilidade exigida para uma argamassa de revestimento de paredes e tetos é distinta da trabalhabilidade de uma argamassa de assentamento ou para contrapiso. Ao se produzir um contrapiso, é possível que se trabalhe com uma argamassa de consistência semisseca, sendo ela totalmente trabalhável para essa aplicação. No entanto, não é possível que essa mesma argamassa seja aplicada como revestimento de parede ou para assentamento de componentes de alvenaria.

Sabbatini e Baía (2000), referindo-se especificamente às argamassas para revestimento de paredes e tetos, indicam que uma argamassa é considerada trabalhável quando: se deixa penetrar facilmente pela colher de pedreiro (sem ser fluida); mantém sua coesão ao ser transportada, sem que haja exsudação; não adere à colher ao ser lançada manualmente; possibilita fácil distribuição na superfície, preenchendo todas as reentrâncias da base; e não endurece rapidamente quando aplicada. Por sua vez, uma argamassa com função de assentamento de componentes alvenaria, para ser considerada trabalhável, deve, por exemplo, passar pelo bico de uma bisnaga (quando essa for a técnica de execução definida), ser capaz de sustentar o peso do bloco e ter retenção de água adequada às condições de aplicação e tempo de uso.

Em função do empirismo e da complexidade que envolvem o conceito de trabalhabilidade, buscaram-se procedimentos mais precisos para avaliar as características de aplicabilidade das argamassas e isso vem sendo alcançado com o emprego dos conceitos de Reologia.

A Reologia é a ciência que estuda o fluxo e a deformação da matéria e que avalia as relações entre a tensão de cisalhamento aplicada e a deformação resultante ao longo do tempo (Glathor; Schweizer, 1994). Por exemplo, o aperto com o dorso da colher de pedreiro e a passagem da argamassa pelo bico de uma bisnaga aplicam uma tensão de cisalhamento na argamassa. Os parâmetros essenciais para avaliar o comportamento reológico são a tensão de escoamento e a viscosidade. A tensão de escoamento é definida como a tensão mínima de cisalhamento para que o material inicie o escoamento, e a viscosidade é a resistência que o material oferece ao escoamento (De Larrard, 1999). John (2003), quando se refere a esses parâmetros para argamassas de revestimento, indica que a tensão de escoamento deve ser relativamente alta para que a argamassa não escorra devido à força de gravidade após a aplicação no substrato e que a viscosidade deve ser a menor possível de modo a diminuir o esforço de espalhamento e adensamento.

Alguns aspectos interferem no comportamento reológico das argamassas, como as características dos materiais constituintes e seu proporcionamento, temperatura e tempo decorrido desde o início da mistura (pois se trata de uma suspensão reativa por conta da hidratação do cimento). Em argamassas de revestimento e assentamento, a presença da cal e de aditivos incorporadores de ar, por exemplo, pode melhorar o comportamento reológico desse material até determinado limite.

A parametrização das propriedades reológicas ou da trabalhabilidade das argamassas tem sido um desafio ao meio técnico. Há muito tempo, o índice de consistência determinado na mesa de consistência (*flow table*) tem sido o método de ensaio adotado para essa caracterização, conforme o procedimento da ABNT NBR 13276 (2016). Esse método foi inicialmente proposto para a padronização da consistência da argamassa de referência para os ensaios de resistência à compressão de cimentos e, apesar de ainda ser adotado com frequência, pode apresentar problemas para a caracterização de argamassas que possuem na composição aditivo incorporador de ar (Cavani; Antunes; John, 1997) ou fibras (Silva, 2006).

Frente a essas limitações, mais recentemente foi proposto o método de ensaio *Squeeze Flow*, normalizado pela ABNT NBR 15839 (2010), que permite uma avaliação mais precisa do comportamento reológico da argamassa no estado fresco. Porém, ainda não há parâmetros que relacionem o comportamento medido no ensaio de *Squeeze Flow* com a trabalhabilidade exigida para determinada aplicação da argamassa. Cardoso (2009) realizou uma avaliação empírica que comparou a percepção de pedreiros quanto à aplicação de argamassas como revestimento e o resultado no ensaio *Squeeze Flow*. O autor identificou que as argamassas que apresentaram maiores deslocamentos no ensaio foram avaliadas como melhores quanto ao espalhamento e a facilidade de aperto no substrato.

■ Densidade de massa e teor de ar incorporado

A densidade de massa da argamassa no estado fresco é definida como a relação entre a massa de uma dada porção da argamassa e o volume ocupado por essa porção. O teor de ar incorporado na argamassa é a quantidade de ar existente em determinado volume de argamassa. À medida que cresce o teor de ar, a densidade de massa da argamassa diminui. Os procedimentos para determinação da densidade de massa e teor de ar no estado fresco são descritos na ABNT NBR 13278 (2005).

Essas duas propriedades interferem em outras propriedades da argamassa no estado fresco, como o seu comportamento reológico. O teor de ar da argamassa pode ser aumentado com o uso de aditivos incorporadores de ar. Contudo, o uso desses aditivos deve ser muito criterioso, pois um teor elevado de ar pode interferir negativamente nas propriedades da argamassa no estado endurecido, como a resistência mecânica e a resistência de aderência ao substrato.

A ABNT NBR 13281-2 (2023) indica limites para o teor de ar incorporado que é admitido na aplicação das argamassas para o assentamento de componentes de alvenaria de vedação, limitado a 22 %, e estrutural, limitado a 18 %.

■ Retenção de água

A retenção de água é a propriedade que permite avaliar a capacidade da argamassa fresca de reter a água de amassamento, a qual deverá ser liberada gradativamente para o substrato em função de sua sucção e evitar perda rápida e ou excessiva por evaporação da superfície para o meio ambiente.

Deve-se buscar equacionar a retenção de água da argamassa com as condições de sucção do substrato e com as condições climáticas do meio e, para os casos dos revestimentos, a sua espessura também deve ser considerada nesse equacionamento. O equilíbrio entre essas variáveis é importante para que se mantenha a consistência recomendada à argamassa para as atividades de aplicação e acabamento quando necessário.

A adequada capacidade de retenção de água possibilita, ainda, completa hidratação do cimento e, em consequência, permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais graduativas com sucessivo ganho de resistência. A rápida perda de água seja para o substrato, seja para o meio ambiente pode comprometer a hidratação do cimento que, por sua vez, pode comprometer a capacidade de aderência e a resistência mecânica do elemento por ela constituído, como o revestimento e a junta de assentamento. As baixas resistências mecânicas e de aderência, por sua vez, podem levar à baixa durabilidade do elemento, comprometendo também a durabilidade do subsistema a ele associado (vedação vertical ou horizontal, por exemplo).

Os fatores influentes na retenção de água são as características e as proporções (dosagem) dos materiais constituintes da argamassa. A presença da cal, com partículas muito finas e com grande área específica, e a presença de aditivos, como os de base celulósica, podem melhorar essa propriedade.

A retenção de água das argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos é determinada com o método do funil de Büchner (ABNT NBR 13277, 2005).

A ABNT NBR 13281-1 (2023) indica critérios para classificação das argamassas para revestimentos quanto ao requisito de retenção de água. Para argamassas de assentamento de componentes de alvenaria de vedação, a retenção de água deve ser superior a 85 % e para alvenaria estrutural deve ser superior a 80 % (ABNT NBR 13281-2, 2023).

■ Adesão inicial

A adesão inicial ou aderência da argamassa fresca à base é a propriedade relacionada ao contato inicial da argamassa no substrato, por meio da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, e governará o comportamento do conjunto quanto ao desempenho decorrente da aderência (Cincotto; Silva; Cascudo, 1995).

A adesão inicial depende: das outras propriedades da argamassa no estado fresco; das características da base de aplicação, como a porosidade, a rugosidade e as condições de limpeza; da superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base.

Para se obter a adesão inicial adequada, a argamassa deve apresentar características reológicas e retenção de água adequadas à sucção da base e às condições de exposição. No caso dos revestimentos e reparos, a argamassa deve, também, ser comprimida após a sua aplicação, para promover o maior contato com a base, ou seja, potencializar a extensão de aderência. Para a argamassa de assentamento, o contato argamassa-bloco no estado fresco deve ser tal que possibilite a adesão tanto no bloco de baixo como no superior, de tal modo que propicie no estado endurecido um conjunto monolítico e coeso. Nesse caso, a retenção de água da argamassa (discutida na seção anterior) é essencial uma vez que não poderá deixar que toda pasta penetre o bloco de baixo, nada restando para o bloco superior.

Também a base deve apresentar características que potencializem a adesão inicial. Deve estar limpa e sem oleosidade, com rugosidade e porosidade compatíveis com a retenção de água da argamassa. Caso essas condições não sejam atendidas, pode haver problema com a aderência. Por exemplo, a sucção elevada da base associada à baixa retenção de água da argamassa pode resultar em uma entrada muito rápida da pasta nos poros da base, levando à descontinuidade da camada de argamassa sobre a base e consequente ausência da aderência, como ilustra a Figura 16.1.

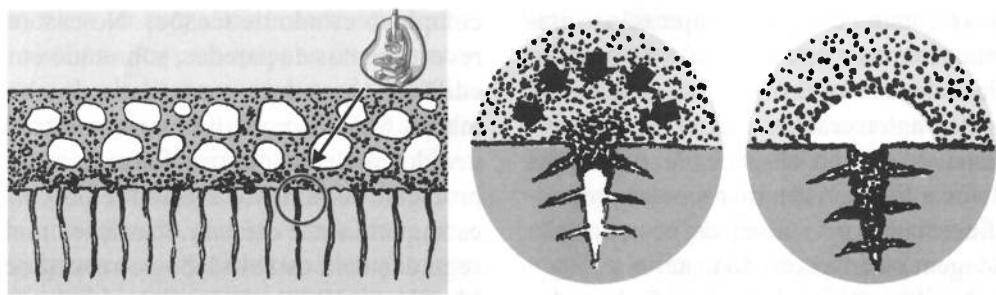


FIGURA 16.1 Ilustração da perda de aderência por conta da descontinuidade da camada de argamassa (Sabbatini; Baía, 2000).

■ Tempo de uso

A argamassa é um material em que alguns de seus constituintes (aglomerantes e aditivos) reagem quimicamente e, por isso, seu comportamento é alterado ao longo do tempo. Além das reações químicas de hidratação dos aglomerantes e de aditivos específicos (quando presentes), ocorre também a perda de água por evaporação, influenciando o tempo de uso da argamassa. Esse tempo pode ser definido como o intervalo decorrido entre a mistura da argamassa e a sua aplicação, no qual a argamassa mantém inalteradas suas características no estado fresco; caso esse tempo de uso não seja respeitado, as características no estado endurecido podem ser prejudicadas. Sabbatini (1998), tratando de argamassas produzidas em canteiro, comenta que, após a adição do cimento, a argamassa possui um período de uso não superior a três horas e cita outro autor que limita a 2,5 horas.

O avanço técnico-científico do comportamento das argamassas e o desenvolvimento de aditivos têm permitido a inserção de novos produtos no mercado com tempo de uso muito superior a duas ou três horas. Esse é o caso das denominadas argamassas de hidratação controlada. Trata-se de um material dosado em usinas e fornecido em caminhões betoneira, a exemplo do concreto, que tem na composição aditivos controladores de hidratação, para inhibir as reações do cimento. Para que as argamassas de hidratação controlada mantenham as características exigidas para as condições de utilização, é recomendado pelo fornecedor que o material seja nivelado no recipiente de armazenamento e que uma lámina de água de cerca de 2 cm seja cuidadosamente depositada sobre a superfície de toda a argamassa. Quando da sua utilização, respeitado o prazo estabelecido pelo fornecedor, a lámina de água deve ser prévia e cuidadosamente removida. Em seguida, a argamassa deve ser homogeneizada antes da distribuição para os pontos de aplicação. Bauer *et al.* (2015) indicam que as principais

dificuldades no emprego dessas argamassas estão associadas à ausência de referências específicas (formulação, controle e recebimento na obra), risco de futuras manifestações patológicas, e adequação da dosagem quando há modificação dos insumos (tipo de cimento, areia e aditivos).

Encontra-se em consulta nacional a primeira norma brasileira para as argamassas inorgânicas de hidratação controlada. A ABNT NBR 17218, que deve ser publicada em 2025, estabelece as diretrizes para a coleta, transporte, recebimento e homogeneização deste tipo de argamassa para a realização de ensaios.

16.5.2 Estado Endurecido

■ Densidade de massa aparente

Densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas é a relação entre a sua massa e o volume por ela ocupado. A determinação da densidade de massa da argamassa possibilita a percepção da magnitude da porosidade do material endurecido e, quando é conhecida a densidade real do material, permite o cálculo da sua porosidade total.

A porosidade da argamassa no estado endurecido é influenciada pela granulometria da composição, relação água/materiais sólidos, pela presença ou não de aditivos incorporadores de ar, pela técnica de aplicação do material, e influencia diretamente as propriedades mecânicas, o módulo de elasticidade, a resistência à difusão de vapor de água e a absorção de água por capilaridade da argamassa. A ABNT NBR 13280 (2005) apresenta o método para a determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido de argamassas para assentamento e revestimento.

■ Resistência mecânica

As propriedades de um material associadas à sua capacidade de resistir a esforços mecânicos são denominadas propriedades mecânicas. Para as argamassas,

a resistência aos esforços de tração, compressão e cislamento é a mais frequentemente medida. As propriedades mecânicas dependem do consumo, natureza e características dos aglomerantes e agregados constituintes da argamassa, e da presença ou não de adições minerais, aditivos e fibras. Além disso, essas propriedades são influenciadas pelo nível de compactação durante a moldagem ou aplicação do material.

A avaliação das propriedades mecânicas das argamassas pode ser realizada em corpos de prova cilíndricos ensaiados à compressão (ABNT NBR 7215, 2019) ou à tração por compressão diametral (ABNT NBR 7222, 2011). Especificamente para argamassas de assentamento e revestimento, a ABNT NBR 13279 (2005) define o uso de corpos de prova prismáticos de $4 \times 4 \times 16$ cm para a determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

O formato prismático de $4 \times 4 \times 16$ cm é o adotado como referência para a parametrização do comportamento mecânico de argamassas para diversas aplicações. A ABNT NBR 13281-1 (2023) estabelece os critérios para classificação, com caráter informativo, para as argamassas de revestimento de paredes e tetos quanto à resistência à tração na flexão. Para as argamassas utilizadas no assentamento de alvenarias com ou sem função estrutural e fixação horizontal, a ABNT NBR 13281-2 (2023) traz os respectivos critérios de classificação para o requisito de resistência à compressão.

■ Módulo de elasticidade

Outra importante propriedade mecânica das argamassas e dos elementos com elas produzidos é a sua capacidade de absorver deformações, sejam elas extrínsecas ou intrínsecas ao material aplicado. Essa propriedade é usualmente relacionada ao módulo de elasticidade do material.

A elasticidade expressa a capacidade dos materiais de se deformarem sem ruptura quando sujeitos a solicitações, e de retornar à dimensão inicial quando essas solicitações cessam. Nos casos de materiais não elásticos, como é a argamassa, muitas vezes essa propriedade é denominada resiliência, ou seja, o material tem capacidade de se deformar sem apresentar fissuras visíveis ou prejudiciais à função a que foi destinado, ainda que não retorne à sua dimensão original quando o esforço finda (Sabbatini, 1998).

A capacidade das argamassas de absorver deformação é muito importante para algumas de suas aplicações, como os revestimentos aderidos que trabalham solidários a uma base, gerando um

complexo estado de tensões. No caso específico de revestimentos de paredes, sobretudo em fachadas de edifícios, quando a capacidade de absorver deformação não é compatível com o estado de tensões gerado, poderão ocorrer fissuras capazes de comprometer seriamente a estética da construção, sua estanqueidade e até, em condições mais severas, a segurança e a estabilidade do revestimento (Mehta; Monteiro, 1994). Essa capacidade é geralmente correlacionada ao módulo de elasticidade definido pela relação entre a tensão aplicada e a deformação sofrida pelo material.

Existem diferentes métodos de ensaio para se determinar o módulo de elasticidade, classificados como métodos estáticos ou dinâmicos, os quais fornecem resultados distintos. O método estático, por meio de ensaios de compressão axial de cilindros, é normalizado para concreto pela ABNT NBR 8522-1 (2021) e pode ser utilizado também para argamassas (Silva; Barros; Monte, 2008). O módulo de elasticidade dinâmico, por sua vez, é obtido a partir da medição do tempo de propagação de onda ultrassônica pelo corpo de prova produzido a partir do material que se deseja avaliar. A ABNT NBR 15630 (2008) apresenta o método de ensaio para avaliação do módulo de elasticidade dinâmico de argamassas de assentamento e revestimento. Segundo a ABNT NBR 13281-1 (2023), o módulo de elasticidade dinâmico deve ser limitado a 14 GPa para uso em argamassas de revestimento de paredes e tetos. A mesma norma traz critérios mais rigorosos para esta propriedade em função da condição de uso do material (uso interno ou externo; edificações com altura total inferior a 10 metros, entre 10 e 60 metros, ou superiores a 60 metros).

■ Retração

A retração das argamassas é um mecanismo complexo que tem início logo no seu preparo e continua durante toda a vida útil dos componentes e elementos por ela constituídos. Ainda no estado fresco, ocorre a retração em função da variação na umidade da pasta e, também, pelas reações de hidratação dos aglomerantes (Cincotto; Silva; Cascudo, 1995). No estado endurecido, outros fatores serão somados a esses, como as características e dosagem dos materiais constituintes da argamassa, a porosidade do material endurecido e as condições ambientais de exposição tais como as variações de temperatura e de umidade relativa do ar.

A retração, quando restringida, pode resultar em formação de fissuras na argamassa aplicada e tais

fissuras podem vir a ser prejudiciais ao desempenho do respectivo sistema. Por exemplo, as fissuras presentes em uma camada de revestimento de fachada podem permitir percolação da água, comprometendo a estanqueidade da vedação como um todo. Podem ocorrer também prejuízos estéticos ao revestimento.

O processo de retração da argamassa, com possibilidade de surgimento de fissuras no elemento por ela produzido, pode ter início logo na aplicação do material e continuar progressivamente ao longo do tempo. As argamassas com alto teor de cimento são mais suscetíveis ao aparecimento de fissuras prejudiciais tanto durante a secagem como no estado endurecido, porque tendem a apresentar módulo de elasticidade mais elevado, sendo, portanto, mais rígidas. Dependendo do nível de tensões a que estiverem sujeitas, podem inclusive apresentar trincas e possíveis destacamentos da argamassa já no estado endurecido (Sabbatini; Baía, 2000).

Os efeitos danosos da retração podem ser minimizados a partir de adequadas composição e dosagem, corretas espessuras das camadas e técnicas de execução, tais como compactação da camada, respeito aos tempos de sarrafeamento e de desempenho, adequada condição de cura do revestimento e sua posterior proteção por sistemas de pintura adequados.

A ABNT NBR 15261 (2005) estabelece os procedimentos para determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) de argamassas. Os limites para a variação dimensional das argamassas de revestimento são indicados na ABNT NBR 13281-1 (2023) e, para as argamassas de assentamento, na ABNT NBR 13281-2 (2023). Para as argamassas de revestimento, a norma indica que a retração deve ser limitada a 1,20 mm/m para as condições mais favoráveis, que são os revestimentos internos ou externos para edificações de altura total de até 10 metros. Quando o revestimento é aplicado na fachada de edificações superiores a 10 metros e até 60 metros, o critério passa a ser de até 1,10 mm/m. Já quando a edificação tem altura superior a 60 metros, a retração pode ser de, no máximo, 0,90 mm/m.

■ Aderência potencial

A resistência de aderência é definida pela ABNT NBR 13528-1 (2019) como uma “propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na superfície ou na interface com o substrato”. Essa norma enfatiza que a resistência de aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, porque depende da interação com o substrato onde está aplicada.

Entende-se então que a resistência de aderência da argamassa ao seu substrato, ou dela como substrato de outro material ou componente, deve ser determinada considerando todas as condições de contorno envolvidas na produção do sistema. Porém, é possível caracterizar a aderência potencial de uma argamassa e essa propriedade é determinada a partir do emprego de um substrato padrão.

A ABNT NBR 15258 (2021) estabelece o método de ensaio para determinação da resistência potencial de aderência à tração da argamassa quando aplicada como revestimento sobre um substrato padrão de concreto. Essa norma estabelece, ainda, procedimentos para se avaliar a resistência superficial da camada produzida com a argamassa. Consta no texto da norma, também, que os resultados obtidos no ensaio não caracterizam o desempenho do sistema que vier a ser produzido com a argamassa avaliada, justamente porque o desempenho do conjunto está sujeito a outras variáveis não consideradas no ensaio.

Além desse ensaio, que busca simular um revestimento de parede ou teto, há também uma proposta que visa avaliar o potencial de resistência de aderência de juntas de argamassa em componentes de alvenaria, ou seja, argamassas de assentamento, a partir de uma avaliação indireta pela resistência à tração na flexão de prismas constituídos pelo assentamento de cinco blocos ou tijolos seguindo as recomendações da ABNT NBR 16868-3 (2020).

■ Permeabilidade

A permeabilidade tem relação com o potencial de um material em permitir a passagem de fluidos por si. A argamassa é um material poroso que permite a percolação da água, tanto no estado líquido como de vapor. Existem alguns métodos de ensaio para essa avaliação em argamassas, como a ABNT NBR 15259 (2005) e a ABNT NBR 9779 (2012), que determinam a absorção de água por capilaridade. No âmbito internacional, a ISO 15148 (2002), que determina o coeficiente de absorção de água por capilaridade, e a ISO 12572 (2016), que determina o fator de resistência à difusão de vapor de água, são muito utilizadas. Os métodos de ensaio dessas normas ISO estão indicados para avaliação das argamassas decorativas para revestimento na ABNT NBR 16648 (2018).

Os requisitos para classificar as argamassas de revestimento em função do coeficiente de absorção de água por capilaridade e fator de resistência à difusão de vapor de água foram incluídos na ABNT NBR 13281-1 (2023) como requisitos informativos.

■ Durabilidade

A durabilidade é uma propriedade que pode ser relacionada com o material em si ou com o sistema do qual o material faz parte. E, nesse sentido, pode-se dizer que há materiais de durabilidade quase “infinita”, mas que ao serem utilizados de maneira inadequada podem resultar em um sistema de baixa durabilidade.

A argamassa, enquanto material, pode ter grande durabilidade, mas quando considerada como parte de um sistema, este pode ter mais suscetibilidade a deteriorações. Além disso, a durabilidade associada às argamassas aplicadas a um elemento ou sistema não consiste numa única propriedade e, sim, no resultado da ação conjunta de diversas propriedades, dentre as quais destacam-se: resistência de aderência, capacidade de absorver deformações, permeabilidade, entre outras que devem ser compatíveis com diferentes fatores externos, como as ações mecânicas e as condições ambientais.

Essa ação conjunta de fatores intrínsecos e extrínsecos ao sistema governa a capacidade da argamassa aplicada em desempenhar a função para a qual foi especificada, ao longo da vida útil da edificação.

Para que se tenha uma ideia da dimensão dessa propriedade, exemplifica-se aqui com a durabilidade de um revestimento de argamassa em uma fachada de edifício. O revestimento terá potencial de atender à vida útil de projeto preestabelecida no Anexo C da ABNT NBR 15575:1 (2021) que é de 20 anos, desde que propriedades como resistência mecânica (compressão, tração), resistência de aderência, capacidade de absorver deformações (módulo de elasticidade), estanqueidade (permeabilidade) sejam adequadamente equacionadas e obtidas quando da execução do revestimento e, ainda, sejam compatíveis com as condições de exposição.

E todas essas propriedades, como visto anteriormente, dependem de muitos outros fatores, como as características intrínsecas dos materiais que a constituem (aglomerantes, agregados, aditivos e adições) mas também das técnicas de preparo e execução, das condições ambientais durante a execução, das especificações de projeto. Além das características e propriedades do revestimento, as condições ambientais e ações mecânicas a que ele estiver sujeito ao longo de sua vida útil também influenciarão sua durabilidade.

Ainda com foco no revestimento de fachada, é sabido que o desempenho obtido quando do início de sua execução vai declinando ao longo do tempo. Esse fato é comprovado por Temoche Esquivel (2009) que, em seu trabalho, conclui que a degradação da aderência dos revestimentos é agravada pela ocorrência de ciclos de choque térmico e que a quantidade de defeitos (falta de aderência) na interface argamassa-base é

um fator crítico. Ou seja, quanto mais defeito de interface, maior será o potencial de queda na resistência de aderência ao longo do tempo para uma mesma condição de choque térmico. E, em consequência, uma queda acentuada na resistência de aderência poderá comprometer a durabilidade do sistema.

Além de fatores intrínsecos à produção inicial do revestimento (características e propriedades) e de fatores extrínsecos (ambientais e ações mecânicas) ao longo de sua vida, também as condições de manutenção desse elemento acabam influenciando a sua durabilidade. Por exemplo, uma fachada com revestimento de argamassa que não receba a repintura periódica poderá ter sua durabilidade comprometida, por conta da possibilidade de penetração de umidade pela ausência da proteção da película do sistema de pintura. A ABNT NBR 5674 (2012) é uma norma de procedimento e trata da importância da gestão e realização de manutenção de edificações. No Capítulo 26, abordam-se os aspectos sobre a inspeção de fachadas.

16.6 COMPOSIÇÃO, DOSAGEM E CONSUMO DE MATERIAIS POR m³

16.6.1 Composição e Dosagem das Argamassas

A composição da argamassa diz respeito aos seus materiais constituintes, (aglomerantes, agregados, aditivos e adições, por exemplo), enquanto a dosagem é referente à proporção relativa dos materiais. No meio técnico, é comum que essa proporção relativa seja denominada “traço”.

Para argamassas industrializadas ou usinadas, a composição e a dosagem são atividades intrínsecas a um processo industrial, submetidas aos devidos controles. Nesses casos, as argamassas chegam prontas à obra (usinadas de hidratação controlada) ou semi-prontas (ensacadas ou ensiladas), bastando, neste último caso, a adição de água e mistura.

Por sua vez, no caso das argamassas preparadas em canteiro de obra a partir de insumos básicos, a definição da composição e da dosagem é de responsabilidade do projetista do sistema em que a argamassa será utilizada ou, na ausência do projeto, será do gestor da obra.

A definição de composição e dosagem das argamassas não é uma tarefa simples, pois depende de muitos fatores, como:

- *uso ou função:* revestimento de paredes e tetos (chapisco ou emboço), assentamento de componentes,

- contrapiso, impermeabilização, entre outros usos indicados na Seção 16.3.1;
- *local e posição de aplicação:* ambiente interno ou externo, posição horizontal (em forro ou piso, em juntas de assentamento), posição vertical. As diferentes características do meio resultam em variação da agressividade ou solicitação do elemento produzido com a argamassa, exigindo dela características e propriedades distintas e, portanto, composição e dosagem adequadas a essas condições;
 - *tipo de aplicação:* manual ou mecânica, com diferentes ferramentas. Cada forma de aplicação exige mais de uma característica ou propriedade do que de outra. Por exemplo, a aplicação manual de uma argamassa de revestimento não sofre tanta influência da granulometria da areia utilizada quanto a aplicação por projeção mecânica, que pode ter o bico do projetor entupido com o emprego de areia de granulometria mais grossa;
 - *materiais disponíveis:* aglomerantes, agregados e, eventualmente, aditivos.

Um dos principais desafios para se definir a composição e a dosagem das argamassas possivelmente

esteja em quantificar as exigências em cada situação de uso e correlacioná-las às propriedades a serem obtidas do material. Para tanto, apoiar-se na normatização disponível e em resultados de experimentações em campo poderá ser um caminho adequado a seguir.

Uma vez que as argamassas industrializadas ou usinadas chegam ao canteiro de obras com sua composição e dosagem predefinidas, o grande desafio concentra-se nas argamassas produzidas integralmente no canteiro, concentrando-se nas discussões que seguem.

A argamassa dosada no canteiro é composta, usualmente, por cimento, cal, areia e água e, em alguns casos, por aditivos e/ou adições. Esses materiais apresentam características que interferem nas propriedades da argamassa, como discutido na Seção 16.4, devendo ser consideradas no momento da definição da composição e dosagem da argamassa para determinada utilização.

Sabbatini e Baía (2000), abordando as argamassas de revestimento de paredes e tetos, resumem os principais aspectos relativos aos materiais constituintes que devem ser considerados na definição da argamassa (Quadro 16.2).

QUADRO 16.2 Principais aspectos a serem considerados na definição da composição e dosagem da argamassa (Sabbatini; Baía, 2000)

Materiais	Aspectos a serem considerados na composição e dosagem
Cimento	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tipo de cimento (características) e classe de resistência ■ Disponibilidade e custo ■ Comportamento da argamassa produzida com o cimento
Cal	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tipo de cal (características) ■ Forma de produção ■ Massa unitária ■ Disponibilidade e custo ■ Comportamento da argamassa produzida com a cal
Areia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Composição mineralógica e granulométrica ■ Dimensões do agregado ■ Forma e rugosidade superficial dos grãos ■ Massa unitária ■ Inchamento ■ Comportamento da argamassa produzida com a areia ■ Manutenção das características da areia
Água	<ul style="list-style-type: none"> ■ Características dos componentes da água, quando ela não for potável
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uso de aditivos acrescentados à argamassa no momento da mistura ou da argamassa aditivada ■ Tipo de aditivo (características) ■ Finalidade ■ Disponibilidade e custo ■ Comportamento da argamassa produzida com o aditivo
Adições	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tipo de adição (características) ■ Finalidade ■ Comportamento da argamassa produzida com a adição ■ Disponibilidade, manutenção das características e custo

São exemplos comuns para expressar a composição e a dosagem relativa das argamassas produzidas em canteiro:

- 1:0,5:4,5; 1:1:6; 1:2:9 (cimento:cal:areia, em volume de areia úmida);
- 1:3; 1:4 (cimento:areia úmida, em volume);
- 1:3 (cal:areia úmida, em volume);
- 1:1:6 (cimento:cal:areia seca, em massa);
- 1:1:6 (1 saco de cimento:1 saco de cal:6 padiolas de 40 litros de areia úmida).

Ao se expressar a composição e a dosagem da argamassa, deve-se fazê-lo detalhando-se completamente as características, estado dos materiais e a forma de medi-los para completar a especificação da dosagem.

As argamassas dosadas em canteiro geralmente partem de algumas proporções clássicas, que guardam relação constante de uma parte de aglomerante (cimento e cal) para três partes de agregado no estado úmido (usualmente areia), todos dosados em volume. Essas proporções de “aglomerantes:agregado” possibilitam a obtenção de argamassas com características adequadas às aplicações mais comuns de assentamento de componentes de alvenaria e revestimentos de paredes e teto.

Sabbatini (1998) indica que, desde que a consistência da argamassa seja mantida constante, as propriedades variam como apresentado no Quadro 16.3.

As argamassas de contrapiso, cuja consistência é semisseca, não guardam essa relação e tampouco

levam cal em sua constituição. As composições mais usuais são de cimento e areia com dosagens em volume de materiais secos 1:3, 1:4, 1:5 e 1:6.

Para que cumpram suas funções como previsto em projeto, as argamassas produzidas integralmente em canteiro exigem adequados procedimentos de controle tanto dos materiais básicos quanto de sua dosagem e mistura.

As argamassas industrializadas, por sua vez, por chegarem previamente dosadas, devem ter o foco do controle na sua mistura, respeitando-se as diretrizes do fabricante e condições de utilização.

16.6.2 Consumo de Materiais por m³ de Argamassa Produzida em Canteiro

Nesta seção, exemplifica-se como é possível determinar o consumo de materiais para a produção de 1 m³ de argamassa quando dosada e preparada em canteiro.

São diversos os métodos para o cálculo do consumo de materiais. Utiliza-se o método que considera o volume da argamassa como a soma dos volumes específicos dos materiais da composição. Como exemplo, serão calculados os consumos dos materiais para uma argamassa mista com proporção relativa 1:2:9 (cimento:cal:areia, em volume de areia úmida) e as características apresentadas no Quadro 16.4.

Para os cálculos, serão utilizadas as seguintes relações:

QUADRO 16.3 Variação nas propriedades de uma argamassa produzida em canteiro com a alteração da composição relativa de cimento e cal (Sabbatini, 1998)

Propriedade	Aumento na proporção de cal no aglomerante
Resistência à compressão (E)	Decresce
Resistência à tração (E)	Decresce
Capacidade de aderência (E)	Decresce
Durabilidade (E)	Decresce
Impermeabilidade (E)	Decresce
Resistência a altas temperaturas (E)	Decresce
Resistências iniciais (F)	Decresce
Retração na secagem inicial (F)	Cresce
Retenção de água (F)	Cresce
Plasticidade (F)	Cresce
Trabalhabilidade (F)	Cresce
Resiliência (E)	Cresce
Módulo de elasticidade (E)	Decresce
Retração na secagem reversível (E)	Decresce
Custo	Decresce

Estados: (E) Endurecido; (F) Fresco.

QUADRO 16.4 Características dos materiais e das argamassas para resolução do exemplo de cálculo do consumo de materiais por m³ de argamassa produzida

Características dos materiais

Massa unitária do cimento (δ_{cim}) igual a 1,14 kg/dm³
 Massa específica do cimento (γ_{cim}) igual a 3,0 kg/dm³
 Massa unitária da cal (δ_{cal}) igual a 0,85 kg/dm³
 Massa específica da cal (γ_{cal}) igual a 2,5 kg/dm³
 Massa unitária da areia seca (δ_{areia}) igual a 1,38 kg/dm³
 Massa específica da areia seca (γ_{areia}) igual a 2,65 kg/dm³
 Inchamento da areia (i_{areia}) igual a 1,28
 Umidade de areia (h_{areia}) igual a 5 %

Características da argamassa

Umidade da argamassa igual a 23 %
 Volume de ar (V_{ar}) incorporado na argamassa final igual a 4 % do volume da argamassa

$$\text{Massa unitária} \quad \delta = \frac{\text{massa}}{\text{volume aparente}}$$

$$\text{Massa específica} \quad \gamma = \frac{\text{massa}}{\text{volume real}}$$

$$\text{Inchamento} \quad i = \frac{\text{volume aparente úmido}}{\text{volume aparente seco}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume da} \\ \text{argamassa (soma} \\ \text{dos volumes} \\ \text{específicos dos} \\ \text{materiais)} \end{aligned} \quad V_{arg} = \frac{V_{cim} + V_{cal} + V_{areia seca} +}{V_{água} + V_{ar}}$$

■ **Definição do volume de argamassa produzido por mistura**

$$V_{arg} = V_{cim} + V_{cal} + V_{areia seca} + V_{água} + V_{ar}$$

$$\begin{aligned} V_{arg} = \frac{m_{cim}}{\gamma_{cim}} + \frac{m_{cal}}{\gamma_{cal}} + \frac{m_{areia}}{\gamma_{areia}} + \\ m_{água} + 0,04V_{arg} \end{aligned}$$

Considerando que a densidade da água é igual a 1, tem-se $V_{água} = m_{água}$.

Como a umidade da argamassa é de 23 % em relação à massa de materiais secos, tem-se:

$$m_{água total} = 0,23 \times (m_{cim} + m_{cal} + m_{areia seca})$$

Para realizar esse cálculo, é necessário antes transformar a proporção relativa de volume (com areia úmida) para massa (com areia seca).

■ **Dosagem em volume com areia úmida 1:2:9**

Transformação da dosagem em volume para massa seca:

$$1 \cdot \delta_{cim} : 2 \cdot \delta_{cal} : \frac{9}{i} \delta_{areia seca}$$

$$1 \cdot 1,14 : 2 \cdot 0,85 : \frac{9}{1,28} \cdot 1,38$$

$$1,14 : 1,70 : 9,70 \div 1,14$$

1:15:8,5 (massa de materiais secos)

$$m_{água total} = 0,23 \times (m_{cim} + m_{cal} + m_{areia seca})$$

$$m_{água total} = 0,23 \times (1 + 1,5 + 8,5) = 2,53 \text{ kg}$$

Quando da produção da argamassa, o cálculo da quantidade de água a ser adicionada na mistura deverá considerar o volume de água presente na areia. Ou seja, o volume total de água calculado (neste exemplo, 23 % da massa de materiais secos) menos o volume de água contido na areia (neste exemplo, 5 % da massa de areia seca).

■ **Definição do volume de argamassa para 1 kg de cimento**

$$\begin{aligned} V_{arg} = \frac{m_{cim}}{\gamma_{cim}} + \frac{m_{cal}}{\gamma_{cal}} + \frac{m_{areia seca}}{\gamma_{areia}} + \\ m_{água} + 0,04V_{arg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{arg} = \left(\frac{m_{cim}}{\gamma_{cim}} + \frac{m_{cal}}{\gamma_{cal}} + \frac{m_{areia seca}}{\gamma_{areia}} + m_{água} \right) \\ \times \frac{1}{0,96} \end{aligned}$$

$$V_{arg} =$$

$$\left(\frac{1}{3,0} + \frac{1,5}{2,5} + \frac{8,5}{2,65} + (0,23 \times (1 + 1,5 + 8,5)) \right) \times \frac{1}{0,96}$$

$$V_{arg} = 6,95 \text{ dm}^3 \text{ por kg de cimento}$$

Se considerarmos o uso de um saco de 50 kg de cimento, produzem-se 348 dm³ de argamassa.

■ Consumo de materiais por m³ de argamassa

Se 1 kg de cimento produz 6,95 dm³ de argamassa, para produzir 1000 dm³ tem-se:

$$\frac{1000 \times 1 \text{ kg}}{6,95} = 144 \text{ kg de cimento}$$

$$144 \times 1,5 = 216 \text{ kg de cal}$$

$$\frac{144 \times 8,5}{1,38} \times 1,28 = 1,14 \text{ dm}^3 \text{ de areia úmida}$$

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento*. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7211: Agregados para concreto - Requisitos*. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8522: Concreto endurecido – determinação dos módulos de elasticidade e de deformação – parte 1: módulos estáticos à compressão*. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos*

– Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade*. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 1: Requisitos*. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11801: Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização*. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11905: Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização*. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13281: Argamassas inorgânicas – requisitos e métodos de ensaios. Parte 1 – Argamassas para revestimento de paredes e tetos*. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13281: Argamassas inorgânicas – requisitos e métodos de ensaios. Parte 2 – Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria*. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos*

- de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753:** Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14992:** A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15258:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15261:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15630:** Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15839:** Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16072:** Argamassa impermeável. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16648:** Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868:** Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868:** Alvenaria estrutural – Parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16942:** Fibras poliméricas para concreto – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17218:** Argamassa inorgânica de hidratação controlada – Coleta, transporte, recebimento e homogeneização do material para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2025.
- BARROS, M. M. S. B.** *Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais*. 1991. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- BAUER, E.; REGUFFE, M.; NASCIMENTO, M. L. M.; CALDAS, L. R.** Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IX., 2015, Porto Alegre. IX SBTA 2015. Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- BAUER, E.; SOUSA, J. G. G.** Materiais constituintes e suas funções. In: BAUER, E. (org.). *Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades*. Brasília: SINDUSCON-DF, LEM-UnB, 2005, v. 1, p. 25-36.
- CARASEK, H.** *Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação*. 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 1996.
- CARDOSO, F. A.** *Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico*. 2009. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- CASALI, J. M.; MEES, S.; OLIVEIRA, A. L.; BETIOLI, A. M.; CALÇADA, L. M.** Propriedades mecânicas das argamassas estabilizadas: evolução com a idade e o grau de hidratação. *Ambiente Construído*, v. 20, n. 3, p. 263-283, 2020.
- CAVANI, G. R.; ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V. M.** Influência do teor de ar incorporado na trabalhabilidade de argamassas mistas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA, II., 1997. *ANAIIS [...]*. Salvador/BA. p. 110-119.
- CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C.** *Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio* – Publicação IPT 2378 – São Paulo, 1995.
- CORTEZ, I. M. M.** *Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com a incorporação de fibras sintéticas*. 1999. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.
- DE LARRARD, F.** *Concrete Mixture proportioning: a scientific approach*. CRC Press, 1999.
- GLATTTHOR, A.; SCHWEIZER, D.** Rheological lab testing of building formulations. *ConChem Conference*, Dusseldorf, 1994.

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12572: Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties – Cup method. Geneva, 2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15148: Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water absorption coefficient by partial immersion. Geneva, 2002.
- JOHN, V. M. Repensando o papel da cal nas argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V. Porto Alegre: ANTAC, 2003. v. 1, p. 47-63.
- JOHN, V. M.; ANTUNES, R. P. N. Argamassas de gesso. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 29-38, 2002.
- MEHTA, K. P.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto – Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Pini, 1994.
- MONTE, R.; BARROS, M. M. S. B.; FIGUEIREDO, A. D. Avaliação da influência de fibras de polipropileno na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO: Sob a égide da inovação, 4., 2012, Coimbra, 2012.
- MONTE, R.; BARROS, M. M. S. B.; FIGUEIREDO, A. D. Evaluation of early age cracking in rendering mortars with polypropylene fibers. *Ambiente Construído* [Online], v. 18, p. 21-32, 2018.
- MONTE, R.; UEMOTO, K. L.; SELMO, S. M. S. Efeitos de aditivos incorporadores de ar nas propriedades de argamassas e revestimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, V., São Paulo. 2003. p. 285-297.
- SABBATINI, F. H. *Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente*. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 1998 (Boletim Técnico).
- SABBATINI, F. H.; BAÍA, L. L. M. *Projeto e execução de revestimentos de argamassa*. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2000. v. 1.
- SALVADOR, R. P.; FIGUEIREDO, A. D. Evaluation of the durability of synthetic macrofibers in cement matrices. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FIBRE CONCRETE 2013, 7., 2013, Prague. Technology, Design, Application. Prague: Faculty of Civil Engineering CTU in Prague, 2013.
- SILVA, F. B.; BARROS, M. M. S. B.; MONTE, R. Determinação do módulo de deformação de argamassas: avaliação dos métodos de ensaio e formatos de corpo-de-prova. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XII., 2008, Fortaleza. ANAIS [...], 2008.
- SILVA, R. P. *Argamassas com adição de fibras de polipropileno – estudo do comportamento reológico e mecânico*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- TEMOCHE ESQUIVEL, J. F. *Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa*. 2009. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.