



Avaliação de propriedades de argamassa industrializada utilizada em alvenaria estrutural em empreendimentos na cidade de Goiânia.

Evaluation of the properties of industrialized mortar used in structural masonry in developments in the city of Goiânia.

Faleiro, A. E. B. ¹; Maciel, C. O. C. ²

Graduandas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil.

Ferreira Júnior, E. L. ³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil.

¹ anaeugenia1805@hotmail.com; ² ohannacindy@icloud.com; ³ epaminondas@pucgoias.edu.br

RESUMO: A argamassa de assentamento é um dos componentes do sistema de alvenaria estrutural responsável por unir e distribuir de maneira uniforme as cargas atuantes na alvenaria. Essa argamassa, chamada de argamassa industrializada, é basicamente composta por aglomerante, agregados e aditivos, e são adquiridas em embalagens prontas para o uso, cabendo ao operário, no momento da aplicação, a hidratação do insumo, que é realizada conforme orientação do fabricante. No entanto, é comum em ambiente de obra, essa orientação não ser seguida, alterando assim as propriedades desejadas e o desempenho da argamassa. Neste trabalho ensaios físicos e mecânicos em argamassas industrializadas de variados níveis de resistência foram realizados com a finalidade de verificar a adequação do produto às propriedades descritas pelo fabricante e aos preconizado pela NBR 13281. Para ensaios de resistência mecânica, foram produzidas 192 amostras, sendo 96 em laboratório e 96 em obra, além de amostras para ensaios no estado fresco: densidade, consistência, retenção de água e tempo pega. Os resultados indicaram, que em ambiente de laboratório, as propriedades das argamassas se mostraram adequadas às especificações do fabricante. No entanto, para as amostras obtidas a partir das argamassas fabricadas em obra, os ensaios apresentaram resultados insuficientes à especificação do produto e por consequência ao projeto estrutural.

Palavras-chaves: Alvenaria estrutural, argamassa industrializada; desempenho.

ABSTRACT: Laying mortar is one of the components of the structural masonry system responsible for bonding and evenly distributing the loads acting on the masonry. This mortar, called industrialized mortar, is basically made up of agglomerate, aggregates and additives, and is purchased in ready-to-use packaging, with the worker responsible for hydrating the mortar at the time of application, according to the manufacturer's instructions. However, it is common on construction sites for these instructions not to be followed, thus altering the desired properties and performance of the mortar. In this work, physical and mechanical tests were carried out on industrialized mortars of varying strength levels in order to verify the product's suitability for the properties described by the manufacturer and those recommended by NBR 13281. For mechanical strength tests, 192 samples were produced, 96 in the laboratory and 96 on site, as well as samples for fresh state tests: density, consistency, water retention and setting time. The results indicated that in the laboratory environment, the properties of the mortars were adequate for the manufacturer's specifications. However, for the samples obtained from the mortars manufactured on site, the tests showed insufficient results to meet the product specification and therefore the structural design.

Keywords: Structural masonry, industrialized mortar; performance;

Área de Concentração: 01 – Construção Civil.

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é uma técnica construtiva aplicada no Brasil desde meados do século XX, tendo seu início prático em meio a uma série de pesquisas desenvolvidas em muitos países, e seus primeiros dimensionamentos eram muitas vezes feitos de forma empírica (CAMACHO, 1986). A partir do desenvolvimento de estudos sobre projeto e execução desse tipo de obra, houve a criação de normas regulamentadoras para controle da funcionalidade do sistema e dos materiais envolvidos nos processos, os quais desempenham um papel estrutural fundamental.

O principal diferencial da alvenaria estrutural em relação ao sistema de alvenaria de vedação convencional, é o fato de as cargas da estrutura edificada serem descarregadas nos painéis de alvenaria, que terão a necessidade de resistir a toda as solicitações ocasionadas por cargas eventuais ou permanentes (CAMACHO, 2006).

Devido a relevância da argamassa de assentamento no sistema de alvenaria estrutural, a NBR 13281 (ABNT, 2023) estabelece pré-requisitos e propriedades essenciais para que a argamassa de assentamento possa ser utilizada de forma adequada, garantindo o seu desempenho no processo, quais sejam: resistência mecânica, absorção de água por capilaridade, trabalhabilidade, aderência, densidade e retenção de água. Sendo assim, torna-se essencial o controle de tais características para garantia das propriedades exigíveis para a sua utilização.

Outro fator importante a ser considerado, é que nos empreendimentos em que se fará a análise, a argamassa industrializada é fornecida ensacada e desidratada, e, portanto, a finalização da dosagem é feita na obra, podendo ser executada por diferentes operários, que podem, por vezes, não manter o controle de dosagem requerido pelo fabricante. Sendo assim, as variações na classificação e no traço usado para hidratação da argamassa podem ocasionar alterações significativas nos valores determinantes quanto a suas propriedades físicas.

Nos empreendimentos em que as argamassas foram analisadas, esse método de controle é feito, para cada pavimento, a partir da moldagem de quatro exemplares extraídos de uma amostra produzida exclusivamente para o ensaio e, portanto, podem não

representar a realidade da dosagem feita durante a rotina da obra, considerando todas as variáveis envolvidas. Quanto as demais determinações referentes as propriedades da argamassa, nenhum outro ensaio é feito durante ao longo do processo executivo.

Neste trabalho, as argamassas industrializadas utilizadas para o assentamento de blocos estruturais foram analisadas em algumas de suas propriedades mecânicas, bem como observada se a reprodução da dosagem em canteiro, elaborada pelos colaboradores afeta significativamente as propriedades da argamassa de assentamento, no que tange as especificações solicitadas pela NBR 13281 (ABNT, 2023).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Recena (2012), as argamassas industrializadas surgiram como uma forma de evolução técnica na construção civil, garantindo, teoricamente, a proporção adequada e qualidade dos insumos empregados na proporção dos componentes da argamassa, responsabilizando a obra apenas pela hidratação desses insumos.

No entanto, o que se observa em obra é que nem sempre há um critério ou uma forma padronizada na definição da quantidade de água. “Essas argamassas são preparadas com uma quantidade excessiva de água para aumentar seu volume (...) havendo, via de regra, uma preocupação imediata com a condição de trabalhabilidade e de velocidade de produção, mesmo que isso possa comprometer a qualidade final da tarefa” (RECENA, 2012).

Cabe ressaltar que as propriedades reológicas da argamassa influenciam na sua na capacidade resistiva, sendo a resistência à compressão, segundo Prudêncio et al. (2002), o fator mais importante a ser considerado na alvenaria estrutural não armada.

2.1 Resistência a compressão

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), a influência da argamassa na funcionalidade da alvenaria como estrutura depende, principalmente, da sua resistência a compressão e da espessura da junta horizontal.

É necessário que a argamassa de assentamento, além de desenvolver resistência adequada ao longo do tempo, adquira rapidamente alguma resistência, de modo a suportar o assentamento de várias fiadas no mesmo dia. (CARASEK, 2010).

Além disso, de acordo com Steil e Prudêncio (2002), os blocos não devem ser definidos apenas devido à sua resistência a compressão, mas também à sua compatibilidade com a argamassa estrutural, uma vez que o conjunto bloco e argamassa é responsável pela resistência e não apenas um dos dois elementos. Sendo as unidades as principais responsáveis pela resistência à compressão e a argamassa pela garantia de transmissão de carga, aderência e acomodação de deformações em todo o painel de alvenaria (PARSEKIAN et al., 2012; RAMALHO E CORRÊA, 2003). Para a avaliação da compatibilidade e eficiência do conjunto bloco e argamassa escolhidos, a NBR 16868-3:2020 sugere alguns métodos de ensaios de elementos de alvenaria estrutural, dentre eles, realizar o ensaio de prismas de blocos de concreto submetidos a forças de compressão, pois estes representam a interação entre os componentes de alvenaria como um todo de acordo com: (NALON et al., 2020)

No estudo realizado por Schankoski et al. (2015) que ao comparar as argamassas industrializadas com as argamassas mistas usualmente empregadas em alvenarias estruturais de bloco de concreto para edifícios altos, perceberam que o maior fator de eficiência dos prismas ocorreu com o emprego da argamassa mista com cal compondo seu traço. Essa argamassa apresentou o maior módulo de elasticidade e gerou prismas mais rígidos.

2.2 Resistência a tração

De acordo com Recena (2012), uma característica da argamassa é ter o desempenho de resistência a tração muito inferior ao de resistência a compressão, cerca de 10% a 15%.

Quanto a resistência à tração, um experimento realizado por Silva e Campiteli (2008), mostra que há uma correlação exponencial desta com a relação água/cimento em que quanto menor a relação água/cimento, maior é a resistência à tração na flexão, assim como a resistência a compressão.

2.3 Trabalhabilidade

Baia e Sabbatini (2008) definem a trabalhabilidade como um conceito amplo, da combinação das características relacionadas com a coesão, consistência, plasticidade, viscosidade e adesão inicial. Então a consistência é uma propriedade relacionada à trabalhabilidade. Enquanto a trabalhabilidade determina a facilidade com que as argamassas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea, Cincotto *et. al* (1995) ensinam que a consistência da argamassa é a tendência do material em resistir a deformação.

Dessa forma, a propriedade de trabalhabilidade recebe influência direta da capacidade de retenção de água, já que com maior quantidade de água permanente na sua mistura, a argamassa se torna mais maleável, bem como a influência da densidade, que é afetada diretamente pela incorporação de ar na mistura, visto que o teor de ar incorporado, encontrado em uma amostra com baixa densidade, ajuda na trabalhabilidade da argamassa, deixando mais leve e mais fácil sua aplicação (CARASEK, 2007). Ainda em relação a influência do ar incorporado na consistência da argamassa, a adição de uma quantidade adequada de aditivos incorporadores de ar pode melhorar a trabalhabilidade da argamassa, reduzindo sua permeabilidade e tornando-a mais leve e com melhor aplicabilidade, uma vez que a trabalhabilidade é o resultado da junção de diversas propriedades, dentre elas a consistência. (CARASEK, 2007).

Ressalte-se que, uma argamassa com índice de consistência muito baixo pode ser difícil de ser manuseada e aplicada, enquanto uma com índice muito alto pode apresentar problemas como segregação ou perda de resistência (CARASEK, 2007).

A norma ABNT NBR 13276:2016 sugere como ensaio para a determinação o índice de consistência o ensaio com a mesa de espalhamento, mais conhecido como Flow Table, no entanto, ele não proporciona a separação entre a contribuição da tensão de escoamento e da viscosidade, e precisa de maior sensibilidade já que fornece somente uma única medida como parâmetro reológico. (AZEREDO, G.;

MOREL, J. C.; LAMARQUE, C. H.; 2008; BAUER et Al, 2005; SILVA, 2006).

Ainda de acordo com Silva (2006), há outros métodos de ensaios os quais podem ser utilizados para avaliar o índice de consistência da argamassa, como: ensaio de Dropping-Ball, penetração do cone e vane test. Contudo, não possuem a capacidade de detectar a capacidade dos comportamentos reológicos que podem ser apresentados pelas argamassas.

2.4 Densidade

Para Carasek (2007), uma argamassa com alta densidade no estado fresco pode apresentar menor porosidade, logo, ter maior resistência à compressão. Ainda, de acordo também com Carasek (1997), que estudou a utilização de aditivos incorporadores de ar na argamassa, a variação do teor de ar apresentado, interfere na densidade da argamassa, e é um indicativo da sua compacidade.

Nesse contexto, Gava et al. (2015), também apresentou estudos a partir da análise da influência dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de assentamento, que diminuem sua densidade, e ainda, verificaram que, apesar de provocar a redução da demanda de água de amassamento, seu uso provoca redução na resistência à compressão.

Ademais, em estudos realizados por Santos e Schieve (2022), foi possível verificar que em análises de argamassas convencionais e industrializadas, houve uma diminuição da densidade no estado endurecido, se comparada ao estado fresco.

2.5 Retenção de água

Segundo Prudêncio et al. (2002), quando uma argamassa apresenta retenção de água muito baixa, ela perde água facilmente, ficando enrijecida e dificultando assim, o correto assentamento e alinhamento da prumada. Do mesmo modo, uma retenção de água elevada também pode ser prejudicial, devido ao fato de dificultar a manutenção da espessura da junta, além de, comprometer a aderência com as unidades de alvenaria.

Também, pela análise de Schankoski et al. (2015), a retenção de água das argamassas influencia

diretamente na resistência à compressão dos prismas. Isso pode ser explicado devido ao fato que, ao perder muita água para o substrato, causa uma diminuição na resistência de aderência, a argamassa fica mais rígida e implica um maior módulo de elasticidade, ou seja, a argamassa fica com a capacidade de absorver as deformações comprometida.

2.6 Tempo de pega

De acordo com estudos de Pina e Allen (2016), a velocidade da reação exotérmica, ou tempo de pega, é um fator determinante no preparo dessas composições, pois determina o tempo de manuseio da mistura para aplicação e, no caso de argamassas de assentamento, o tempo necessário para que a argamassa suporte a disposição de uma nova fiada de blocos, já que ela precisa gerar um enrijecimento em tempo hábil para exercer essa função.

Para Petrucci (1998), argamassas dosadas em condições normais, sem aditivos, apresentam tempo de pega entre 5 e 10 horas.

Alguns estudos relacionados aos tempos de pega de argamassas mostram possíveis influências da propriedade, como por exemplo o estudo de Pires (2020), que analisou como o aumento da temperatura ambiente reduz o tempo de pega, pois os elementos responsáveis pela hidratação precipitam mais rápido nas primeiras horas, o que gera também um aumento de resistência mecânica a compressão.

Ferrari (2017) observou o mesmo comportamento em seus estudos de tempo de pega. Este autor levantou a hipótese desta redução na variação do tempo de pega ser em função da perda, por evaporação, da água de amassamento utilizada no traço. Com os cuidados tomados para que esta não evaporasse, evidenciou-se que o comportamento percebido tem uma influência, também, da temperatura nas reações químicas de hidratação do cimento.

Em outros estudos de caso como de Ramos et al. (2013), percebeu-se, ainda, pela comparação dos resultados de diferentes traços, que há aumento do tempo de início de pega com o aumento da relação água/cimento. Logo, pode-se concluir também que a quantidade de água adicionada a mistura influencia no tempo de endurecimento da argamassa.

3 METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados conforme o fluxograma da figura 01 a seguir:

Figura 01: Fluxograma de execução de ensaios.



Fonte: Próprio Autor.

3.1 Argamassa

Para análise das propriedades mecânicas das argamassas objeto deste estudo foram utilizadas argamassas industrializadas, produzidas por um determinado fabricante, para utilização em assentamento de blocos para alvenaria estrutural em quatro diferentes níveis de resistências: 6 MPa, 8 MPa, 10 MPa e 14MPa.

As argamassas utilizadas para os ensaios em laboratório foram obtidas do mesmo lote de fabricação dispensadas para uso na obra, e de um único lote para cada nível de resistência.

3.2 Preparo e mistura

O preparo e misturas para a execução dos ensaios em laboratório foi executado conforme requisitos da NBR 16541 (ABNT, 2016) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura para a realização de ensaios; e para amostras produzidas em obra, foram seguidos os

procedimentos de mistura indicados pelo fabricante, visto que as condições de laboratório não são aplicáveis no ambiente de obra. Sendo assim, a divergência de métodos de mistura é proposital, para avaliar a influência do ambiente de produção nas propriedades finais do produto.

Para ambos os locais – laboratório e obra, a quantidade de água necessária para mistura foi adicionada conforme determinado pelo fabricante quais sejam: “para todas as resistências das argamassas em estudo, adicionar cerca de 16% de água, ou seja, de 6,4 a 7,2 litros de água para cada saco de 40 kg. Em ambiente de obra, a argamassa foi homogeneizada por meio de um misturador elétrico, e em laboratório, a mistura foi misturada em argamassadeira específica, conforme preconiza a NBR 16541/1 (ABNT, 2016).

3.3 Ensaios e verificações

Realizadas as misturas, as argamassas foram analisadas em suas propriedades no estado fresco e endurecido. As verificações das propriedades no estado fresco foram realizadas apenas para as argamassas misturadas em laboratório, em que foi analisado: o índice de consistência conforme NBR 13276 (ABNT, 2016), resistência a compressão em concordância com a NBR 13279 (ABNT, 2005), capacidade de retenção de água de acordo com a NBR 13277 (ABNT, 2005), a densidade no estado fresco pela NBR 13278 (ABNT, 2005), densidade no estado endurecido de acordo com a NBR 13280 (ABNT, 2005) e o tempo de pega conforme NBR NM 9 (ABNT, 2003).

Os valores obtidos nos ensaios foram registrados em planilha com os respectivos dados de cada argamassa utilizada para o ensaio, possibilitando a comparação entre todas as propriedades citadas.

3.3.1 Resistência a compressão:

Para a análise das propriedades no estado endurecido, foram realizados os ensaios de resistência mecânica a compressão em amostras prismáticas de 40x40x160 mm – Figura 02, conforme preconizado

pela NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 02: Detalhes do molde metálico prismático.



Fonte: Próprio Autor

Em ambas as situações: laboratório e obra, as moldagens foram realizadas de modo a padronizar o processo de adensamento e atenuar os possíveis desvios de resultados decorrentes da variação dos métodos. Para as amostras ensaiadas em laboratório, o método de moldagem e adensamento seguiu as determinações da NBR 13279 (ABNT, 2005), em obra, o adensamento foi feito por meio de quedas do conjunto de fôrmas, simulando o adensamento padronizado pela referida norma técnica.

Para os ensaios em laboratório foram moldados, para cada classe de resistência, 12 (doze) corpos de prova, sendo que 4 (quatro) exemplares foram rompidos na idade de 7 dias, 4 (quatro) foram rompidos com 28 dias de idade e os outros 4 (quatro) exemplares com 56 dias, totalizando 48 (quarenta e oito) exemplares.

Para as amostras retiradas de campo, para cada classe de resistência (6, 8, 10 e 14 MPa) e idade de ruptura (7, 28 e 56 dias), foram moldados 4 (quatro) exemplares prismáticos, obtidos a partir de três amostras retiradas de betonadas diferentes totalizando 12 (doze) exemplares para cada classe de resistência, em um total de 48 (quarenta e oito) exemplares. Rompidas as amostras, o valor da resistência à compressão foi obtido pela equação (1), conforme preconizado na NBR 13279 (ABNT, 2005),

$$\text{Equação } R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (1)$$

Sendo:

R_c : Resistência a compressão, expressa

em Mega Pascal (MPa)

F_c : Carga máxima aplicada para ruptura em Newton (N)

Os valores obtidos foram utilizados para classificação da argamassa quanto à essa propriedade, conforme tabela 1 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo.

3.3.2 Resistência a tração:

Antes do rompimento de todas as amostras, de obra e laboratório, por compressão, foram realizados os ensaios de tração, com aplicação de uma força progressiva no centro do prisma de argamassa, até que fosse suficiente para rompê-lo e o dividir em duas partes.

O valor de resistência a tração foi obtido pela equação (2), também de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005),

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times L}{40^3} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

R_f a resistência à tração, expressa em MegaPascal (MPa);

F_f a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, expressa em Newton (N).

L é a distância entre os suportes, expressa em milímetros (mm).

Os valores obtidos foram utilizados para classificação da argamassa quanto à essa propriedade, conforme tabela 3 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo.

3.3.3 Consistência:

O ensaio para determinação do índice de consistência, descrito na NBR 13276 (ABNT, 2016) tem por propósito estabelecer parâmetros padronizados da consistência da argamassa em seu estado fresco possibilitando a tomada de decisão sobre a necessidade ou não de se alterar a fluidez da argamassa.

Nesse ensaio foram utilizados os seguintes aparelhos para realização do ensaio: mesa de consistência Flow Table, soquete e molde em tronco de cone metálico, régua metálica e paquímetro de resolução de 1mm.

Para cada classe de resistência de argamassa, foi obtido o índice de consistência a partir da média das medidas obtidas em 3 (três) pontos tomados radialmente na argamassa espalhada, conforme preconizado pela NBR 13276 (ABNT, 2016).

3.3.4 Retenção de água:

Para análise dessa propriedade foram seguidas as instruções fornecidas pela NBR 13277 (ABNT, 2005). Foram usados os seguintes equipamentos / materiais: Funil de Buchner com bomba de vácuo, discos de papel-filtro (qualitativos, com 200 mm de diâmetro), soquete metálico, régua metálica (bisotada, com no mínimo 300 mm de comprimento), balança com resolução de 1g e cronômetro.

Os procedimentos para definição do índice de Retenção de água (R_a), foram adotados conforme os preconizados por norma, e o valor do índice de retenção de água é definido pela equação (3):

$$R_a = \left[1 - \frac{(m_a - m_s)}{AF(m_a - m_v)} \right] \cdot 100 \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

R_a é o índice de retenção de água em %;

m_a é a massa do conjunto com argamassa (g);

m_s é a massa do conjunto após a sucção (g);

m_v é a massa do conjunto vazio (g);

AF é o fator água/argamassa fresca;

m_w é a massa total de água acrescentada à mistura(g);

m é a massa de argamassa industrializada (g)..

Os valores obtidos foram utilizados para classificação da argamassa quanto à essa propriedade, conforme tabela 6 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo.

3.3.5 Densidade no estado fresco

A determinação de densidade no estado fresco e endurecido seguiu os procedimentos preconizados pela NBR 13278 (ABNT, 2005). Para a densidade no estado fresco, serão utilizados um molde cilíndrico com capacidade aproximada de 400 cm³, espátula e placa de vidro

Para o cálculo da densidade foi utilizada a seguinte equação (4):

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} \cdot 1000 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

m_c é a massa do recipiente cilíndrico com argamassa (g).

m_v é a massa do recipiente cilíndrico vazio (g).

v_r é o volume do recipiente cilíndrico (cm³).

d é a densidade da argamassa no estado fresco (km/m³).

Os valores obtidos foram utilizados para classificação da argamassa quanto à essa propriedade, conforme tabela 5 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo

3.3.6 – Tempos de pega

O ensaio para a determinação dos tempos de pega é preconizado pela NBR NM 9 (2003), utilizando um penetrômetro padronizado, como mostrado na figura 03:

Figura 03: Penetrômetro com agulhas utilizados para ensaio de determinação de tempos de pega.



Fonte: Próprio autor

De acordo com a referida norma técnica, o tempo

de início de pega é o intervalo medido entre o primeiro contato do cimento com a água de amassamento, até o momento em que a argamassa alcançar a resistência à penetração igual a 3,4 MPa. Já o fim de pega se trata do tempo decorrido para que a resistência à penetração atinja o valor igual a 27,6 MPa.

Para cada série de resistência, foram preparadas duas amostras em laboratório totalizando 8 (oito) ensaios.

Os tempos de início e fim de pega foram obtidos por meio de uma curva construída a partir da média dos tempos de dois ensaios realizados com a mesma amostra, expressos em horas em minutos e o arredondados para um valor múltiplo de cinco minutos.

3.3.6 Densidade de massa aparente no estado endurecido

O ensaio referente a determinação de densidade no estado endurecido das amostras de argamassa foi baseado nos padrões definidos pela NBR 13280 (ABNT, 2005), em que se quantifica a relação entre massa e volume do material nas idades estabelecidas.

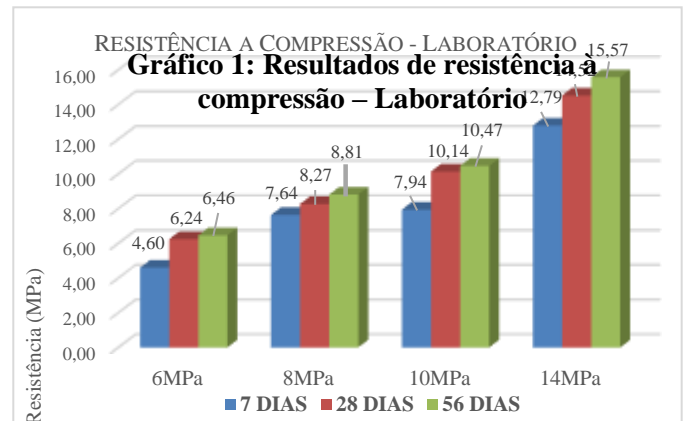
Os resultados foram obtidos em amostras moldadas em laboratório e em obra, a partir do cálculo das médias de quatro amostras, para cada nível de resistência de argamassa, para que assim fosse possível a comparação dos valores e análise da influência dessa propriedade na capacidade resistiva do material também no estado endurecido, além da classificação de acordo com a tabela 2 da NBR 13281 (ABNT, 2023) - Anexo

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concluídos os ensaios, medidas e verificações, as argamassas industrializadas utilizadas para assentamento de blocos em alvenaria estrutural apresentaram os seguintes resultados:

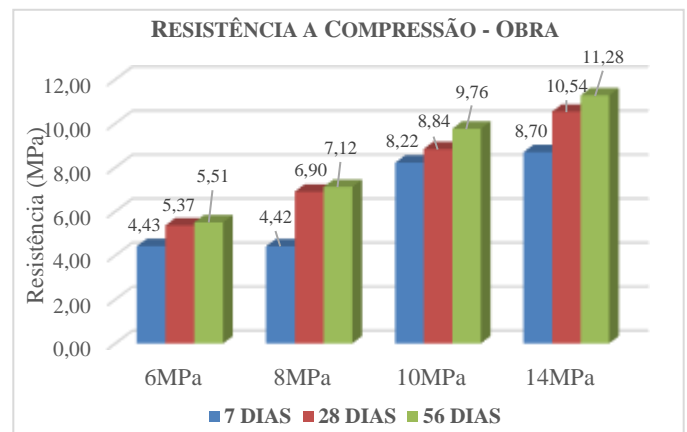
4.1 Resistência a compressão:

Com a ruptura das amostras produzidas em laboratório e em obra, e ensaiadas aos 7, 28 e 56 dias foram obtidos os resultados conforme os gráficos 1 e 2 a seguir:



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 2: Resultados de resistência à compressão – Obra



Fonte: Próprio Autor

Pelos resultados dos ensaios de resistência a compressão apresentados no gráfico 1, contemplando as amostras de laboratório, dosadas de acordo com as indicações do fabricante, é possível perceber que todas as classes de resistência atingiram o especificado aos 28 dias, e que após esse período, o desenvolvimento de resistência é mínimo, apresentando um incremento médio de 5,81% até os 56 dias.

No entanto, mesmo estando dentro das especificações do fabricante, como foi abordado por CARASEK (2010) é necessário que a argamassa de assentamento, além de desenvolver resistência adequada ao longo do tempo, adquira rapidamente alguma resistência, de modo a suportar o assentamento de várias fiadas no mesmo dia. Também é válido lembrar que no caso da alvenaria estrutural,

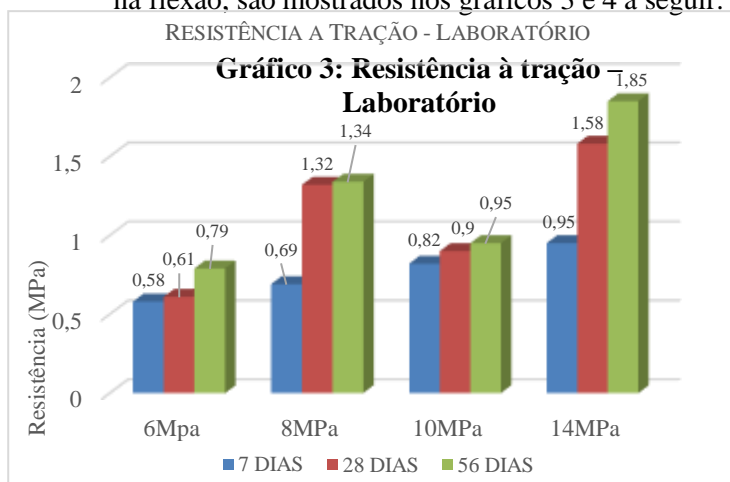
inclusive nos empreendimentos estudados, em uma média de 7 dias após o início da marcação, já se tem a concretagem de outra laje, apoiada sobre essa alvenaria. Assim, percebeu-se que, até a idade de 7 dias, as argamassas desenvolveram uma resistência de apenas 85,72% em relação a requerida para o sistema, o que poderia, em tese, comprometer a estabilidade do sistema.

Quanto as amostras de argamassas moldadas em obra, estas apresentaram a tendência de desenvolvimento de resistência similar às moldadas em laboratório. No entanto, como mostrado no gráfico 2, para os resultados dos ensaios com as amostras moldadas em obra, mesmo aos 56 dias, nenhuma das argamassas atingiram o valor mínimo para a sua classe de resistência, conforme especificado fabricante. Essa ineficiência, provavelmente, é resultado de um controle de dosagem de água ineficiente, em que o operador se atenta mais a trabalhabilidade da argamassa, adicionando uma quantidade de água além do indicado pelo fabricante.

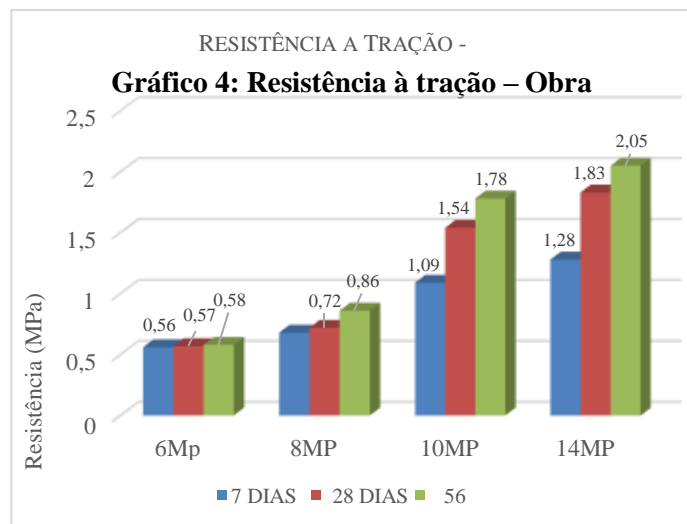
Para os resultados de laboratório e obra, podemos classificar, conforme a tabela 1 da NBR 13281 (2005) – em anexo, a argamassa de 6MPa como classe P4 e o restante como classe P5.

4.2 Resistência a tração:

Os resultados de ruptura das amostras por tração na flexão, são mostrados nos gráficos 3 e 4 a seguir:



Fonte: Próprio Autor



Fonte: Próprio Autor.

Pode-se perceber que, nas duas situações, para as argamassas de 6MPa e 8MPa, os resultados de tração acompanham proporcionalmente os de compressão, aumentando de acordo com a idade das amostras. Dessa forma, corroboram com as considerações de Silva e Campiteli (2008), que afirma que os resultados de tração aumentam conforme os de compressão. No entanto, os aumentos são em proporções menores, e, como afirmado por Recena (2012), cerca de 10% a 15%, sendo notada a média de 11,09% para laboratório e 14,15% para as amostras desenvolvidas na obra.

No entanto, argamassas de 10MPa e 14MPa, apresentaram resultados maiores em amostras de obra, mesmo com os resultados de compressão dessas mesmas amostras sendo inferiores, distanciando das análises feitas por Silva e Campiteli (2018), não seguindo a proporcionalidade.

Além disso, também destoando das mesmas afirmações de Silva e Campiteli (2018) e fugindo da previsão do estudo, as amostras de 10 MPa de laboratório não seguiram a mesma linha de evolução de acordo com o nível de resistência. Percebe-se que seus valores de tração estão menores do que os resultados de 8 MPa. Possivelmente, isso se deve a algum desvio no processo de moldagem, já que a argamassa de obra, do mesmo lote, seguiu o crescimento previsto.

Por fim, para amostras de laboratório, pode-se

classificar argamassas de 6, 8 e 10 MPa como R1 e apenas 14 MPa como R2, para resultados de obra, ficam 6 e 8 MPa como R1 e argamassas de 10 e 14 MPa como R2, conforme preconizado por tabela 3 da NBR 13281 (ABNT, 2023) - Anexo

4.3 - Densidade no estado fresco e estado endurecido:

Os resultados obtidos nos ensaios de densidade no estado fresco estão representados na tabela 1 a seguir:

Quadro 1: Densidade no estado fresco

Estado	Fresco	Endurecido					
Local	Lab	Laboratório			Obra		
Idade	-	7	28	56	7	28	56
6 MPa	1904	1697	1773	1780	1653	1698	1725
8 MPa	1965	1757	1803	1861	1682	1689	1704
10 MPa	1980	1819	1831	1840	1784	1796	1821
14 Mpa	2022	1925	1945	1959	1879	1887	1910

Fonte: Próprio Autor

Pelos valores expressados no Quadro 1, é possível perceber que a densidade das argamassas no estado fresco obteve os maiores valores para as argamassas de maiores resistências. Esse comportamento era esperado, e, também, foi obtido por Carasek (1997) que mostrou que uma argamassa com alta densidade no estado fresco pode apresentar menor porosidade, e logo, ter maior resistência à compressão.

Em relação a densidade no estado endurecido, estas também mantêm uma tendência de acompanhar o desempenho da resistência a compressão, em que argamassas de classe de resistência maior, também apresentaram as maiores densidades. Considerando a média dos resultados obtidos para a densidade no estado endurecido (em laboratório) como de 1817 Kg/m³ e dos resultados em estado fresco como de 1983 Kg/m³, percebe-se que os valores obtidos estão alinhados com os estudos de Santos e Schieve (2022), os quais inferiram que em argamassas industrializadas, a densidade no estado fresco é maior se comparado com estado endurecido. Tal fato se deve pelo consumo da água durante o processo de

hidratação e de evaporação por secagem.

Em relação aos resultados de densidade no estado endurecido, obtidos a partir das amostras moldadas em obra, percebe-se que, também, a densidade aumenta de acordo com o aumento da classe de resistência da argamassa, confirmando também os resultados de Gava et al. (2015), o qual afirmou que, em seus estudos, a densidade acompanhou a resistência mecânica das argamassas.

Nota-se que em todas as amostras ensaiadas para a densidade no estado endurecido, houve um aumento na densidade, mesmo que baixo, no decorrer do tempo. A média de evolução das amostras, até 56 dias, em laboratório foi de 2,7%, e em obra, 2,4%.

Outra consideração sobre os resultados é que, apesar do aumento contínuo dos resultados, percebe-se que este ocorre principalmente até os 28 primeiros dias, se estabilizando depois, de forma semelhante aos resultados de resistência a compressão. Em uma média geral, para os resultados obtidos nas amostras produzidas em laboratório e em obra, houve um acréscimo de densidade de 2% nas primeiras quatro semanas, enquanto até a oitava semana, o incremento foi de apenas de 0,8%.

Esse aumento da densidade com a idade se deve principalmente à formação dos produtos hidratados e consequente redução de poros, com o aumento da impermeabilidade e da resistência mecânica. A partir do momento em que o estágio de hidratação atinge o seu ápice (aos 28 dias) a redução de porosidade diminui e o acréscimo de densidade praticamente se estabiliza.

Conforme tabela 5 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo, em relação aos resultados em estado fresco, apenas o nível de 14 MPa mostrou-se D6, sendo os demais D5. Já referenciando estado endurecido, pela tabela 2 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo, observou-se que todos os resultados são classificados como M5

4.3 Consistência:

Os resultados do ensaio de consistência das amostras de argamassas realizados em laboratório produziram os resultados mostrados no quadro 2:

Quadro 2 – Resultado dos ensaios de consistência

Consistência (mm) – Mesa de consistência	
6 MPa	201
8 MPa	192
10MPa	201
14MPa	202

Fonte: Próprio Autor

Os resultados de consistência das argamassas apresentaram valores semelhantes, independente da sua classe de resistência. Este comportamento era esperado, visto que as argamassas industrializadas precisam manter o mesmo nível de consistência e trabalhabilidade, independente da sua classe de resistência. Segundo Roque (2018), as propriedades das argamassas no estado fresco sofrem grande influência do processo de mistura, pelas condições impostas em obra, ou seja, tipo de misturador empregado, tempo de mistura e equipamentos utilizados no transporte. Visto que em ambiente de laboratório as condições de mistura são as mesmas, os valores de consistência apresentam valores semelhantes.

E, com isso, notou-se também que devido à adição do mesmo volume de água em todas as misturas, conforme especificação do fabricante, a trabalhabilidade se manteve estável sem significativas alterações, confirmando assim a tese de Casali (2008), ao afirmar que a água é um componente de grande influência na trabalhabilidade da argamassa.

Além disso, segundo Prudêncio et al. (2002), o cimento possui a propriedade melhorar a trabalhabilidade da argamassa, estudo este, que ao analisar os resultados obtidos, não se torna aplicável às amostras, ao inferir-se que não há variação significativa entre argamassas de diferentes resistências.

No entanto, pode-se informar que a semelhança de resultados dos ensaios realizados por Flow Table podem não condizer com a realidade, uma vez que precisa de maior sensibilidade já que fornece somente uma medida como parâmetro reológico, e, alguns itens podem afetar seu resultado, como a força para a execução do ensaio na mesa de consistência,

tornando-o impreciso. (AZEREDO, G.; MOREL, J. C.; LAMARQUE, C. H.; 2008; BAUER et Al, 2005; SILVA, 2006).

4.4 Retenção de água:

Os resultados obtidos no ensaio de retenção de água ocorreram de acordo com o Quadro 3:

Quadro 3 – Resultado dos ensaios de retenção de água.

Retenção (%) das argamassas	
6MPa	87,40%
8MPa	86,73%
10MPa	87,15%
14MPa	87,23%

Fonte: Próprio Autor

Como apresentado no Quadro 3, os valores não tiveram variação significativa entre os diferentes níveis de resistências. Pode-se considerar uma alteração de apenas 1% entre os valores individuais e a média, a qual foi de 87,13%. Os valores obedecem as especificações descritas pela fabricante, que indica, para todas as classes resistivas, um valor de retenção de água entre 80% e 90%.

Essa semelhança corrobora com as análises propostas por Prudêncio et al. (2002), que faz uma ligação da consistência da argamassa com a sua capacidade de retenção de água, já que quando uma argamassa retém pouca água, por exemplo, fica com a consistência mais enrijecida. Por essa consideração e notando que os resultados de consistência também não tiveram grande variação, pode-se inferir que as argamassas são fabricadas com o intuito de oferecerem propriedades próximas, independente do nível de resistência.

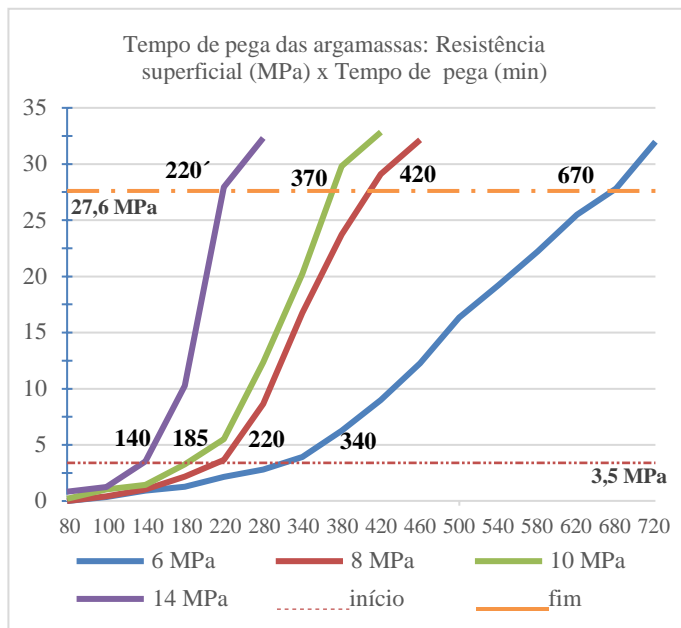
Também, pela análise de Schankoski et al. (2015), a retenção de água das argamassas influencia diretamente na resistência à compressão. Isso pode ser explicado devido ao fato que, ao perder muita água para o substrato, a argamassa fica mais rígida e implica um maior módulo de elasticidade, ou seja, a argamassa fica com a capacidade de absorver as deformações comprometidas.

De acordo com tabela 6 da NBR 13281 (ABNT, 2023) – Anexo, todos os resultados classificam-se como U4.

4.5 Tempo de pega:

Os resultados obtidos no ensaio de pega estão apresentados no gráfico 5 a seguir:

Gráfico 5 – Tempos de pega das argamassas



Fonte: Próprio Autor

Como apresentado no gráfico, as argamassas atingiram as resistências superficiais de 3,5 MPa e 27,6 MPa, o que representam os tempos de início e fim de pega, respectivamente, em diferentes momentos, de acordo com a sua classe de resistência. Os valores obtidos para o início de pega das argamassas de 6, 8, 10 e 14 MPa tiveram média de 03 horas e 48 minutos e de fim de pega de 05 horas e 20 minutos, sendo o tempo em aberto informado pelo fabricante de 01 hora e 30 minutos.

Assim, as argamassas de classe de resistência mais altas, de 14 e 10 MPa apresentaram, respectivamente, tempos de início de 140 e 185 minutos, já de fim de pega de 220 e 370 minutos menores, enquanto argamassas de menor resistência, 8 e 6 MPa, apresentaram, nessa ordem, tempos de início de pega como sendo 220 e 340 minutos e de fim de pega como sendo 370 e 670. Logo, pode-se dizer que estão condizentes com os estudos de Ramos et al. (2013), onde se afirma que quanto maior a relação água:cimento, menor o tempo de pega, como

verificado na variação de prazo entre 14 e 6 MPa, sendo 257% maior. Logo, em razão da maior presença de cimento nas argamassas de maior resistência, seus tempos de pega foram inversamente proporcionais, visto que o volume de água era o mesmo para todas as classes, alterando apenas a proporção de cimento.

Por outro lado, outro fator de grande relevância no comportamento de endurecimento da argamassa é a umidade relativa do ar, que afeta a capacidade do ar de absorver vapor de água, vapor este proveniente da evaporação da água da argamassa, tornando o processo do tempo de pega mais lento, assim como afirmado por Ferrari (2017). Além disso, em condições de baixa umidade, assim como exposição constante da argamassa ao sol, como ocorrido no dia da obra, há a possibilidade de aceleração da evaporação da água da argamassa, levando a um tempo de pega menor.

Vale ressaltar também que, a argamassa de 6 MPa ultrapassa as 10 horas citadas nas considerações de Petrucci (1998), estando fora das condições de normalidade imposta em seu estudo. Além disso, referenciando também as análises de Pina e Allem (2016), um tempo de pega muito demorado pode influenciar a capacidade da argamassa de trazer o suporte necessário para que as fiadas superiores descarregem sua carga de peso próprio nas camadas assentadas anteriormente.

Nota-se também que as argamassas de 6 e 8 MPa demonstraram elevado tempo de início de pega em relação as de 10 e 14 MPa, isso se deve ao fato de possuírem menos cimento em sua composição se comparada às demais, visto que apresentam menor capacidade de resistência à compressão, afirmação esta que corrobora com a pesquisa de Muniz (2008), que se pode concluir que diversos fatores podem prorrogar o período de pega da argamassa, dentre eles a relação água:cimento, dado que menor quantidade de cimento pode resultar em hidratação mais lenta ao levar em consideração que o volume de água é o mesmo para todas as resistências.

5 CONCLUSÕES

As argamassas de assentamento industrializadas, apresentaram resultados variados conforme a sua classe de resistência e o ambiente de

produção. Quanto a resistência a compressão, percebe-se que ao seguir as indicações do fabricante, como foi feito com as amostras em laboratório, o material atinge o valor da resistência mínima requerida aos 28 dias, não havendo aumento significativa após esse período. Já nos resultados de obra, provavelmente devido a um controle de dosagem ineficaz, nenhum dos resultados alcançou a resistência mínima em nenhuma das idades. O comportamento do material no que tange a capacidade de resistência a tração de argamassas de 6 e 8 MPa é semelhante, considerando que os valores permanecem sempre em um faixa de 10% a 15% em relação aos resultados a compressão. No entanto, argamassas de 10 e 14 MPa, obtiveram resultados maiores em obra, comportamento contrário ao de resistência a compressão. Além disso, a de 10 Mpa destoa da linha de evolução também, no caso das amostras de laboratório, apresentando valores menores do que amostras de 8 MPa.

Em relação as densidades, é notório que para uma mesma argamassa, o valor no estado fresco diminui após o endurecimento e, em segundo plano, passa a aumentar juntamente a idade da argamassa. Também mantém uma relação com os níveis de resistência, já que quanto maior estes, maior a densidade. Quanto a outras propriedades, como consistência e capacidade de retenção de água, infere-se que não houve mudança significativa de valores quando comparados os quatro níveis de resistência, levando a concluir que são todas fabricadas para ter desempenhos muito semelhantes nessas questões, e, de acordo com os estudos citados quanto a consistência, conclui-se que o ensaio de Flow Table não apresenta resultados tão precisos devido a fatores que podem influenciar diretamente o seu desempenho. Finalmente, acerca do tempo de pega, observou-se que esse diminui à medida que aumenta a capacidade resistiva da argamassa.

Conclui-se que o material demonstra ter desempenho apropriado em relação a densidade, retenção de água, consistência e tempo de pega. No entanto, com foco principal na análise comparativa de resistência em obra e em laboratório, cabe ressaltar que o desempenho do material, por não prever uma margem de adversidades nas condições de ambiente e dosagem, carece de medidas de controle de

produção em obras de alvenaria estrutural, uma vez que para os procedimentos utilizados nas obras verificadas, não atingiram o desempenho mínimo especificado em projeto, resultados estes que foram evidenciados no Apêndice A.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, ABNT, 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, ABNT, 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, ABNT, 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, ABNT, 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, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16541: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios**. Rio de Janeiro, ABNT, 2016

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868-3: **Alvenaria estrutural Parte 3: Métodos de ensaio**, Rio de Janeiro, ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 9: **Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração**. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- AZEREDO, G.; MOREL, J. C.; LAMARQUE, C.H. **Applicability of rheometers to characterizing earth mortar behavior. Part I: experimental device and validation**. Materials and Structures, n. 41, p. 1465 – 1472, 2008.
- BAÍÁ, L. L. M e SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimentos de Argamassa**. 4ª edição. São Paulo: Nome da Rosa, 2008.
- BAUER, E. Et al. **Estudo da consistência de argamassas pelo método de penetração estática de cone**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. P. 95-105.
- CALÇADA, L. M. L; GAIO, A. E; RAMOS, M. G. **Estudo da influência da dosagem no tempo de início de pega da argamassa estabilizada**. Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, Palhoça. 2013.
- CAMACHO, J. S. **Alvenaria estrutural não armada – parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes**. Porto Alegre: UFRGS, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.
- CAMACHO, J. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha solteira: Universidade estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.
- CARASEK, Helena. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. Anais... Salvador: ANTAC, 1997.
- CARASEK, H. ISAIA, G. C. -**Artigo Materiais de construção civil com princípios da ciência da engenharia de materiais**. 1ª edição. – São Paulo 2007 - IBRACON, Cap. 26 – Volume 2. Argamassas.
- CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. 2ª edição. Vol 1. Ipsilon Gráfica e Editora, São Paulo, 2010. Cap. 28.p. 893 - 943.
- CASALI, J. M; **Estudo da interação entre a argamassa de assentamento e o bloco de concreto para alvenaria estrutural: transporte de água e aderência**. 2008. 348p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- CINCOTTO, M. A.; SILVA. M. A. C.; CASCUDO, O. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1995 (Publicação IPT 2378 – Boletim Técnico N. 68).
- FERRARI, V.; **Investigação sobre o efeito do aumento da temperatura durante a cura do concreto**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, Palhoça – SC, 2017.
- GAVA, P. G.; MANCINI, P. S.; SAKAI, H. H. **Influência do aditivo incorporador de ar nas propriedades das argamassas de assentamento**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Fortaleza, 2015.
- MUNIZ, M. **A influência dos aditivos aceleradores e retardadores de pega sobre a pasta de cimento Portland**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- NALON, G. H. et al. **Strength and failure mechanisms of masonry prisms under compression, flexure and shear: components' mechanical properties as design constraints**. Journal of Building Engineering, v. 28, p. 1-13, 2020.
- PARSEKIAN, G. et al. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Paulo: EdUFSCar, 2012.

- PETRUCCI, E.G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998
- PIRES, R. **Estudo sobre os efeitos do aumento da temperatura ambiente durante a cura da argamassa**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC.
- PIVA, J. H.; ALLEM, P. M. **Influência de aditivos retardadores de pega nas propriedades de argamassas com cimento de fosfato de magnésio**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil na Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina
- PRUDÊNCIO JR, L. R.; OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis, 2002. Editora Gráfica Palloti.
- RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa**. 2ª ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2012.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.
- ROQUE, D. C. **Análise das propriedades de argamassas estabilizadas para revestimentos em diferentes tempos ao longo do seu período de estabilização**. Trabalho de Conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade Feevale. Novo Hamburgo, 2018.
- SCHANKOSKI, R. A.; PRUDÊNCIO, L.R. JR.; PILAR, R. **Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos**. Revista Matéria, v.20, n.4, pp. 1008 – 1023, 2015.
- SCHIEVE, D. A.; MARQUEZ, D.; SANTOS, P. R. dos. **Estudo comparativo entre argamassas de revestimento: argamassa industrializada e produzida na obra**. 2022. 19 páginas. UNISOSIESC – SC.
- STEIL, R. O.; PRUDÊNCIO, L. R. **Influência da geometria dos blocos no fator de eficiência das alvenarias estruturais de blocos de concreto**. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 7., Belo Horizonte, 2002. Proceedings [...] Belo Horizonte, 2002.
- SILVA, N.G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia/Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- SILVA, N. G; CAMPITELI, V. C. **Correlação entre módulo de elasticidade dinâmico e resistências mecânicas de argamassas de cimento, cal e areia**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 21-35, out./dez. 2008

7 ANEXO – CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS POR DESEMPENHO

Tabela 1 – Resistência a compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: ABNT NBR 13281:2005

Tabela 2 – Densidade de massa aparente no estado endurecido

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	Método de ensaio
M1	≤ 1 200	ABNT NBR 13280
M2	1 000 a 1 400	
M3	1 200 a 1 600	
M4	1 400 a 1 800	
M5	1 600 a 2 000	
M6	> 1 800	

Fonte: ABNT NBR 13281:2005

Tabela 3 – Resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Fonte: ABNT NBR 13281:2005

Tabela 5 – Densidade de massa no estado fresco

Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1 400	ABNT NBR 13278
D2	1 200 a 1 600	
D3	1 400 a 1 800	
D4	1 600 a 2 000	
D5	1 800 a 2 200	
D6	> 2 000	

Fonte: ABNT NBR 13281:2005

Tabela 6 – Retenção de água

Classe	Retenção de água %	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

Fonte: ABNT NBR 13281:2005

APÊNDICE A – REGISTROS DOS ENSAIOS EM ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

NÍVEL DE RESISTÊNCIA			6 MPa		8 MPa		10 MPa		14 Mpa			
LOCAL	ESTADO	ENSAIOS	RESULTADO	CLASSIF	RESULTADO	CLASSIF	RESULTADO	CLASSIF	RESULTADO	CLASSIF		
ENSAIOS DE LABORATÓRIO	ESTADO FRESCO	CONSISTÊNCIA		201mm	-	192mm	-	201mm	-	202mm	-	
		DENSIDADE NO ESTADO FRESCO		1904 Kg/m³	D5	1965 Kg/m³	D5	1980 Kg/m³	D5	2022 Kg/m³	D6	
		RETENÇÃO DE ÁGUA		87,40%	U4	86,73%	U4	87,15%	U4	87,23%	U4	
		TEMPO DE PEGA	INÍCIO	340'	-	220'	-	185'	-	140'	-	
			FIM	670'	-	370'	-	370'	-	220'	-	
	ESTADO ENDURECIDO	DENSIDADE NO ESTADO ENDURECIDO	7 DIAS	1697 Kg/m³	M5	1757 Kg/m³	M5	1819 Kg/m³	M5	1925 Kg/m³	M5	
			28 DIAS	1773 Kg/m³	M5	1803 Kg/m³	M5	1831 Kg/m³	M5	1945 Kg/m³	M5	
			56 DIAS	1780 Kg/m³	M5	1861 Kg/m³	M5	1840 Kg/m³	M5	1959 Kg/m³	M5	
		RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	7 DIAS	0,58 MPa	R1	0,69 MPa	R1	0,82 MPa	R1	0,95 MPa	R1	
			28 DIAS	0,61 MPa	R1	1,32 MPa	R1	0,9 MPa	R1	1,58 MPa	R2	
			56 DIAS	0,79 MPa	R1	1,34 MPa	R1	0,95 MPa	R1	1,85 MPa	R2	
		RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	7 DIAS	4,6 MPa	P4	7,64 MPa	P5	7,94 MPa	P5	12,79 MPa	P6	
			28 DIAS	6,24 MPa	P4	8,27 MPa	P5	10,14 MPa	P6	14,52 MPa	P6	
			56 DIAS	6,46 MPa	P4	8,81 MPa	P5	10,47 MPa	P6	15,57 MPa	P6	
	ENSAIOS DE OBRA	ESTADO ENDURECIDO	DENSIDADE NO ESTADO ENDURECIDO	7 DIAS	1653 Kg/m³	M4	1682 Kg/m³	M4	1784 Kg/m³	M4	1879 Kg/m³	M4
				28 DIAS	1698 Kg/m³	M4	1689 Kg/m³	M4	1796 Kg/m³	M4	1887 Kg/m³	M4
56 DIAS				1725 Kg/m³	M4	1704 Kg/m³	M4	1821 Kg/m³	M4	1910 Kg/m³	M4	
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO			7 DIAS	0,56 MPa	R1	0,68 MPa	R1	1,09 MPa	R2	1,28 MPa	R2	
			28 DIAS	0,57 MPa	R1	0,72 MPa	R1	1,54 MPa	R2	1,83 MPa	R2	
			56 DIAS	0,58 MPa	R1	0,86 MPa	R1	1,78 MPa	R2	2,05 MPa	R4	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO			7 DIAS	4,43 MPa	P4	4,42 MPa	P4	8,22 MPa	P6	8,7 MPa	P6	
			28 DIAS	5,37 MPa	P4	6,9 MPa	P5	8,84 MPa	P6	10,54 MPa	P6	
			56 DIAS	5,51 MPa	P4	7,12 MPa	P5	9,76 MPa	P6	11,28 MPa	P6	

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante **ANA EUGÊNIA BARBOSA FALEIRO** do Curso de Engenharia Civil, matrícula **2019.1.0025.0032-8**, telefone: (62) 98292-8544 e-mail **anaeugenia1805@hotmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA UTILIZADA EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DE GOIÂNIA**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 18 de dezembro de 2023.

Assinatura do autor: *Ana Eugênia*

Nome completo do autor: **Ana Eugênia Barbosa Faleiro**

Assinatura do professor-orientador: *[Assinatura]*

Nome completo do professor-orientador: **Epaminondas Luiz Ferreira Júnior**

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante **CINDY OHANNA DA CRUZ MACIEL** do Curso de Engenharia Civil, matrícula **2019.1.0025.0001-8**, telefone: (62) 99617-3924 e-mail ohannacindy@icloud.com., na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA UTILIZADA EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DE GOIÂNIA**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 24 de agosto de 2023.

Assinatura do autor: _____ 

Nome completo do autor: **Cindy Ohanna da Cruz Maciel**

Assinatura do professor-orientador: _____ 

Nome completo do professor-orientador: **Epaminondas Luiz Ferreira Júnior**