

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
GEDIELSON DA SILVA DAMA

**ANÁLISE TÉCNICA, FÍSICA, QUÍMICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL
DA ARGAMASSA CONVENCIONAL E ARGAMASSAPOLIMÉRICA
PARA ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS**

LAGES
2021

GEDIELSON DA SILVA DAMA

**ANÁLISE TÉCNICA, FÍSICA, QUÍMICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL
DA ARGAMASSA CONVENCIONAL E ARGAMASSA POLIMÉRICA
PARA ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos

GEDIELSON DA SILVA DAMA

**ANÁLISE TÉCNICA, FÍSICA, QUÍMICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL
DA ARGAMASSA CONVENCIONAL E ARGAMASSA POLIMÉRICA
PARA ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC ___ / ___ / ___ Nota _____

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos – UNIFACVEST (Orientador)

*Dedico este trabalho aos meus maiores
exemplos de vida, meus pais.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, força e coragem para enfrentar meus medos a cada dia e supera-los para chegar até aqui. Agradeço imensamente a minha mãe Juraci (in memoriam) e meu pai Zaqueu pelo apoio incondicional. Obrigado a vocês por sonharem comigo, me apoiarem e mostrarem o caminho a seguir. Através de seus bons exemplos de trabalho duro, dedicação e força de vontade que aprendi a jamais desistir, mas sim seguir em frente com fé e dando o meu melhor. Gratidão a Deus por vocês! Mãe, você foi e sempre será minha maior motivação, que Deus a tenha e guarde. Quero agradecer pelo apoio, ajuda, conselhos e exemplos das minhas irmãs Lidiane e Mariele, meus cunhados Gesiel e Silvio, e também meus sobrinhos Adriel e Manassés. Agradeço todos os parentes e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho. Agradeço muito aos meus excelentíssimos professores que ao longo desta trajetória árdua, porém muito gratificante, estiveram comigo, lapidaram e transformaram meu modo de pensar e agir. Seus ensinamentos acadêmicos foram de grande valia e contribuirão para enfrentar o mundo e conquistar tudo aquilo que assim Deus me permitir. Meu muito obrigado ao Coordenador do curso Prof. ME. Aldori dos Anjos pela ajuda na elaboração deste trabalho, que representa o fim de um majestoso ciclo, porém, um novo começo de uma trajetória ainda maior.

A todos, minha eterna gratidão!

RESUMO

A argamassa convencional é empregada na Construção Civil a muitos anos e lidera o mercado em diferentes frentes de trabalho. Porém a crescente introdução da tecnologia nas indústrias de materiais, buscam novos métodos de fabricação, objetivando mais qualidade dos produtos aliada a preservação do meio ambiente. A argamassa não cimentícia foi criada com esses objetivos, sendo assim, o presente trabalho, buscou analisar as argamassas convencionais e poliméricas aplicadas no assentamento de blocos/tijolos cerâmicos de vedação. Para tanto, buscou-se embasamento teórico na literatura. Discorrendo desde a antiguidade, no surgimento das construções de pedra sobre pedra no período paleolítico, até os dias atuais, pontuando a evolução dos métodos construtivos associados ao uso das argamassas. Buscando identificar os pontos fortes e pontos fracos em diferentes situações de análises e ensaios laboratoriais. Busca-se um comparativo entre os dois sistemas, promovendo debate quanto as características intrínsecas das argamassas, aplicabilidade e inserção de mercado. A argamassa polimérica mostrou-se através das pesquisas, que tem grande potencial em substituição da argamassa convencional. Pois possui mais vantagens do que desvantagens na substituição quando aplicada ao sistema de vedação. Contudo, sendo um produto ainda não usado largamente nas edificações, seu uso deve ser avaliado pontualmente e adequado conforme demanda.

Palavra-chave: Argamassa convencional. Argamassa polimérica. Assentamento. Vedação.

ABSTRACT

Conventional mortar has been used in Civil Construction for many years and leads the market in different work fronts. However, the growing introduction of technology in the materials industries, they are looking for new manufacturing methods, aiming at more quality of the products allied to the preservation of the environment. The non-cement mortar was created with these objectives, so the present work sought to analyze how conventional and polymeric mortars applied in the laying of ceramic blocks / bricks for sealing. Therefore, a theoretical basis was sought in the literature. Discussing from antiquity, the emergence of stone-on-stone constructions in the Paleolithic period, to the present day, pointing out the evolution of construction methods associated with the use of mortars. Seeking to identify strengths and weaknesses in different situations of analysis and laboratory tests. A comparison between the two systems is sought, promoting debate about the intrinsic characteristics of mortars, applicability and market insertion. Polymeric mortar is known through research, which has great potential to replace conventional mortar. Because it has more advantages than disadvantages in replacement when applied to the sealing system. However, as it is a product that has not been widely used in buildings, its use must be evaluated on time and appropriate according to demand.

Keyword: Conventional mortar. Polymeric mortar. Settlement. Seal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Classificação quanto à consistência	23
Figura 02: Aplicação da argamassa polimérica em blocos	30
Figura 03: Retração dos corpos de prova da argamassa não cimentícia	33
Figura 04: Prismas de teste	36
Figura 05: Chapas de aço acopladas aos prismas de teste	36
Figura 06: Equipamento de teste à tração	37
Figura 07: Equipamento para teste de sucção	41
Figura 08: Mesa de ensaio da consistência	44
Figura 09: Argamassa comum pronta para o teste	48
Figura 10: Argamassa polimérica utilizada no teste: Biomassa do Brasil de 3 kg	49
Figura 11: Pannel da argamassa polimérica (esquerda) e argamassa comum (direita)	49

GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado do ensaio à compressão das argamassas	35
Gráfico 2: Resistência à tração das argamassas	38
Gráfico 3: Deformações argamassa tradicional	39
Gráfico 4: Deformações argamassa polimérica-1	39
Gráfico 5: Deformações argamassa polimérica-2	40
Gráfico 6: Porcentagem de retenção de água das argamassas	42
Gráfico 7: Porcentagem de massa específica das argamassas	43
Gráfico 8: Tipos de massas e cimentos mais utilizados por empresas	62
Gráfico 9: Tipos de massas e cimentos mais utilizados por profissionais liberais	62

QUADROS

Quadro 1: Influência da granulometria do agregado miúdo nas proporções da mistura.....	27
Quadro 2: Classificação dos cimentos	27
Quadro 3: Classificação da resistência à compressão	32
Quadro 4: Classificação da resistência à tração na flexão	32
Quadro 5: Resultados do teste de retenção de água das argamassas	41
Quadro 6: Resultados do teste de massa específica das argamassas	43
Quadro 7: Resultados da consistência das argamassas	44
Quadro 8: Composição de custos referente ao serviço: alvenaria de blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm, traço da argamassa 1:0,5:8, juntas 15mm	46
Quadro 9: Composição de custos referente ao serviço: alvenaria de blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm, assentado com argamassa polimérica	47
Quadro 10: Vantagens e desvantagens mencionadas pelos entrevistados	58
Quadro 11: Vantagens e desvantagens mencionadas pelos entrevistados	58

ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de cimento Portland
ARG: argamassa
BDI: benefícios e despesas indiretas
CH: cal hidratada
cm: centímetros
CP II Z: cimento Portland composto com pozolana
g/m³: grama por metro cubico
g: grama
GPa: gigapascal
H₂O: água
Kg/m³: kilograma por metro cubico
Kg: quilos
m: metro
m²: metro quadrado
m³: metro cúbico
MPa: megapascal
NBR: norma brasileira
V: volume
ρ: densidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	TEMA.....	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.3	PROBLEMA.....	14
1.4	OBJETIVOS.....	15
1.4.1	Objetivo geral.....	15
1.4.2	Objetivos específicos.....	15
1.5	JUSTIFICATIVA.....	15
2	ARGAMASSAS.....	16
2.1	CONHECENDO AS ARGAMASSAS.....	16
2.1.1	Histórico.....	16
2.1.2	Evolução tecnológica.....	18
2.1.3	Conceitos.....	19
2.1.4	Propriedades.....	21
2.1.4.1	Propriedades estado fresco.....	21
2.1.4.2	Propriedades estado endurecido.....	24
2.2	ANÁLISE ENTRE ARGAMASSA CONVENCIONAL E POLIMÉRICA.....	26
2.2.1	Análise técnica.....	26
2.2.1.1	Insumos da composição.....	26
2.2.1.2	Mão de obra necessária para execução.....	28
2.2.1.3	Método construtivo empregado.....	29
2.2.2	Análise física.....	31
2.2.2.1	Ensaio de compressão.....	33
2.2.2.2	Ensaio de tração com envelhecimento acelerado.....	355
2.2.2.3	Ensaio de retenção de água.....	40
2.2.2.4	Ensaio de massa específica.....	42
2.2.2.5	Ensaio da Consistência.....	43
2.2.3	Análise química.....	45
2.2.4	Análise econômica.....	46
2.2.4.1	Custo de insumos e mão de obra.....	46
2.2.4.2	Produtividade.....	50
2.2.4.3	Recebimento, armazenamento, transporte, processamento e aplicação.....	51
2.2.5	Análise ambiental.....	52
2.2.5.1	Recursos naturais extraídos do meio ambiente.....	52
2.2.5.2	Impactos ambientais gerados.....	53

2.2.5.3	Resíduos resultantes dos processos	57
2.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE OS DOIS SISTEMAS.....	58
2.3.1	Vantagens e desvantagens da argamassa convencional	58
2.3.2	Vantagens e desvantagens da argamassa polimérica.....	58
2.4	APLICABILIDADE E INSERÇÃO DAS ARGAMASSAS NO MERCADO	59
2.4.1	Aplicabilidade.....	59
2.4.2	Inserção.....	60
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	644
	REFERÊNCIAS	655

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da existência do homem na idade da pedra lascada, buscava-se abrigo das intempéries e proteção dos predadores nas cavernas. A medida que os povos saíram das regiões rochosas, precisaram adaptar novos métodos construtivos para se abrigar. Segundo Filomeno (1993) tijolos de barro cozido é um dos processos construtivos, mais antigos usado pelo homem. Seu uso ocorreu pela falta de madeira e pedra em algumas regiões, porém alta disponibilidade de barro e argila.

Conforme avançava o tempo, as habilidades construtivas do homem também se aprimoraram. Novos métodos surgiram, com ele o surgimento do cimento Portland no séc. XXI, que foi incorporado com agregado miúdo, aglomerante e água, surgindo a argamassa de assentamento. Pava (2017) relata que as construções que utilizam sistemas de tijolos e blocos necessitam de algum material para fixar os componentes.

Caldeira *et al.* (2018, p. 1) diz que “Quem tem o papel de solidarizar os blocos, distribuir uniformemente as cargas e absorver deformações naturais da parede é a argamassa de assentamento”. Rocha (2012) concorda com o autor citado e ainda complementa dizendo que: devem aumentar a resistência ao cisalhamento e à tração da parede, resistir aos esforços laterais e evitar rupturas. Além de gerar estanqueidade, pode ainda contribuir com o desempenho térmico e acústico da parede.

Embora o concreto e a argamassa utilizem quase os mesmos insumos, tem funções radicalmente distintas. O concreto é um elemento por si só estrutural, já a argamassa é utilizada para solidarizar elementos que formarão uma estrutura (FILOMENO, 1993).

No Brasil e no mundo, a argamassa cimentícia é empregada em larga escala, porém, problemas frequentes são observados, como endurecimento lento, baixa resistência à tração, retração na cura e baixa resistência química. Buscando suprimir estas falhas, os aditivos poliméricos incorporados na argamassa, surgiu a argamassa polimérica (ALVES, 2010).

Peron (2018) salienta que mesmo com formulação química definida desde 1981, somente em 2011 a argamassa polimérica teve representação no comércio brasileiro. Em consonância, com a crescente preocupação em relação ao meio ambiente, necessidade de maximização da produtividade e custo/benefício no setor construtivo.

Esta pesquisa tem por objetivo, observar a história na linha do tempo e evolução das argamassas, comparar analiticamente os parâmetros técnicos, físicos, químicos, econômicos e ambientais, pontuar as vantagens e desvantagens principais, e ainda, prospectar viabilidade e inserção de mercado para ambas.

O método de pesquisa e levantamento de dados para realização deste trabalho, se deu na forma de revisão bibliográfica. Utilizando-se dos dados de ensaios laboratoriais que já foram gerados e citados anteriormente por outros autores.

Uma série de crises financeiras tem atingido o Brasil nos últimos anos, influenciando diretamente o setor da construção no país. O custo de produção elevado, aliado aos cortes de incentivos governamentais, empresas do ramo buscam novas alternativas de gestão e construção para tentar otimizar os gastos não previstos (PERON, 2018).

A construção civil busca meios de reduzir custos no processo construtivo geral de edificações, o processo de assentamento de blocos cerâmicos têm sido alvo de estudos, pois exige capital e tempo considerável para seu desenvolvimento. Portanto, o estudo destinado a novas tecnologias de materiais para assentamento, possui impacto direto no final da obra, proporcionando economia de tempo e dinheiro além de gestão de recursos naturais. Em suma, esta pesquisa fundamenta-se em comparar e avaliar um novo método construtivo relacionado a um método já existente, isto é, comparação entre argamassas (HONORATO *et al.*, 2015).

1.1 TEMA

Utilização das argamassas na Construção Civil.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Identificar as características da argamassa convencional e argamassa polimérica para assentamento de blocos/tijolos cerâmicos e suas inserções no mercado da Construção Civil.

1.3 PROBLEMA

Quais as características da argamassa convencional e argamassa polimérica para uso de assentamento de blocos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Tem por propósito pesquisar e analisar comparativamente a argamassa convencional com a argamassa polimérica. Atentando-se a parâmetros de análise que podem evidenciar suas características para uso de assentamento de blocos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Buscar histórico e evolução tecnológica das argamassas
- Analisar ensaios laboratoriais dos materiais
- Investigar vantagens e desvantagens dos sistemas
- Verificar aplicabilidade e a inserção das argamassas no mercado

1.5 JUSTIFICATIVA

O maior consumidor de agregado miúdo é o setor de Construção Civil, principalmente na fabricação de argamassas e concretos. Em todo o mundo a demanda pelo agregado está aumentando desmedidamente. “[...] o concreto depois da água, é o segundo material mais consumido em volume pela humanidade.” (VALVERDE, 2001, p. 5). A taxa de mineração já é superior à capacidade de renovação ambiental. Diante da necessidade de mitigar o uso desse precioso elemento natural, os campos correlacionados às edificações, buscam alternativas sustentáveis em sua substituição.

A Construção Civil evoluiu drasticamente seus processos tecnológicos tanto de materiais como de processos construtivos nos últimos anos. Seguindo este conceito mundial, empresas buscam novas tecnologias para industrializar as construções. Assim diminuindo o tempo de execução, elevação da qualidade e viabilidade econômica.

Diante destas necessidades foi criado a argamassa polimérica, sobretudo aplicada no assentamento de blocos/tijolos de vedação. A finalidade desta pesquisa é comparar ambas as argamassas em diferentes aspectos e análises, investigar seus prós e contras, bem como a viabilidade e aceitação de mercado.

2 ARGAMASSAS

2.1 CONHECENDO AS ARGAMASSAS

2.1.1 Histórico

Partindo do princípio científico que o homem primitivo teve origem no continente africano, a idade da pedra foi o início da civilização. Onde grupos se abrigavam em grutas e cavernas próximas de comida e água buscando a sobrevivência em meio a animais predatórios. Os grupos primitivos buscaram novas regiões para povoar, necessitando construir seus próprios abrigos. Não haviam construções, então tudo que foi criado a partir daí, era algo novo feito com ferramentas rudimentares de pedra. Os abrigos eram feitos de pedra sobre pedra, empilhadas de maneira que foram as primeiras construções feitas pelo homem (CARDOSO, 2017).

As civilizações utilizavam a pedra e madeira como material primordial de construção, mas à medida que se afastaram de regiões que dispunham em abundância destes materiais, tiveram de usar outros recursos naturais para construir suas moradias. Passaram então a usar lamas argilosas que eram facilmente moldáveis juntamente com tábuas e paus de madeira, criando assim paredes de edificações, que após a secagem se solidificavam e viabilizavam condições de abrigo e moradia.

Dessa forma, com o passar do tempo criaram um novo sistema construtivo, chamado adobe, ao qual consistia em argila e palha, postas em moldes e secas naturalmente ao sol. Com a prática e aprimoramento da técnica, conseguiram promover geometria padrão e regular dos tijolos de adobe. Mas havia um problema, nesta época não existia nenhum tipo de argamassa desenvolvida para unir os tijolos. Frente a isto, foi criada uma espécie de cola, composta por argila, excrementos de animais e palha, que conferiu rigidez e sustentação a estrutura que se tornaria substituta do uso da pedra (Alvarez, 2007).

O primeiro emprego de argamassas de cal ocorreu ainda no período Paleolítico, a cal apagada foi usada em edificações no período Neolítico, como em Çatal Huyuk, na Turquia (6.000 a. C). As primeiras argamassas só de cal em Jericó, na Palestina (7.000 a.C.).

Além disso, o primeiro testemunho que nos ficou da sua utilização pelos egípcios é o estuque das pirâmides (4000 a 2000 a.C.), embora nessa época se construísse com pedra sobre pedra sem o uso de qualquer argamassa. “A cal terá sido um dos materiais mais antigos utilizado na construção, antecedido apenas, provavelmente, pela pedra, barro, terra e madeira.” (MARGALHA, 2011, p. 4).

O homem desde os primórdios quando começou a edificar, buscou unir e solidarizar elementos distintos para integrar suas moradias. Há indícios que no antigo Egito surgiu um aglomerante natural, proveniente de resíduos das minas de cobre. Nas pirâmides de Gizé e Quéfrem 2980 a 2925 a.C. foram encontrados a existência de argamassas de areia natural, a cal foi um dos elementos revelados como presente na mistura.

Então, apesar dos gregos possuírem elevado conhecimento das características e diversas possibilidades e aplicação do uso da cal, foram os romanos que adicionaram agregados graúdos a mistura de cal. Onde num período mais adiante, acrescentaram cinzas vulcânicas originárias da região de Pozzuoli, com o objetivo de mitigar os efeitos da umidade no emprego da argamassa (RECENA, 2007).

“De alguma forma, este material obtido da mistura de cal e pozolana pode ser considerado o primeiro aglomerante da história com características hidráulicas com o qual foram erigidas muitas construções que se mantêm estáveis até os dias de hoje.” (RECENA, 2007, p. 23).

Na época, devido a tecnologia precária, os romanos não sabiam quais as características químicas e mineralógicas dos materiais como nos dias de hoje. Contudo, devido aos bons resultados de desempenho ao longo dos séculos, o novo material destinado a edificações que surgiu no séc. XVIII foi nomeado de cimento romano (MARGALHA, 2011).

Mais adiante no séc. XIX, um francês desenvolveu um novo aglomerante, deu-se o nome de cimento Artificial. Alguns anos depois, um inglês manipulou outro processo, o produto resultante foi uma substância pulverulenta nomeada de cimento Portland (BATTAGIN, 2009).

Sabe-se das primeiras caieiras no Brasil em 1549. Onde era produzido cal através da calcinação de conchas marinhas na Bahia, local farto de depósitos deste elemento. O material produzido era então, usado na elaboração de argamassas e pinturas nas edificações dos casarios da época (RECENA, 2007).

“[...] com a invenção do cimento Portland, as argamassas de cimento de tornaram padrão nas obras civis em todo o mundo, utilizadas tanto no assentamento alvenarias como no revestimento ou na fixação de peças cerâmicas em pisos e paredes.” (VOTORANTIN, 2010, p. 4). Com a descoberta do cimento, sua aplicação nas edificações foi disseminada pelos construtores, com este fato, a cal aos poucos perdeu notoriedade (MARGALHA, 2011).

Então, devido a sua característica hidráulica, o cimento teve seu principal uso inicial, nas aplicações destinadas com a presença de água. As argamassas bastardas surgiram ao adicionarem às cais e areia ao cimento. Nos anos 50 em diante o cimento se tornou o principal

aglomerante, onde nos anos 70 o uso da cal se tornou obsoleto, porém, com a volta do uso das argamassas bastardas, a cal retoma espaço no mercado (MARGALHA, 2011).

A aceleração dos processos de urbanização e o crescimento da construção civil levaram a indústria a oferecer argamassas pré-misturadas em plantas industriais, com níveis de qualidade muito superiores aos possíveis nos canteiros de obra. Hoje as argamassas industrializadas estão presentes em praticamente todas as construções do mundo. (VOTORANTIN, 2010, p. 4).

No séc. XX, com a crescente expansão da tecnologia na Construção Civil, foi desenvolvida a argamassa polimérica. Um novo produto aglomerante com nanotecnologia. Aplicáveis a alvenarias de vedação vertical com blocos de concreto, tijolos e blocos cerâmicos, blocos de concreto celular auto-clavado, vedação de peças pré-moldadas, blocos sílico-calcário e tijolos de solo-cimento (MOREIRA, 2017).

2.1.2 Evolução tecnológica

O uso da Cal teve início desde os tempos da pedra lascada, seu emprego pelos egípcios ocorreu na construção das pirâmides do Egito com uma espécie de gesso calcinado. Popularizou-se na Roma e na Grécia com adição de cinzas vulcânicas a argamassa que era aplicada em seus monumentos.

Em 1756 o inglês John Smeaton buscava descobrir um aglomerante muito resistente as agressividades marinhas para edificar o farol de Eddystone. Através da calcinação de calcários moles e argilosos isso foi possível.

No ano de 1796 o britânico James Parker criou o cimento Romano com sedimentos de rochas da ilha de Sheppel. Já em 1818 o francês Vicat criou o cimento Artificial através de componentes argilosos e calcários.

Finalmente em 1824 o inglês Joseph Aspdin criou o cimento Portland com a mistura, queima e moagem da argila com pó de pedra calcária. Obteve um material pulverulento que quando misturado com água, resultava numa argamassa de durabilidade e solidez semelhante as rochas da ilha britânica de Portland, originando o nome do produto (BATTAGIN, 2009).

“O cimento Portland, como conhecido hoje em dia, pode ser considerado uma evolução desses primeiros aglomerantes, defasado de alguns séculos devido, também, ao obscurantismo que caracterizou a Idade Média.” (RECENA, 2007, p. 24).

Conforme Moreira (2017) em 1980 o grupo FCC desenvolveu a argamassa polimérica a qual não mais era constituída de cimento, mas sim de polímeros e agregados minerais

advindos das rochas calcárias. Obtendo composições diversas, composto provável de resinas sintéticas, cargas minerais, aditivos, espessantes e estabilizantes.

2.1.3 Conceitos

a) Composto polimérico não cimentício

Segundo definição da NBR 16590-1 é uma “mistura homogênea e industrializada composta por agregado(s) miúdo(s); carga mineral, água e blenda de resinas poliméricas (ABNT, 2017).

b) Argamassa Polimérica

“O termo [...] usado para definir suas propriedades químicas e diferenciar da argamassa tradicional, as argamassas poliméricas contem aditivos poliméricos que melhoram suas propriedades de uso.” (PAVA, 2017, p. 20).

c) Argamassa preparada em obra

“Argamassa simples ou mista, cujos materiais constituintes são medidos em volume ou massa e misturados na própria obra.” (ABNT, 1995, p. 4).

d) Argamassa Comum

“Argamassa simples ou mista, cujas propriedades dependem, em princípio, da proporção e do tipo do(s) aglomerante(s) e agregado(s) empregados.” (ABNT, 1995, p. 3).

e) Argamassa Mista

“Argamassa na qual os aglomerantes são o cimento e a cal, em proporções adequadas à finalidade a que se destina.” (ABNT, 1990, p. 4).

f) Argamassa Industrializada

“[...] proveniente da dosagem controlada, em instalação própria, de aglomerante(s) de origem mineral, agregado(s) miúdo(s) e, eventualmente, aditivo(s) e adição(ões) em estado seco e homogêneo, ao qual o usuário somente necessita adicionar a quantidade de água requerida.” (ABNT, 1995, p. 4).

g) Argamassa para assentamento em alvenaria de vedação

“[...] têm por objetivo ser o elemento que une os blocos ou tijolos de uma parede ou muro. Sua função principal pode ser descrita como a absorção e dissipação de maneira uniforme das tensões provenientes da estrutura por toda área de abrangência dos blocos [...]” (PAUL FILHO, 2016, p. 25).

h) Alvenaria de vedação

Pode ser definida como a alvenaria que não é dimensionada para resistir a ações além de seu próprio peso. É responsável pela proteção do edifício de agentes indesejáveis (chuva, vento etc.) e também pela compartimentação dos ambientes internos (PAVA, 2017).

i) Bloco cerâmico

“[...] são componentes de alvenaria obtidos a partir de argilas queimadas a 900°C, apresentando características físicas, mecânicas e de durabilidade que os tornam um dos melhores materiais de construção existentes.” (Santos; Prueter & Sadula, 2013, p. 21).

j) Cimento Portland

“Aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.” (ABNT, 1990, p. 1).

k) Clínquer Portland

“[...] constituído, em sua maior parte, por silicatos e aluminatos de cálcio hidráulicos, obtido por queima, até fusão parcial, de uma mistura homogênea e convenientemente proporcionada, constituída basicamente de calcário e argila.” (ABNT, 1990, p. 2).

l) Cal

“Aglomerante cujo constituinte principal é o óxido de cálcio ou óxido de cálcio em presença natural com o óxido de magnésio, hidratados ou não.” (ABNT, 1990, p. 3).

m) Agregado miúdo

“[...] grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.” (ABNT, 2005, p. 3).

n) Agregado graúdo

“[...] grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.” (ABNT, 2005, p. 3).

o) Água de amassamento

“Água empregada para o preparo de argamassa.” (ABNT, 1995, p. 5).

p) Aditivo

“Produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido.” (ABNT, 1995, p. 5).

q) Incorporador de ar

“Aditivo capaz de formar microbolhas de ar estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, conferindo-lhe melhor trabalhabilidade, redução do consumo de água e outras propriedades no estado endurecido.” (ABNT, 1995, p. 5).

2.1.4 Propriedades

As características das argamassas podem ser divididas em dois grupos distintos, sendo chamadas de estado fresco ou estado endurecido. Conforme o destino de emprego da argamassa, as suas propriedades desejáveis para uma boa execução e qualidade podem variar. No caso da aplicação da argamassa para assentamento de blocos de vedação, as características mais recomendáveis são:

2.1.4.1 Propriedades estado fresco

São os ensaios relacionados com a avaliação da trabalhabilidade, capacidade de retenção de água, tempo de endurecimento, determinação da consistência e conteúdo de ar incorporado.

a) Trabalhabilidade

É a propriedade no estado fresco que mais tem significância nos procedimentos de assentamento de blocos em alvenaria. Pois seu índice demonstra a facilidade ou dificuldade de

espalhamento da argamassa sobre o bloco de aplicação. A consistência e a plasticidade são propriedades que estão atreladas às deformações (PAUL FILHO, 2016).

Filomeno (1993) retrata que a noção de trabalhabilidade é mais subjetiva que física, o componente físico mais destacável é a consistência. Termo usado para mensurar as características da mistura no estado fresco com a mobilidade e a coesão entre argamassa e bloco. Segundo Rocha (2012) a trabalhabilidade é a capacidade dos grãos de agregados rolaem uns sobre os outros.

b) Retenção de água

Está relacionada à sucção da água pelos blocos, perda de umidade por evaporação e perda pela quantidade de cimento que a argamassa possui devido a hidratação dos grãos (PAUL FILHO, 2016). Filomeno (1993) diz que a propriedade da argamassa de não perder água que possui para o substrato onde foi assentada, deve-se a retenção, e descreve que:

[...] manter a água de amassamento é fundamental para a retenção da consistência e conseqüentemente da manutenção da trabalhabilidade. Também as propriedades da argamassa endurecida, como a resistência mecânica, dependem da retenção de água, porque as reações químicas de endurecimento dos aglomerantes se efetuam durante a cura. (p. 14).

O Autor ainda diz que não ocorrendo a retenção desejável de água pela argamassa, acarretará num déficit de resistência na aderência, ficando mais rígida após o endurecimento, o que diminui a absorção das deformações. A hidratação do cimento e a carbonatação da cal terão prejuízos com a perda excessiva de água. Estes fatores trarão prejuízos na durabilidade e na estanqueidade da parede (FILOMENO, 1993).

Para minimizar perdas excessivas de água, os tijolos muito absorventes, devem ser previamente umedecidos antes do assentamento, salvo blocos de concreto (ROCHA, 2012).

c) Tempo de endurecimento

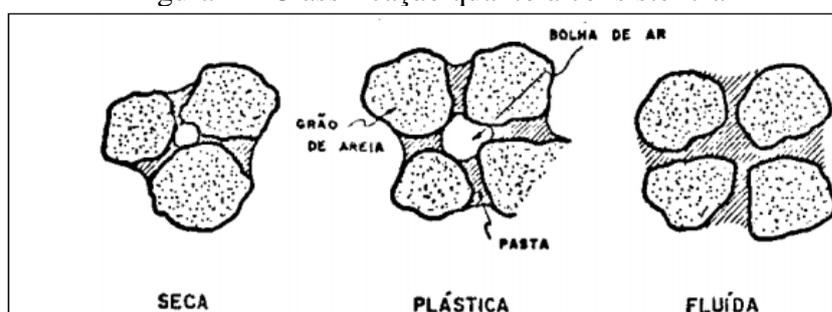
Este fator dependerá da quantidade de cimento que a argamassa possuir na composição, nesse caso a reação de hidratação entre água e cimento estão correlatadas. A retenção da água por absorção auxilia o rápido endurecimento da argamassa, porém, acarreta efeitos indesejáveis para o assentamento e prumo das próximas fiadas de blocos e tijolos (PAUL FILHO, 2016).

d) Consistência

A quantidade de água tem participação na velocidade de carbonatação da argamassa, baseado neste fator é classificada quanto à consistência. Podendo ser secas, plásticas ou fluidas, conforme especificação das características desejáveis ao serviço (SANTIAGO, 2007).

Dito secas, quando a pasta circundante aos grãos de areia, preenche somente os vazios entre os grãos, resultando numa massa áspera, quando plástica, a pasta umedece a superfície dos grãos atuando como lubrificante, e na fluida, os grãos estão imersos. Possibilitando facilidade de segregação que se espalha como um líquido (Figura 1).

Figura 1 – Classificação quanto à consistência



Fonte: Modificado de (ROCHA, 2012).

Eventualmente a argamassa esteja fluida para assentamento do bloco sobre a junta em estado fresco, se executado uma junta de espessura menor que a esperada, dificultará o alinhamento e prumo (ROCHA, 2012).

e) Ar incorporado

Os vazios no interior das argamassas, são ar introduzido durante o processo de fabricação. Argamassas modificadas com polímeros, possuem maior teor de ar incorporado se comparado a argamassa sem adição. Através da mistura mecânica o ar é incorporado, este mesmo procedimento também retira o ar ao longo do processo. As bolhas pequenas se unem formando bolhas maiores, que flutuam até a superfície e se rompem (MANSUR, 2006).

Neste sentido, o autor fala que a trabalhabilidade na argamassa aumenta devido ao ar incorporado, mas a resistência mecânica é prejudicada. Antiespumantes são adicionados a mistura para reduzir a estabilidade das bolhas. Estudos relacionados ao modo de preparo, buscam minimizar o ar incorporado na mistura. A norma NBR NM 47/2002 dispõe de ensaio do teor de ar incorporado no estado fresco da argamassa pelo método pressiométrico.

Mansur (2006) avaliou a densidade de massa e teor de ar incorporado nas argamassas após adição de tipos variados de PVA, variando graus de hidrólise, massas molares e teor de

polímero. O autor afirma ainda que “Os resultados obtidos confirmaram o esperado que, quanto maior o teor de polímero maior o teor de ar incorporado, mas com uma redução crescente da taxa de aumento do ar incorporado.” (p. 9).

2.1.4.2 Propriedades estado endurecido

São os ensaios relacionados com a avaliação dos ensaios de determinação da resistência à compressão, resistência à tração, capacidade de aderência e determinação do módulo de deformação.

a) Resistência à compressão

É a propriedade que caracteriza o quanto uma argamassa resiste aos esforços aplicados no sistema. Portanto, esta característica não é aplicada somente à argamassa, mas sim ao conjunto como um todo. A resistência à compressão também depende das unidades de alvenaria, assim como suas características dimensionais (PAUL FILHO, 2016).

b) Resistência à tração

O ensaio para determinação da resistência de aderência à tração, também chamado por ensaio de arrancamento, determina a tensão máxima suportada por um corpo de prova, quando submetida a um esforço normal de tração (CAMPOS, 2014).

c) Aderência

A aderência é a “[...] capacidade que a interface componente-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper se.” (Santos; Prueter; Sadula, 2013, p. 13).

Quando esta tem pouca efetividade, entre argamassa e superfície da unidade de alvenaria (bloco ou tijolo) pode produzir patologias. Como trincas ou fissuras na interface unidade de alvenaria/argamassa causadas pela aderência deficiente entre ambas (FILOMENO, 1993).

Aderência é a área de superfície a qual o bloco possui contato direto com a argamassa, considerando ainda a capacidade de união que a pasta possui, dependendo também das características das unidades de alvenaria (PAUL FILHO, 2016; FILOMENO, 1993).

d) Deformação

Resiliência de um material é quando este se deforma sem apresentar ruptura após incidido solicitações de carregamento, voltando ao estado e origem quando ausente o carregamento. Quando uma argamassa tem elevado módulo de deformação, as tensões acumulam até chegarem a níveis altos, a ruptura se houver, se dará através de fissuras macroscópicas. Nas argamassas com baixo módulo de deformação, as ligações internas são pouco resistentes, tensões são dissipadas através de microfissuras (FILOMENO, 1993).

O módulo de elasticidade da argamassa deve ser menor que 2,0 GPa, quanto ao módulo de elasticidade são classificadas em rica com módulo de elasticidade maior de 14,00 GPa, argamassas elásticas com módulo de elasticidade até 5,00 GPa, e argamassas extremamente elásticas com módulo de elasticidade até 1,05 GPa (ROCHA, 2012).

As deformações têm amplitude variada. O revestimento deve absorver as deformações de pequena amplitude decorrentes da ação da umidade ou da temperatura. Contudo, as de grande amplitude, provenientes de outros fatores não se aplica a obrigatoriedade (Santos; Prueter; Sadula, 2013).

e) Durabilidade

O desempenho do revestimento frente às ações do meio externo ao longo do tempo. Alguns fatores prejudicam a durabilidade dos revestimentos, tais como: fissuração, espessura excessiva, cultura e proliferação de microorganismos, qualidade das argamassas e a falta de manutenção (Santos; Prueter; Sadula, 2013).

A segurança de imediato quanto á prazos mais extensos devem ser assegurados, Guedes (1997, p. 42) discorre sobre o assunto que:

A previsão da evolução das propriedades de rigidez e resistência, em função da história de carregamento e das condições ambientais, deve poder ser feita, de modo que a aplicação destes materiais resulte em estruturas que garantam a segurança a longo prazo.

Guedes (1997) fala à cerca da argamassa polimérica que humidade tem influência nos polímeros e conseqüentemente nos compósitos. A absorção da humidade amolece a matriz, provocando diminuição da sua temperatura de transição vítrea. Alves (2010, p. 26) afirma que “Em geral, o processo de degradação de polímeros afeta a estabilidade térmica, as propriedades mecânicas, cristalinidade, etc.”

Moreira (2017) expõe dados de ensaios laboratoriais realizados na argamassa polimérica, onde no teste de resistência ao fogo teve exposição durante 240 minutos a temperatura de até 1.200 °C. Para estanqueidade averiguou-se sua impermeabilidade. No teste de resistência mecânica, o material recebeu golpes de corpos moles e duros de até 720 Jaules e seu desempenho foi satisfatório.

2.2 ANÁLISE ENTRE ARGAMASSA CONVENCIONAL E POLIMÉRICA

2.2.1 Análise técnica

2.2.1.1 Insumos da composição

Os agregados são materiais minerais granulados com dimensões variadas e apresentam características inertes. São materiais de custo relativamente baixo, mas alta utilidade nas construções. Os agregados se classificam em dois principais, agregado miúdo: quando grãos transpõe a peneira de malha 4,75 mm, exemplo areia e pó de pedra, e o segundo grupo chamado agregado graúdo: quando grãos transpõe pela peneira de malha 75 mm, exemplo a brita e o seixo rolado (PERON, 2018).

Argamassa Convencional

a) Areia

Origina-se de fragmentos de diversos tipos de rochas por ação fundamentalmente do intemperismo. Causadas por animais, vegetais, gelo-degelo, variações de temperatura, água, deslizamentos, dentre outros fatores. As areias naturais são encontradas em jazidas, leitos dos rios, beira-mar ou dunas. Através do britamento é obtido a areia artificial. A origem variada dos grãos tem cor e composição mineralógica diversificada (SANTIAGO, 2007).

A granulometria do agregado impacta nas proporções de aglomerantes e água da mistura (Quadro 1). Assim, havendo deficiências na curva granulométrica ou excesso de finos, o consumo de água de amassamento é aumentado, perdendo resistência mecânica e aumentando retração por secagem (SZLAK *et al.*, 2003).

Quadro 1 - Influência da granulometria do agregado miúdo nas proporções da mistura

Propriedade	Quanto mais fino	Quanto mais descontinua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	-	Melhor
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	-
Porosidade	-	Aumenta	-
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	-	Pior	-

Fonte: (SZLAK et al., 2003).

b) Cimento Portland

É um aglomerante cuja seus constituintes reagem com a água, denominado aglomerante hidráulico. Sua principal característica nas argamassas é a resistência mecânica. As finas partículas aumentam a retenção da água na mistura e a plasticidade. Maior sendo a quantidade de cimento na mistura, maior é a retração, por outro lado, maior é a aderência à base. Devido as características, os cimentos têm classificações (Quadro 2) diferentes (SZLAK *et al.*, 2003).

Quadro 2 - Classificação dos cimentos

Denominação	Sigla	Norma
Portland comum	CP I	NBR - 5732
Portland composto com escória	CP II-E	NBR - 11578
Portland composto com pozolana	CP II-Z	NBR - 11578
Portland composto com filler	CP II-F	NBR - 11578
Portland de alto forno	CP III	NBR - 5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR - 5736
Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI	NBR - 5733

Fonte: (SZLAK et al., 2003).

c) Cal Hidratada

Na argamassa que possui apenas cal, ela tem emprego de aglomerante da mistura. Destacando-se a trabalhabilidade e a absorção das deformações. Porém, as propriedades de resistência mecânica e aderência são prejudicadas. Em argamassas mistas, a cal proporciona maior retenção de água na mistura, contribuindo também na hidratação do cimento, trabalhabilidade e absorção de deformações (SZLAK *et al.*, 2003).

d) Água

Proporciona as reações entre os diversos componentes da mistura, sobretudo as do cimento. A consistência da mistura ocorre pela sua adição até a trabalhabilidade desejada, o traço pré-estabelecido deve ser observado. Não devem ser usadas águas contaminadas ou com excesso de sais solúveis, mas somente potáveis. A água para o amassamento da argamassa deve seguir a NBR NM 137 (SZLAK *et al.*, 2003).

Argamassa Polimérica

De acordo com Garcia *et al.* (entre 2000 e 2020) existem três tipos básicos de composições de argamassas contendo polímeros: argamassa impregnada de polímero; argamassa modificada com polímero; e argamassa polimérica.

Nametala *et al.* (2019) aponta que a argamassa polimérica surgiu em substituição da argamassa cimentícia convencional, sua composição corresponde às resinas sintéticas, cargas minerais e aditivos como espessantes e estabilizantes.

Segundo Garcia *et al.* (entre 2000 e 2020), é um produto compósito onde os agregados são fundidos junto à matriz por um aglutinante de polímero. Os compósitos não possuem fase de cimento hidratado. Podem ser fabricadas com uma variedade de resinas e monômeros incluindo poliéster, epóxi, metil-metacrilato e estireno. Resinas de poliéster detêm custo moderado e muitas variedades de formulações. As resinas epóxi têm custo mais elevado, mas algumas formulações propiciam aderência superior a superfícies úmidas.

Dessa forma, as propriedades da argamassa polimérica são influenciadas pela quantidade e qualidade da resina empregada na mistura. Na utilização de epóxi e poliéster, dispor de solventes orgânicos para a limpeza de equipamentos. São materiais de cura rápida e que requerem um tempo de lançamento rápido. Apresentarem tempos de trabalhabilidade distintos, dependem também da temperatura e umidade locais, condicionando a eficácia do polímero por estas variáveis. Somente algumas argamassas poliméricas são eficientes em ambientes úmidos.

2.2.1.2 Mão de obra necessária para execução

Argamassa Convencional

O preparo da argamassa em canteiro de obra ainda é o método mais convencional nas construções, estabelecidos os insumos e o traço a ser utilizado ainda no projeto, a fabricação ocorre na mistura mecanicamente ou manualmente. A argamassa tradicional é muito difundida,

contudo, a falta de treinamento de produção afeta a produtividade desejada. Sendo de baixo controle tecnológico a qualidade tem grande variedade (MALINVERNI; CASSOL, 2016).

Argamassa Polimérica

Comercializada em estado pastoso vem pronta para aplicação, facilitando seu uso e gerando ganho de produtividade. Em média, dois trabalhadores em três horas de serviço, produzem igualmente, à três trabalhadores em oito horas de serviço pelo método tradicionalmente empregado nas edificações (PERON, 2018).

2.2.1.3 Método construtivo empregado

Argamassa Convencional

Segundo a ABNT (2017, p. 2) que define os parâmetros da NBR 16590-1: Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação – parte 1: Requisitos, as argamassas devem atender todos os requisitos desejáveis, tais como:

Considerando que este material é empregado para a formação de sistemas verticais de vedação interna e externa, devem ser atendidos todos os requisitos estabelecidos [...] resistência mecânica, estanqueidade à passagem de água e pressão de vento, desempenho acústico, desempenho térmico e resistência ao fogo, observando as condições de análises referente a caracterização de bloco, espessura de revestimento, argamassa de revestimento e composto polimérico para assentamento.

O traço significa as medidas em proporção de volume dos componentes da argamassa, tendo o cimento como uma unidade. A fabricação ocorre pela mistura dos insumos previamente dosados, obedecendo uma sequência e tempo de amassamento, estipulado previamente conforme demanda da aplicação e especificação do projeto (FILOMENO, 1993).

O autor Filomeno (1993) descreve que a mistura dos componentes é de forma manual ou mecânica. A mistura manual é feita em caixas "masseiras", é usada para produções muito pequenas. As betoneiras são muito utilizadas para mistura mecânica, apesar de não serem as mais indicadas. As "argamasseiras" são máquinas destinadas a produção das argamassas. Tem cuba fixa e eixo vertical, dispõe de pás móveis que giram sobre um eixo central.

Dessa forma, adequado o traço da argamassa, o passo seguinte para a fabricação, é a dosagem dos insumos. Para medir o volume, um recipiente resistente e livre de deformações deve ser utilizado. Métodos que causem dosagem subjetiva como pás ou carrinhos de mão, não devem ser usados. As "padiolas" são usadas como recipiente padrão, possuem volume interno igual a um saco de cimento, correspondente a uma unidade de medida.

Após a produção, a argamassa é assentada por um pedreiro, espalhando o material sobre o bloco com uma “colher”, cada peça de alvenaria é locada individualmente uma a uma, constituindo as paredes de vedação. Peron (2018) diz que para execução de 1 m² de parede com blocos de cerâmica 6 furos, são consumidos de 30 kg a 50 kg de argamassa convencional seca.

Argamassa Polimérica

A aplicação do produto deve ser em peças secas, limpas, sem areia, graxa, óleos ou pó. Peças molhadas aumentam tempo de cura, caso encharcadas, prejudicam adesão ao substrato. Se aplicadas em materiais pulverulentos, a aderência entre argamassa e substrato será afetada.

A argamassa vem pronta para aplicação direta, sem necessidade de adição de qualquer outro material. A aplicação deverá ser executada com dois filetes do produto sobre o bloco de forma horizontal, paralela e contínua, com aproximadamente 1 cm de diâmetro cada (Figura 2), o tempo total de cura é de 72 horas (ROCHA, 2012).

Figura 2 - Aplicação da argamassa polimérica em blocos



Fonte: Modificado de (ROCHA, 2012).

Os blocos e tijolos devem ser assentados em até 10 minutos após aplicação dos cordões. O tempo pode variar devido as condições climáticas, sendo menor em climas secos ou quentes e maiores em climas frios ou úmidos. Em caso de juntas verticais secas, a distância entre os blocos é de 1 a 3 mm, juntas de 3 a 5 mm para comportar dilatações térmicas e higroscópicas. Geralmente não é aplicado o produto nas juntas verticais (MOREIRA, 2017; PAVA, 2017).

Peron (2018) concorda com Pava (2017) quanto ao rendimento da argamassa polimérica, correspondente à 1,5 kg/m². O rendimento do material terá variação conforme tamanho do bloco e perícia do pedreiro na execução do assentamento. Pava (2017) ainda levanta alguns pontos de atenção quanto ao uso da argamassa não cimentícia:

a) Nivelamento

Se alvenaria ficar fora do prumo ou nivelamento durante aplicação, pequenos calços para pequenos ajustes são permitidos. Para ajustes maiores, a argamassa tradicional deve fazer a regularização e posteriormente dar continuidade a aplicação (Ibid).

b) Resistência

Inicia após 8 horas da aplicação do produto, já é obtido resistência a intempéries. Escoras ou cobertura da alvenaria é aconselhado em caso de chuva ou umidade intensa. Afim de manter o nivelamento e prumo (Ibid).

c) Ajustes

Caso necessário, retirar blocos/tijolos após já assentados, deve-se retirar a massa que foi aplicada e refazer a aplicação. A embalagem depois de aberta pode ser ainda utilizada desde que bem vedada (Ibid).

d) Ancoragem

Possibilita a fixação dos blocos diretamente nos pilares (Ibid).

2.2.2 Análise física

Segundo a ABNT (2013) que discorre quanto ao desempenho das edificações: todas as disposições contidas na norma devem se aplicar aos sistemas de edificações habitacionais, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção. Deve ser realizada uma análise de desempenho dos elementos que interagem, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações.

Os esforços de tração, compressão ou cisalhamento, são gerados eventualmente por cargas estáticas ou dinâmicas providos das edificações. A resistência da argamassa é inferior à resistência dos blocos, logo, tem pouca representatividade na resistência a compressão da alvenaria. Argamassas de alta resistência possuem baixa absorção de deformações. O aumento na resistência da argamassa pode prejudicar a aderência e comprometer a consistência desejada, no caso de fissuração esta ocorrerá na alvenaria (ROCHA, 2012).

Garcia *et al.* (entre 2000 e 2020) afirma que as paredes têm movimentos internos que as juntas devem acompanhar, o material ligante deve ter as especificações de resistência semelhantes ao material a ser ligado. Para Pava (2017) se acaso muito mais resistente a tração

ou compressão, as falhas ocorreram pelo material ligado e não pela liga, possivelmente gerando patologias futuras na edificação.

A resistência mecânica não é a mais importante característica na argamassa de assentamento. Verificou-se que as propriedades em estado fresco e endurecida estão intrinsecamente relacionadas (FILOMENO, 1993).

A resistência à compressão das argamassas se inicia com o endurecimento e aumenta continuamente com o tempo (Santos; Prueter; Sadula, 2013).

A ABNT (2005) estabelece que as argamassas destinadas ao assentamento de paredes devem cumprir com os parâmetros exigidos, sendo classificadas segundo as características e propriedades que apresentam, determinadas pelos métodos de ensaio especificados em Quadro 3 e Quadro 4 conforme NBR.

Quadro 3 - Classificação da resistência à 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, 2005, p.4).

Quadro 4 - Classificação da 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, 2005, p.4).

2.2.2.1 Ensaio de compressão

Ensaio 1:

Segundo pesquisa e ensaios em laboratório realizados por Rocha (2012) objetivando obter dados para comparação entre uma argamassa convencional e uma argamassa não cimentícia, quanto sua resistência à compressão. Não foram possíveis para a argamassa polimérica o ensaio, pois amostras não atingiram consistência necessária aos 28 dias de idade. Ao passo que, o autor diz que a espessura de polimerização desta argamassa é de aproximadamente dois centímetros, ao secar perifericamente, a massa retraiu e fissurou (Figura 3). A resistência máxima é alcançada cerca de 72 horas após assentamento.

Figura 3 - Retração dos corpos de prova da argamassa não cimentícia



Fonte: Modificado de (ROCHA, 2012).

Desse modo, toda a superfície interna e o fundo da forma foram untados com desmoldante, o enchimento dos moldes ocorreu com quatro camadas, recebendo cada camada 30 golpes uniformes, depois rasou-se o topo dos corpos de prova. A cura inicial foi ao ar, após desforma passou-se a cura úmida. Antes do ensaio os corpos de prova foram para mistura de enxofre a quente. Os corpos de prova, capeados e colocados centralizados no prato da máquina de ensaio, foram rompidos à compressão com velocidade de carregamento $0,25 \pm 0,05$ MPa/s.

Resultados:

Devido a inviabilidade encontrada pelo pesquisador, o comparativo de resistências não pode ser realizado, visto que apenas foi possível obter dados da argamassa preparada *in loco* (traço 1:6) atingindo 2,330 Mpa de resistência efetiva.

Ensaio 2:

Segundo outra pesquisa realizada por Malinverni e Cassol (2016) que realizaram ensaio afim de determinar a resistência à compressão da argamassa convencional e argamassa polimérica, usando o cimento CP II Z – 32, areia fina como agregado miúdo, cal CH III e água potável proveniente de poço artesiano. Para comparação, foi arbitrado uma argamassa não cimentícia preparada de acordo com a NBR 13281.

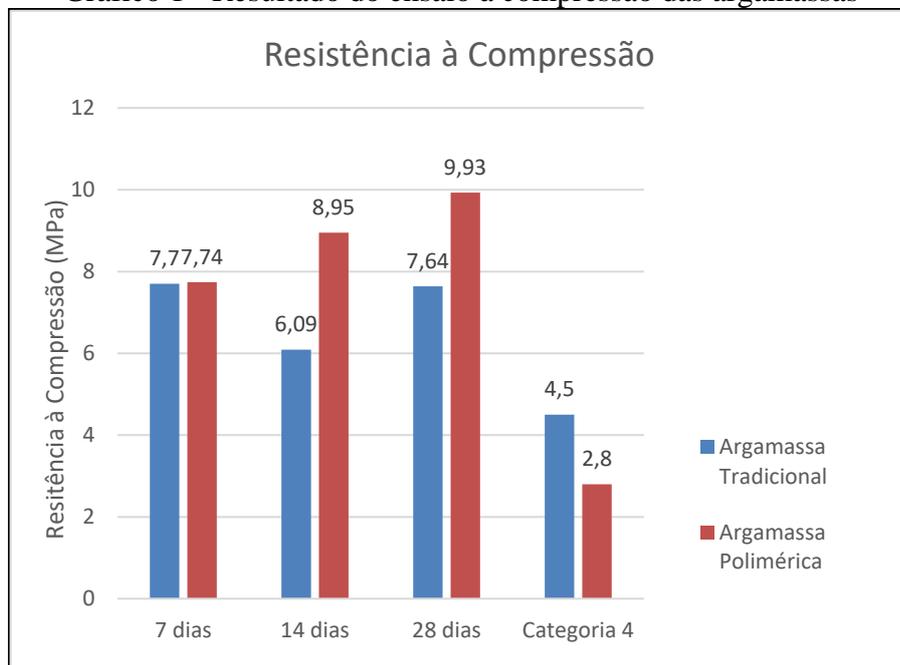
Dessa forma, a execução dos corpos de prova prismáticos da argamassa convencional, foram seguidas as recomendações e procedimentos conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005). Foi aplicado sobre as faces internas dos moldes uma fina camada de óleo mineral, e então foi posto os moldes sobre a mesa de adensamento. Foi adicionado ao molde uma porção de argamassa, a qual recebeu 30 quedas na mesa de adensamento (flow table) durante 30 segundos. Para a segunda camada repetiu-se o mesmo processo executado anteriormente, onde preencheu-se os moldes e com auxílio de uma régua metálica foi rasado o topo.

Por outro lado, a argamassa polimérica, por motivos da falta de uma NBR específica para tal, algumas alterações foram necessárias para viabilizar o teste, devido a necessidade do contato direto com o tijolo e com o oxigênio para o estado endurecido se consolidar. Então, os corpos de prova receberam três camadas para o seu preenchimento. Iniciou-se aplicação nas faces internas dos moldes uma fina camada de óleo mineral, em seguida colocou-se uma fração de argamassa polimérica no molde, restando duas porções para mais duas camadas.

Então, os moldes sofreram 30 quedas através da mesa de adensamento (flow table) em 30 segundos em cada camada. Deixou-se por 12 horas descansar em local seco com temperatura controlada de 25° C. Logo após as 12 horas de descanso, o teste seguiu o mesmo processo para a segunda camada e assim sucessivamente.

Resultados:

Gráfico 1 - Resultado do ensaio à compressão das argamassas



Neste ensaio é possível identificar através do Gráfico 1, que a argamassa polimérica, sobressaiu com maior resistência, em todas as idades dos testes feitos comparado a argamassa convencional. O autor é categórico quando diz que “[...] é possível afirmar que a argamassa polimérica industrializada é mais vantajosa e mais resistente que a argamassa tradicional confeccionada em obra.” (p. 24).

2.2.2.2 Ensaio de tração com envelhecimento acelerado

Segundo pesquisa e ensaios feitos por Pava (2017), utilizando uma amostra de argamassa convencional e duas amostras de fabricantes diferentes de argamassa não cimentícia, para determinação quanto á tração associada ao envelhecimento acelerado.

Dessa forma, os ensaios foram realizados com mini blocos de concreto como prismas de teste, unificados com uma junta entre si composta pelas argamassas de teste (Figura 4). Devido a possibilidade de ocorrer ruptura do material ligado antes do material ligante, o bloco cerâmico comumente empregado foi substituído pelo concreto que possui maior resistência.

Figura 4 - Prismas de teste



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Foram usadas chapas de aço coladas nos prismas de concreto, um produto adesivo a base de epóxi (Figura 5) para realizar o teste de tração no equipamento de medição (Figura 6).

Figura 5 – Chapas de aço acopladas aos prismas de teste



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Figura 6 – Equipamento de teste à tração



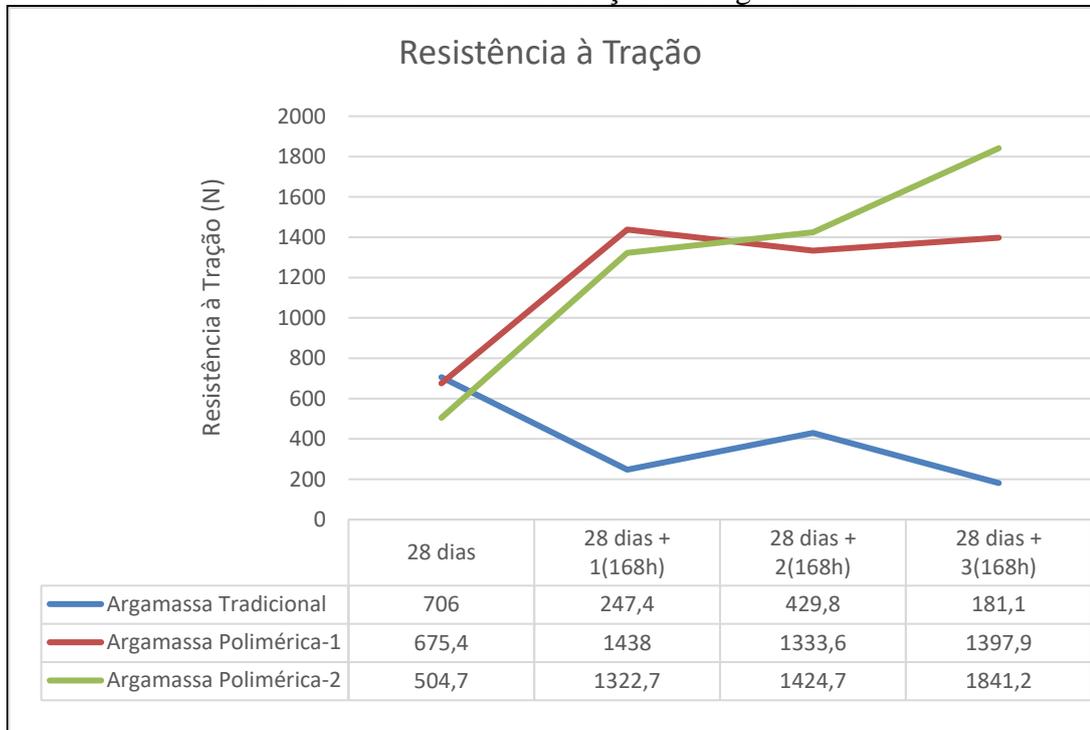
Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Então, o autor já citado, ensaiou 60 corpos de prova ao total, aplicando até três ciclos de envelhecimento acelerado de 168h cada, variando temperatura e umidade relativa, objetivando simular o desgaste do material no tempo.

Por isso, foram destinados 05 corpos da argamassa convencional, 05 corpos da argamassa polimérica-1 e 05 corpos da argamassa polimérica-2 na idade de 28 dias no secado ao ambiente, para referência comparativa com os demais testes de envelhecidos acelerados em câmara térmica. Em seguida foram testados mais 15 corpos de prova com envelhecimento acelerado de 168h, depois mais 15 corpos de prova com dois ciclos de 168h e então repetiu-se o procedimento com mais 15 corpos de prova com três ciclos de 168h.

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração da argamassa tradicional, argamassa polimérica-1 e argamassa polimérica-2 estão dispostos no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Resistência à tração das argamassas



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

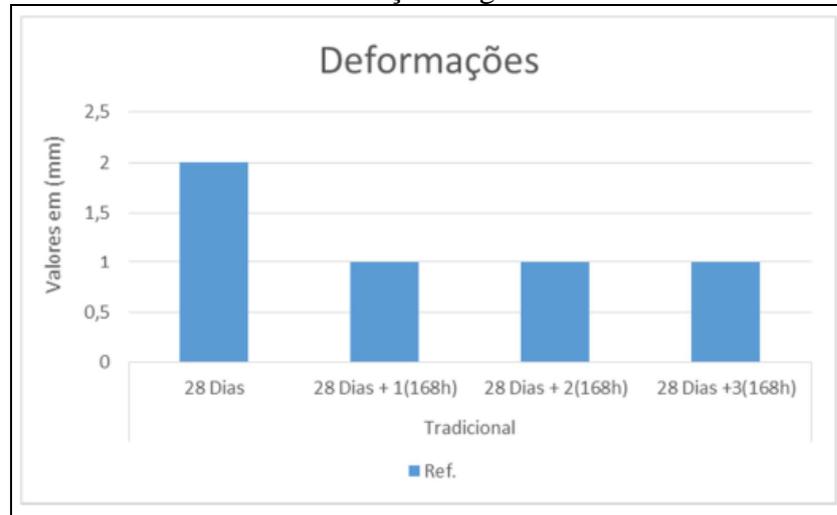
A argamassa tradicional obteve-se resistência máxima de 706(N) aos 28 dias de secado no ambiente e resistência mínima de 181,1(N) após 3 ciclos de envelhecimento acelerado na câmara térmica. Devido a falha por aderência da argamassa, os corpos de prova descolaram na interface da massa e bloco. Revelando assim fragilidade ao desgaste do tempo.

Porém, a argamassa polimérica-1 apresentou máxima de resistência após primeiro ciclo de câmara térmica com 1438(N), nos testes seguintes não foi superada à máxima atingida. A resistência mais baixa foi no primeiro teste aos 28 dias de secado no ambiente com 675,4(N).

Já argamassa polimérica-2 os resultados se deram de maneira ascendentes relacionadas ao tempo. A resistência mínima foi aos 28 dias de secado no ambiente com 504,7(N) e a resistência máxima foi atingida no último ciclo do envelhecimento acelerado com 1841,2(N).

Resistências as deformações da argamassa tradicional estão representadas no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Deformações argamassa tradicional

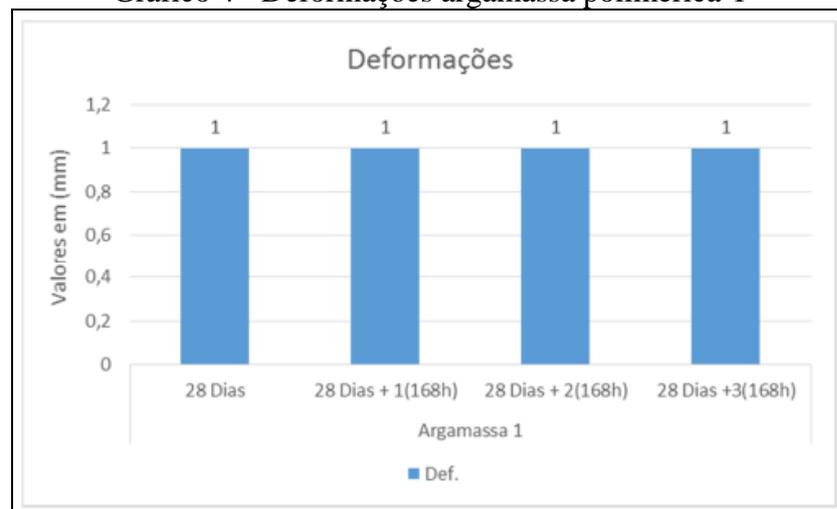


Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Aos 28 dias obteve uma deformação de 2mm, a deformação dos testes seguintes se manteve constante de 1mm após os ciclos em câmara térmica com envelhecimento acelerado.

Resistências as deformações da argamassa polimérica-1 estão representadas no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Deformações argamassa polimérica-1

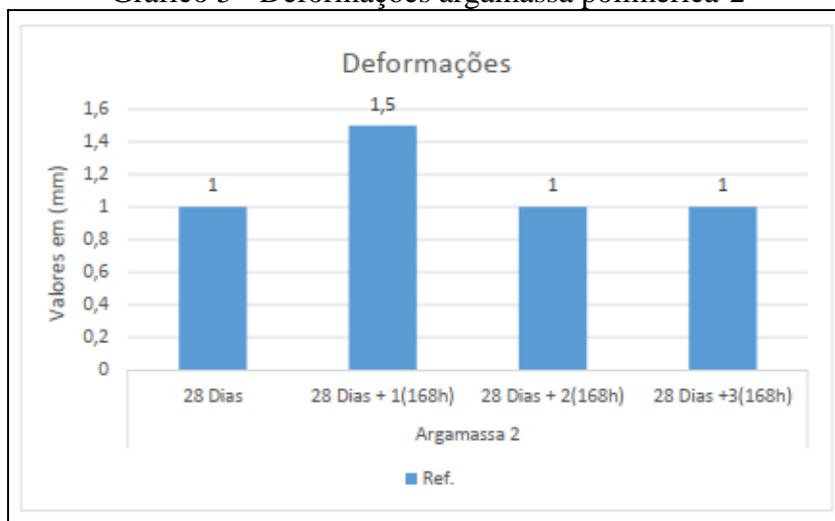


Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Mantiveram-se em 1mm as médias das deformações nestes ensaios, tanto no início dos testes aos 28 dias de secado no ambiente, quanto nos ciclos de envelhecimento acelerado.

Resistências as deformações da argamassa polimérica-2 estão representadas no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Deformações argamassa polimérica-2



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

A deformação ensaiada com ciclo de envelhecimento acelerado de 168h foi de 1,5mm, e as deformações dos demais ensaios registrados, obtiveram 1mm de média para a deformação.

2.2.2.3 Ensaio de retenção de água

Segundo ainda pesquisa e ensaios feitos por Pava (2017), utilizando uma amostra de argamassa convencional e duas amostras de fabricantes diferentes de argamassa não cimentícia, foi realizado a determinação quanto á retenção de água. Para realização deste teste, a argamassa foi feita segundo a NBR 13277 (ABNT, 2005).

Para o teste, foi usado o prato sobre funil, papel-filtro, uma bomba de vácuo que aplicou ao conjunto uma sucção de 51 mm de mercúrio e uma balança. Preencheu-se o prato com a argamassa e foi adensada com 37 golpes de soquete. Após rasado o excesso de argamassa do prato com uma régua, foi pesado o conjunto na balança. A amostra recebeu a sucção da coluna de 51 mm de mercúrio durante 15 minutos (Figura 7). Retirado o prato do funil e então pesado na balança o conjunto novamente.

Figura 7 - Equipamento para teste de sucção



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Resultados:

Os dados obtidos nos testes de retenção de água para os três tipos de argamassa, podem ser verificados no Quadro 5, exemplificados em porcentagem no Gráfico 6.

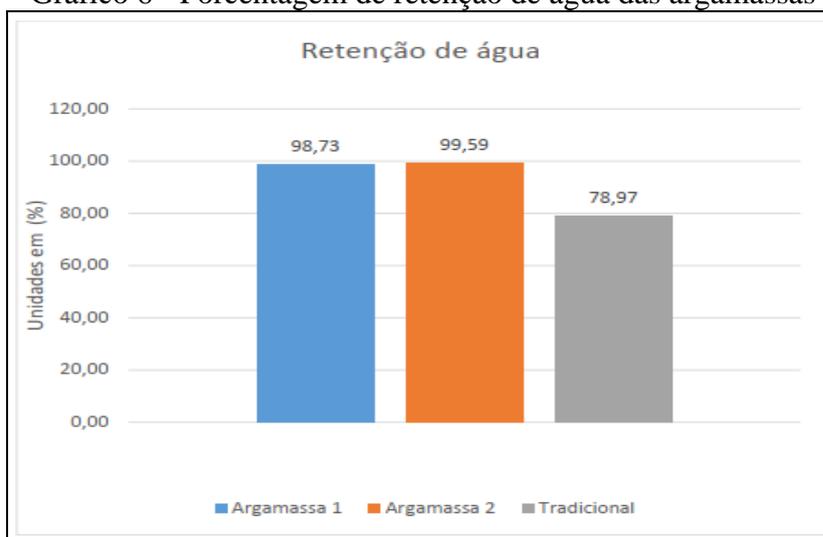
Quadro 5 - Resultados do teste de retenção de água das argamassas

	Unidade (g)								%
	M_{umido}	$M_{seca}(m)$	$M_{umido}-M_{seca}$ (m_w)	m_a	m_v	m_s	Tara	AF	
Argamassa 1	52,88	42,41	10,47	1730,42	608,74	1727,59	6,50	0,20	98,73
Argamassa 2	48,21	38,37	9,84	1637,27	609,63	1636,40	6,70	0,20	99,59
Tradicional	58,46	50,65	7,81	1834,20	611,93	1799,86	5,41	0,13	78,97

Autor: Modificado de (PAVA, 2017).

Nota-se na argamassa convencional bom índice de retenção de água, e nas argamassas poliméricas 1 e 2, um valor mais elevado ainda, revelando presente alto teor de retenção.

Gráfico 6 - Porcentagem de retenção de água das argamassas



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Segundo NBR 13281 porcentagens que ficam de 80% a 90% são classificadas como argamassas de retenção normal, quando as porcentagens ficam acima de 90% de retenção classificam-se como argamassas de alta retenção de água (ABNT, 2005).

2.2.2.4 Ensaio de massa específica

Continuando suas contribuições, Pava (2017) utiliza uma amostra de argamassa convencional e duas amostras de fabricantes diferentes de argamassa não cimentícia, para determinação da massa específica. Foi usado um recipiente para cada argamassa, com o enchimento de água no recipiente descobriu-se o volume deste. Para determinar a massa os recipientes foram preenchidos com as argamassas e pesados na balança. Contendo os valores de volume e massa foi possível determinar a massa específica dos materiais. Repetiu-se esse procedimento duas vezes por cada amostra do material para obter uma média dos valores.

Resultados:

Os dados obtidos nos testes de massa específica para os três tipos de argamassa, podem ser verificados no Quadro 6, exemplificados em porcentagem no Gráfico 7.

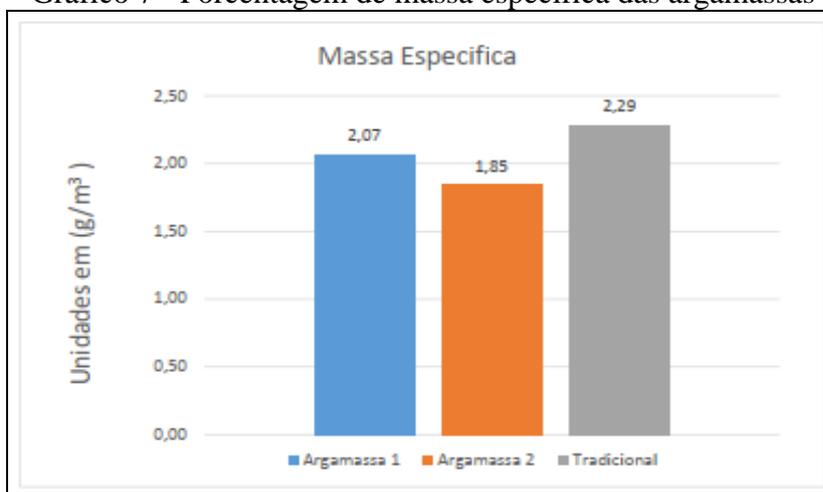
Quadro 6: Resultados do teste de massa específica das argamassas

ARG	Unidade (g)			g/m ³		m ³ V	ε CAD+H ₂ O
	CAD ₁	CAD + ARG ₂	m	ρ	Media		
Argamassa 1	5,08	64,57	59,49	2,06	2,07	28,88	33,96
	5,08	64,93	59,85	2,07			
Argamassa 2	5,08	58,67	53,59	1,86	1,85		
	5,08	58,15	53,07	1,84			
Tradicional	5,08	71,13	66,05	2,29	2,29		
	5,08	71,21	66,13	2,29			

Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Analisando os dados gerados através do teste, é possível observar que a argamassa tradicional é a mais pesada por metro cubico e a argamassa polimérica-2 é a mais leve.

Gráfico 7 - Porcentagem de massa específica das argamassas

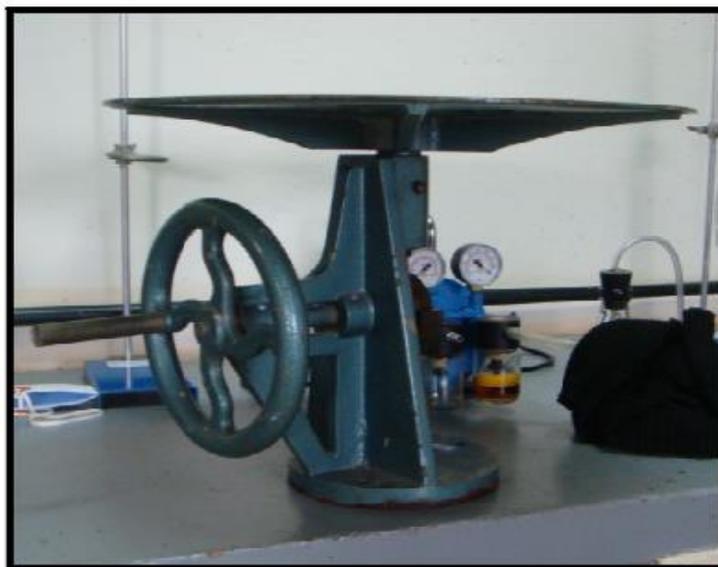


Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

2.2.2.5 Ensaio da Consistência

Por fim, o autor acima citado, usa uma amostra de argamassa convencional e duas amostras de fabricantes diferentes de argamassa não cimentícia, para ensaios da consistência. O teste foi feito umedecendo o tampo e as paredes do molde tronco-cônico, posteriormente este molde foi preenchido, em três camadas de 15, 10 e 5 golpes consecutivos, com argamassa advindas das obras, centralizando o conjunto na mesa de índice de consistência. Após o rasamento, a manivela do equipamento (Figura 8) foi acionada promovendo 30 golpes, um golpe por segundo. O espalhamento foi medido em três pontos equidistantes no diâmetro final da massa, obtendo-se uma média entre os valores.

Figura 8 - Mesa de ensaio da Consistência



Fonte: Modificado de (PAVA, 2017).

Resultados:

Quadro 7 - Resultados da consistência das argamassas

Tipo de argamassa	Espalhamento (mm)
argamassa não cimentícia	56
argamassa moldada in loco (traço 1:6)	171

Fonte: Modificado de (PAVA,2017).

Observou-se que nos dados de consistência (Quadro 7), a argamassa não cimentícia apresentou-se mais trabalhável e consistente que as demais argamassas. Entretanto, as normas vigentes não especificam parâmetros ou limites para este tipo de ensaio.

2.2.3 Análise química

Argamassa Convencional

A areia é inerte, diferente da água que é biologicamente ativa, o cimento é o composto altamente ativo quimicamente. Segundo Ishikawa (2003) o cimento Portland é um aglomerante hidráulico, resultante da moagem do clínquer Portland com adições de gipsita, material carbonático, cinza volante e escória granulada de alto forno.

O autor diz que argilas e xistos argilosos são boas adições de sílica para formação dos silicatos de cálcio. O calcário é a matéria prima fundamental, que é moída homogeneamente com a argila. Após é levada ao forno com temperatura entre 850 °C e 950 °C, o calcário se dissocia e libera gás carbônico, formando o óxido de cálcio, este combina-se com óxidos dos minerais advindos da argila, até temperatura de 1450°C. Este processo denomina-se calcinação.

Dessa forma, posteriormente a calcinação, ocorre um resfriamento brusco até a temperatura de 150 °C, formando pelotas denominadas de clínquer. Este resfriamento brusco causa a desordem dos cristais compostos do cimento. Então, os compostos ficam altamente reativos com água, além da influência do tamanho da partícula e temperatura de hidratação.

Além disso, os elementos inseridos no forno ficam submetidos a altas temperaturas e em condições de desequilíbrio, com urna diversidade de íons metálicos presentes, constituindo as estruturas cristalinas dos compostos do cimento. Com a moagem do clínquer e adição de aproximados 4% de gipsita, é obtido o cimento Portland. A adição da gipsita controla o tempo de pega do cimento. Outras adições podem ser feitas ainda, que originam diversos tipos de cimento Portland produzidos no mercado.

Argamassa Polimérica

Os polímeros são macromoléculas que possuem unidades químicas, que se repetem ao longo da cadeia através de reações de polimerização. Moléculas menores combinam-se quimicamente para formar moléculas longas, com a mesma composição centesimal.

Dessa forma, podem ser naturais, como a seda, a celulose, as fibras de algodão, etc., ou sintéticos, como o polipropileno (PP), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o polietileno (PE), o poli(cloreto de vinila) (PVC), etc. (GARCIA *et al.*, entre 2000 e 2020).

As pequenas moléculas que dão origem as macrocélulas, são chamadas de monômeros. As argamassas poliméricas são materiais compostos, o polímero mais comum são resinas epoxídicas ou poliéster. As resinas epoxídicas são as mais utilizadas na construção civil por apresentarem características fundamentais para o uso em obra (PERON, 2018).

2.2.4 Análise econômica

2.2.4.1 Custo de insumos e mão de obra

Segundo investigação feita por Moreira (2017), acerca dos custos oriundos da execução de alvenaria tanto para argamassa convencional quanto para argamassa polimérica, é possível identificar qual material possui menor valor construtivo.

Pesquisa 1:

Argamassa Convencional

O autor expõe os dados coletados no Quadro 8, apresenta os custos relacionados ao assentamento de um metro quadrado de blocos cerâmicos utilizando argamassa convencional, considerando os custos de insumos e mão de obra essencial para a execução do assentamento.

Quadro 8: Composição de custos referente ao serviço: alvenaria de blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm, traço da argamassa 1:0,5:8, juntas 15mm

CÓDIGO	INSUMO	UNIDADE	ÍNDICE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
MÃO DE OBRA					
00004750	pedreiro	H	1,00	14,42	14,42
00006127	ajudante de pedreiro	H	1,12	10,50	11,76
Custo mão de obra (R\$)					26,18
MATERIAIS					
00007271	bloco ceramico (alvenaria de vedacao), 8 furos, de 9 x 19 x 19 cm	UM	24,00	0,54	12,96
00000370	areia media – posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	M3	0,01416	30,00	0,42
00001106	cal hidratada ch-i para argamasas	KG	0,528	0,60	0,32
00013284	cimento portland de alto forno (af) cp iii-32	KG	2,04	0,39	0,80
Custo materiais (R\$)					14,50
Total s/ taxas (R\$)					40,68
Leis Sociais (121,25%)					31,74
BDI (30%)					21,73
Total (R\$)					94,15

Fonte: Modificado de (MOREIRA, 2017).

Argamassa Polimérica

O autor ainda apresenta dados na Quadro 9 dos custos referentes ao assentamento do mesmo metro quadrado de bloco cerâmico, utilizando por sua vez, a argamassa polimérica.

Quadro 9: Composição de custos referente ao serviço: alvenaria de blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm, assentado com argamassa polimérica

CÓDIGO	INSUMO	UNIDADE	ÍNDICE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
MÃO DE OBRA					
00004750	Pedreiro	H	0,33	14,42	4,76
00006127	ajudante de pedreiro	H	0,66	10,50	6,93
Custo mão de obra (R\$)					11,69
MATERIAIS					
	argamassa polimérica	KG	2,00	2,95	5,90
00007271	bloco ceramico (alvenaria de vedacao), 8 furos, de 9 x 19 x 19 cm	UM	27,00	0,54	14,58
Custo materiais (R\$)					20,48
Total s/ taxas (R\$)					32,17
Leis Sociais (121,25%)					14,17
BDI (30%)					13,90
Total (R\$)					60,24

Fonte: Modificado de (MOREIRA, 2017).

Moreira (2017, p. 3) é claro quando diz que "Na comparação de custo, a argamassa polimérica chega a ser cerca de 30% mais econômica que a argamassa cimentícia tradicional [...]". Neste sentido, o autor Pava (2017, p. 21) concorda dizendo "[...] ao ser um procedimento mais rápido e pratico reduz de maneira significativa custos de mão de obra."

Pesquisa 2:

Oliveira (2019) realizou uma comparação através de ensaio entre argamassa convencional e argamassa polimérica, com objetivo de coletar dados sobre o consumo de material, tempo de execução e custo da mão de obra. Para isso, foi realizado assentamento de um painel com blocos cerâmicos e argamassa convencional, e outro painel assentado com blocos cerâmicos e argamassa polimérica. Cada painel possui aproximadamente 1,98m x 0,62m (1,24m²). Foram utilizados 32 blocos em cada painel, o cimento e a areia traço de 1:6 para a argamassa comum. A argamassa polimérica utilizada foi da marca Biomassa do Brasil de 3Kg. Foram produzidos 60Kg de argamassa com cimento comum para o teste (Figura 9).

Figura 9 - Argamassa comum pronta para o teste



Fonte: Modificado de (OLIVEIRA, 2019).

Dessa forma, a produção da massa e assentamento dos blocos com argamassa convencional foram cronometrados. O painel com argamassa polimérica do fabricante Biomassa do Brasil (Figura 10), utilizou a mesma metragem quadrada e a mesma quantidade de blocos do painel confeccionado anteriormente para fins comparativos entre os produtos.

Figura 10 - Argamassa polimérica utilizada no teste: Biomassa do Brasil de 3 kg



Fonte: Modificado de (OLIVEIRA, 2019).

A argamassa não cimentícia já vem pronta para o uso, não sendo necessário nenhum tempo de preparação ou mistura de insumos. Assim que os blocos foram posicionados para o assentamento, a constituição do painel foi iniciada ao lado do primeiro a fim de comparação. Na Figura 11 pode-se observar a comparação entre os painéis já assentados.

Figura 11 - Painel da argamassa polimérica (esquerda) e argamassa comum (direita)



Fonte: Modificado de (OLIVEIRA, 2019).

Dois cordões de argamassa polimérica foram passados na parte superior dos blocos que compuseram a fiada anterior. Uma quantidade menor é utilizada em comparação com a argamassa tradicional, justificando sua economia.

Resultados:

Os dados gerados decorrentes da pesquisa, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1: Comparativo das argamassas

Item	Argamassa comum	Argamassa polimérica
Mistura de agregados (minutos)	8:47 min	---
Assentamento (minutos)	18:57 min	11:03 min
Custo da argamassa (R\$)	R\$ 23,00	R\$ 24,90
Quantidade produzida (kg)	60 kg	3 kg
Quantidade utilizada (kg)	43,38 kg	1,5 kg
Desperdício (kg)	16,62 kg	---
Desperdício (R\$)	R\$ 6,37	---
Custo para 1,24 m ² (R\$)	R\$ 16,36	R\$ 12,45
Custo por m ² (R\$)	R\$ 13,41	R\$ 10,04

Fonte: Modificado de (OLIVEIRA, 2019).

Diante do que foi apresentado com o teste prático, Oliveira (2019) afirma que a argamassa polimérica obteve uma economia de R\$3,37 por m² de blocos assentados, aproximadamente 25,13% mais econômico. Em relação ao tempo, houve economia considerável. O tempo de produção do painel com argamassa comum é muito superior a argamassa polimérica. Resultando em uma economia de tempo de 16 minutos e 41 segundos nesse experimento, aproximadamente 60,16% de economia.

2.2.4.2 Produtividade

A utilização de argamassas poliméricas em alvenaria de vedação, oferece vantagens sobre a argamassa tradicional, considerando que as construções de paredes são mais rápidas e com desperdícios minimizados (PAVA, 2017). O autor concorda com Santos; Prueter; Sadula (2013) sobre a variação do rendimento da argamassa polimérica em função do tipo de bloco, a média é de 1,5 kg/m².

Pava (2017) também concorda com Moreira (2017) no comparativo do rendimento, a argamassa polimérica possibilita até vinte vezes a mais o rendimento de uma argamassa tradicional no assentamento de blocos de vedação. A argamassa polimérica mostrou-se econômica em relação às outras, além de produção mais elevada aplicada no assentamento (ROCHA, 2012). Segundo Malinverni e Cassol (2016) reduz o peso estrutural na obra em 40g à 55g/bloco, perda zero e custo total chega a ser 50% menos que a tradicional no final da obra.

A fase de processamento e transporte é inexistente neste processo, e enquanto um aplica o produto da bisnaga, o outro faz o assentamento. Nesse processo, nota-se uma grande economia de tempo, pois aplicação da argamassa se dá em toda a fiada de uma única vez, beneficiando o nivelamento e prumo com mais agilidade (OLIVEIRA, 2019).

2.2.4.3 Recebimento, armazenamento, transporte, processamento e aplicação

Argamassa Convencional

a) Recebimento

A areia é recebida a granel, já o cimento e o cal são ensacados. Demanda mais mão de obra e tem-se grau de perdas. O agregado miúdo é mais suscetível a contaminações pela exposição ao tempo (MOREIRA, 2017).

b) Armazenamento

Necessita de maiores cuidados e espaço para o seu armazenamento no canteiro da obra. A areia solta deve ficar contida em “baias” e o cimento e a cal em locais protegidos de sol e umidade para assegurar a conservação do produto (Ibid).

c) Transporte

Segundo Moreira (2017) necessita o uso de mão de obra excedente e gasto maior de energia para movimentação dos matérias da origem até a chegada ao destino de aplicação. A ABNT (2005, p. 6) é categórica em afirmar que “[...] não devem ser aceitos os produtos entregues em embalagens rasgadas, molhadas ou avariadas durante o transporte.”

d) Processamento

Os materiais devem ser cuidadosamente dosados conforme traço estipulado. Tem grande variabilidade do traço, fato que indica a necessidade de controle tecnológico. Para a fabricação da mistura deve ser utilizado equipamento mecanizado (MOREIRA, 2017).

e) Aplicação

A falta de mão de obra qualificada causa muitos desperdícios de materiais. Além da qualidade comprometida por falta de perícia para execução (Ibid).

Argamassa Polimérica

a) Recebimento

O produto é entregue em bisnagas já prontas para uso. Exige menos mão de obra e causa menores perdas. A quantidade recebida pode ser conferida facilmente, assim como a verificação da existência de embalagens danificadas (Ibid).

b) Armazenamento:

Os estoques e locais de depósitos do produto, podem ser remanejados com facilidade. Além de mais segurança quanto a probabilidade de ataque por umidade, fungos e avarias em geral por possuir embalagem plastificada (Ibid).

c) Transporte

Dispões de fácil manuseio necessitando de menos mão-de-obra (Ibid).

d) Processamento

Propriedades asseguradas pelo fabricante. Não necessita de ser misturada ou adicionada a outros ingredientes, já vem pronta com alto controle tecnológico (Ibid). Não há imposição de áreas para preparação, repelindo sujeiras indevidas no canteiro Pava (2017).

e) Aplicação

Baixos índices de desperdícios de materiais, pois a aplicação ocorre com a argamassa sendo aplicada diretamente da embalagem para o substrato (MOREIRA, 2017).

2.2.5 Análise ambiental

No primeiro trimestre de 2021 a produção mineral brasileira alcançou 227 milhões de toneladas, aumento de 15% em relação ao mesmo período em 2020. O montante do setor mineral no trimestre gerou 70 bilhões. Sendo agregados de construção correspondente à 54% da produção (IBRAM, 2021).

2.2.5.1 Recursos naturais extraídos do meio ambiente

Argamassa Convencional

O cimento é um produto indispensável nos dias atuais para a Construção Civil. Porém seu uso frenético associado à composição traz questionamentos quanto ao meio ambiente. “[...]”

o concreto de cimento Portland utiliza, em média, por metro cúbico, 42% de agregado graúdo (brita), 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos. Como se observa, cerca de 70% do concreto é constituído de agregados.” (VALVERDE, 2001, p. 2).

Lelles (2005) corrobora com Oliveira (2019) afirmando que no Brasil, 90% da areia é produzida em leito de rios. Oliveira (2019) segue dizendo que este agregado é extraído também de várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. Oliveira (2019) também ressalta o uso da areia em argamassas convencionais de cimento Portland advindas de leitos de rios, pontuando o uso da água potável nos procedimentos, sendo este um recurso natural cada vez mais escasso no planeta.

Argamassa Polimérica

Sendo assim, novos processos que reduzam o uso de recursos não renováveis é o ponto principal para a criação de processos construtivos. Um novo produto foi criado, a argamassa polimérica. Uma série de polímeros, unidos em um composto que é produzido e armazenado em bisnagas prontas para o uso, sem necessidade de agregados para serem adicionados.

Por eliminar a necessidade do uso de areia na mistura da argamassa convencional, a argamassa polimérica contribui para diminuir a retirada deste material dos leitos de rios, evitando os problemas ambientais associados com esta prática.

Além disso, reduzem o desperdício de materiais na construção e o consumo de energia elétrica necessário ao processo de mistura com betoneira (PAVA, 2017).

2.2.5.2 Impactos ambientais gerados

Argamassa Convencional

Atualmente grande parte do agregado miúdo natural é extraída de leitos de rios, provocando a retirada da cobertura vegetal e a degradação dos cursos d'água, causando grande impacto ao meio ambiente.

Nas pedreiras, a britagem das rochas (basaltos, calcários, granitos, gnaisses, entre outras) gera basicamente cinco tipos de produtos: pó de pedra, brita 0, brita 1, brita 2 e brita 3. Os que têm aplicações nobres são as britas 1, 2 e 3, já a brita 0 e o pó de pedra, não obtêm tanto valor comercial. Desta maneira, esses finos ficam estocados em pilhas nas pedreiras e acabam provocando graves problemas ambientais, como assoreamento dos rios, poluição visual e gerando, principalmente, muita poeira (DA SILVA, 2006).

Os impactos ambientais são alterações de ordem positiva ou negativa em um ambiente de extração mineral. Ambos causam modificações, porém, devido ao fator econômico lucrativo, a relevância que é dada às precauções e à conservação do meio ambiente é ínfima diante dos impactos ambientais de ordem negativa (SANTOS, 2019).

Segundo pesquisa realizada por Lelles (2005), para identificação qualitativa dos impactos ambientais gerados pela extração de areia em cursos d'água, através do método do "check-list", segundo implantação, operação e desativação, foram mapeados 49 impactos, destes, 36 negativos (73,47%) e somente 13 positivos (26,53%).

Impactos positivos:

- 1) geração de postos de trabalho;
- 2) dinamização do setor comercial;
- 3) desenvolvimento regional com a expansão de malha viária;
- 4) diminuição do assoreamento dos cursos d'água, devido remoção dos sedimentos;
- 5) diminuição da proliferação de vetores de doenças (insetos e moluscos), devido ao aumento da vazão dos rios;
- 6) aumento da receita dos governos estaduais e principalmente municipais;
- 7) maior disponibilidade de areia no mercado;
- 8) melhoria da qualidade química da água, pelo não-lançamento de efluentes na fase de desativação;
- 9) favorecimento da reocupação do "habitat" pela microbiota, devido a recuperação da cobertura vegetal na fase de desativação;
- 10) melhoria do suporte para a fauna silvestre, em consequência da regeneração da cobertura vegetal;
- 11) favorecimento da reocupação do "habitat" pelas faunas terrestre e aquática;
- 12) melhoria nos aspectos paisagísticos da área, devido à recuperação e reabilitação;
- 13) usufruto da área após a sua recuperação e reabilitação.

Impactos negativos:

- 1) depreciação da qualidade do ar, pelo lançamento de gases e partículas sólidas, provenientes dos motores e máquinas;
- 2) aumento da turbidez no curso d'água, causado por fenômenos erosivos;
- 3) contaminação do curso d'água causada pelos resíduos (óleos, graxas, lubrificantes) provenientes de motores e máquinas;

- 4) aumento da turbidez no curso d'água, durante o processo de extração de areia;
- 5) depreciação da qualidade física, química e biológica da água superficial, pelo lançamento de efluentes advindos do esgoto sanitário;
- 6) alteração da calha natural dos cursos d'água;
- 7) interferência na velocidade e direção do curso d'água;
- 8) menor infiltração de água no solo, devido à compactação pelo uso de máquinas;
- 9) alteração na vazão dos cursos d'água, devido à retirada da cobertura vegetal e da compactação do solo;
- 10) depreciação da qualidade do solo, promovido pela diminuição da sua fertilidade, plasticidade e aeração;
- 11) processos erosivos no solo, ocasionado pela depreciação da sua qualidade;
- 12) indução de instabilidade do solo nos ambientes ribeirinhos;
- 13) menos à microbiota do solo, pela remoção da vegetação;
- 14) danos à microbiota do solo, por maior exposição do solo às intempéries;
- 15) depreciação do solo, causada pelos resíduos (óleos, graxas, lubrificantes etc);
- 16) estresse da fauna silvestre, gerado pelos ruídos do trânsito de maquinarias e pela presença humana no local;
- 17) redução espacial do "habitat" silvestre;
- 18) menor suporte para a fauna silvestre, devido à redução do "habitat";
- 19) estresse da fauna aquática, vindo da turbulência no curso d'água pela extração;
- 20) achatamento da base genética das espécies aquáticas, por consequência dos derramamentos de óleos, graxas e lubrificantes;
- 21) comprometimento da vida aquática ao aumento da turbidez na água;
- 22) achatamento da base genética das espécies vegetais aquáticas, pelo aumento do fluxo d'água, dificultando a fixação destes vegetais no corpo líquido;
- 23) redução do banco de propágulos do solo;
- 24) achatamento da base genética das espécies vegetais terrestres, em função da erradicação da cobertura vegetal nativa;
- 25) achatamento da base genética das espécies vegetais aquáticas, devido ao aumento de turbidez nos cursos d'água;
- 26) depreciação da qualidade de vida dos trabalhadores e de vizinhos situados no entorno da área, devido aos ruídos causados pelas máquinas e movimentações;
- 27) depreciação visual, associado às instalações das estruturas, ao processo de retirada da vegetação, à estocagem da areia e à descaracterização da paisagem natural;

- 28) probabilidade de danos à saúde pública, pela importação e disseminação de vetores e doenças, contágio pela convivência humana;
- 29) diminuição da possibilidade de usos múltiplos da água, tendo em vista o aumento da sua turbidez e a possibilidade de sua contaminação;
- 30) depreciação do patrimônio público pelas trepidações ocorridas com tráfego de máquinas pesadas, podendo provocar avarias em pontes, estradas e construções próximas ao local;
- 31) possibilidade de acidentes com animais peçonhentos, em razão da permanência de entulhos e detritos advindos da extração;
- 32) risco de acidentes de trabalho, com grande utilização de mão-de-obra braçal durante toda a vida útil do empreendimento;
- 33) risco de acidentes para banhistas, devido à formação de “panelões” deixados pela ação das dragas;
- 34) possibilidade de ocorrência de acidentes automobilísticos, por causa da queda de areia durante o transporte para as fontes de consumo;
- 35) aumento da possibilidade de ocorrer acidentes onde houve instabilidade do solo, devido a concentração de operações;
- 36) diminuição da oferta de areia, em virtude da desativação do empreendimento, repercutindo negativamente na sociedade.

Em suma, o impacto ambiental é alto originado pela extração de agregado miúdo nos leitos de rios. O uso frequente desta prática revela muitos danos ambientais, muitas vezes irreversíveis e que se perpetuam com “efeito dominó” no meio ambiente (OLIVEIRA, 2019).

Argamassa Polimérica

A simples implantação de novas ferramentas, o investimento em tecnologia e o desenvolvimento de novos materiais contribuem de forma imprescindível para a redução do desperdício e o aumento da produtividade. Trazendo assim reflexos positivos tanto econômicos quanto ambientais (PERON, 2018). O emprego da argamassa não cimentícia reduz o uso de areia na construção civil, diminuindo drasticamente o impacto nos leitos de rios e no meio ambiente da região circundante ao empreendimento (MOREIRA, 2017).

2.2.5.3 Resíduos resultantes dos processos

A construção civil é uma das atividades econômicas que mais utiliza matérias-primas naturais atualmente. Projeta-se algo em torno de 20% a 50% do total de recursos minerais explorados no Brasil, sejam processados pelo setor. A indústria da construção é a portadora pelo maior índice de resíduos urbanos sólidos. Isso reflete em 62% do total gerado.

Desse modo, o montante de resíduos de construção e demolição, causa danos ambientais severos. Além de prejuízos para o próprio provedor, causa onerações para o setor público, que demanda custos de transporte e deposição dos resíduos (CARASEK, 2018).

Argamassa Convencional

A fabricação de 1 kg de cimento emite mais de 600 gramas de CO₂ na atmosfera. Estas emissões são devido ao processo de decarbonificação das matérias primas e devido ao consumo de energia necessário para chegar a temperaturas de até 1450 °C no seu processo de fabricação. A indústria do cimento responde por 5% do total de CO₂ emitido pelo homem (PAVA, 2017). Resíduos oriundos dos processos de fabricação, transporte e aplicação da argamassa, tendo descarte em aterros na obra, contaminam o solo e causam danos ambientais.

Argamassa Polimérica

A argamassa polimérica de assentamento é livre da emissão de gases poluidores, consequentemente traz menos riscos ao meio ambiente devido ao seu uso (MOREIRA, 2017). Por motivos da argamassa vir pronta para uso, na obra não são identificados resíduos significativos causadores de danos ao meio ambiente. Pois sua aplicação se dá apenas por filetes do produto e sua embalagem plástica é facilmente destinada ao descarte correto.

2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE OS DOIS SISTEMAS

2.3.1 Vantagens e desvantagens da argamassa convencional

No Quadro 10 é possível identificar os principais prós e contras da argamassa convencional. Existindo ainda outros pontos não listados aqui.

Quadro 10 - Vantagens e desvantagens mencionadas pelos entrevistados

VANTAGENS	DESVANTAGEM
Oferta de mão de obra abundante	Falta de controle tecnológico
Variedade de aplicações	Inexatidão de características químicas/físicas do traço
Boa aderência com diversos materiais diferentes	Maior espaço de armazenamento para insumos
Possibilidade de blocos de menor qualidade	Maior consumo de recursos naturais escassos
Recomendada também para alvenaria estrutural	Maior tempo de execução
Tecnologia difundida	Maior quantidade de resíduos

Fonte: Autoria própria.

2.3.2 Vantagens e desvantagens da argamassa polimérica

Segundo levantamento de dados em pesquisa elaborada por Moreira (2017), foi possível obter informações através de entrevista com nove pessoas que trabalharam ou especificaram a argamassa sobre as vantagens e desvantagens do produto, expostas informações no Quadro 11.

Quadro 11 - Vantagens e desvantagens mencionadas pelos entrevistados

VANTAGENS	DESVANTAGEM
Redução de mão de obra	Maior consumo de blocos
Aumento de produtividade	Treinamento da mão de obra
Redução na quantidade de insumos e equipamentos	Resistência por parte da mão de obra
Diminuição na quantidade de resíduo	Exigência de blocos de maior qualidade
Simplificação da logística no canteiro de obras	Uso da argamassa convencional na primeira fiada
Redução nos custos referentes a alvenaria	Não é recomendada para alvenaria estrutural

Fonte: Modificado de (MOREIRA, 2017).

Com isso, conclui-se que a argamassa polimérica possui vantagens sobre a argamassa tradicional, feita com cimento, em relação ao custo final do assentamento de blocos e ao tempo de assentamento (OLIVEIRA, 2019).

Pava (2017) pontua quanto as vantagens da argamassa polimérica, evidenciando seus pontos fortes como produto de assentamento para tijolos e blocos cerâmicos:

- Confere alto grau de resistência à compressão;
- A cura tem início rapidamente, a partir de 30 minutos;
- Produtividade muito superior na alvenaria equiparado ao método tradicional;
- Não é necessário adicionar água a mistura;
- Fácil aplicação no substrato;
- Detém propriedade bactericida e evita a formação de fungos;
- Facilidade na logística em grandes obras;
- Economia superior no custo final da obra comparado ao método tradicional;
- Não possui base cimentícia.

2.4 APLICABILIDADE E INSERÇÃO DAS ARGAMASSAS NO MERCADO

2.4.1 Aplicabilidade

Considerada um produto imprescindível para a construção civil, as argamassas são largamente prescritas para o assentamento de blocos de vedação de diversas composições. Suas propriedades possuem características físico-químicas adequadas a necessidade de utilização. A trabalhabilidade possibilita união dos diversos materiais para a construção civil (MALINVERNI; CASSOL, 2016).

Argamassa Convencional

Produzida *in loco*, é costumeiramente usada em obras de pequeno porte, pois há verificação de viabilidade econômica quando a necessidade diária não é de grande escala. No entanto, o controle tecnológico é precário (PAUL FILHO, 2016).

As argamassas de cimento e areia desenvolvem resistências elevadas rapidamente, portanto, são indicadas para suportar cargas. No entanto, ajustar a resistência desejada para uma argamassa variando a proporção cimento: areia, pode influenciar negativamente outras propriedades importantes. Argamassas pobres em cimento possuem pouca trabalhabilidade, enquanto as ricas são antieconômicas (FILOMENO, 1993).

O autor afirma ser um ótimo material principalmente devido à sua versatilidade, baixo custo de produção, não demanda níveis de energia em grandes proporções para a fabricação. Essa tecnologia é a mais aplicada para assentamento de blocos de vedação.

No entanto, apesar das inúmeras vantagens, apresenta limitações, como o desenvolvimento de tensões internas aliadas a baixa resistência mecânica, aumenta a tendência á fissurações e possibilitando o ingresso de agentes agressivos. Em decorrência da porosidade causada pelo ar incorporado durante a fase de mistura, ou em decorrência de deficiências no adensamento, que limita a sua capacidade de área de apoio à carga.

Por isso, tendo em vista as exigências de economia e qualidade, o concreto convencional vem merecendo atenção dos pesquisadores para melhorar suas características, principalmente seu desempenho frente a resistência mecânica e patologias oriundas do sistema.

Argamassa Polimérica

Para Malinverni e Cassol (2016) os resultados dos ensaios são impressionantes em termos de resistência tanto à compressão, quanto à tração, quando comparados com a argamassa convencional. Peron (2018) retrata que além da facilidade na aplicação, sendo facilmente encontrada no comércio, tem vantagens construtivas, econômicas e ambientais.

Pava (2017, p.21) também faz atribuições a argamassa não cimentícia dizendo que “A economia de água, de areia e de mão de obra faz dela uma forte concorrente a substituir a argamassa comum.”

A associação do concreto convencional geralmente não apresenta boa aderência ao concreto polimérico, porém essa questão pode ser minorada, aplicando-se adesivo de base epóxi (GARCIA *et al.*, entre 2000 e 2020).

A massa não cimentícia apresentou reações com moldes metálicos de corpo de prova, gerou oxidação e dificuldade para desforma, pois aderiu fortemente ao metal e corroeu o molde. Demonstrando ser inapropriada para vergas e contra vergas ou outro elemento estrutural que seja usado materiais metálicos. Outro fator a ser ponderado, é demasiado tempo para atingir consistência, ficando inviabilizado seu uso em grandes volumes (ROCHA, 2012).

2.4.2 Inserção

Argamassa Convencional

A união do cimento Portland com cal, água e areia forma a argamassa mais utilizada no mundo. É uma tecnologia muito usada no assentamento de blocos e tijolos cerâmicos para vedação. Ao longo do tempo sua utilização se consolidou por atender boa parte das necessidades construtivas (OLIVEIRA, 2019).

Peron (2018) comenta que a argamassa mais utilizada no Brasil é constituída por cimento, areia, cal e água, a composição ainda pode receber aditivos como ingrediente para alterar características físicas do produto. Esta adição condiciona maior maleabilidade ou tempo de endurecimento antecipado, conforme especificidade desejada, porém esta adição não causa alteração no traço. O autor ainda diz a respeito da Argamassa Convencional que “Sua popularidade se dá pela praticidade de uso e produção.” (p. 28).

Argamassa Polimérica

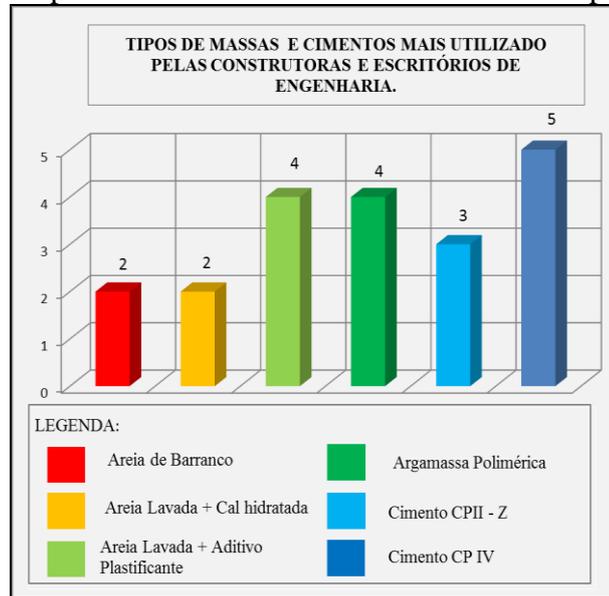
Os concretos poliméricos representam uma nova tecnologia., apresentarem menor tempo de cura e melhor resistência/peso. Diante dessas características e os avanços nos estudos na área, o concreto polimérico tende a tornar-se um material alternativo para a Construção Civil com boa aceitação no mercado (GARCIA *et al.*, entre 2000 e 2020).

A argamassa polimérica atende a todos os requisitos da norma NBR 15.575, sua comercialização está focada nos estados de RS, SP, MG e RJ tendo executadas no ano de 2011 mais de 100 obras com o produto, incluindo um shopping Center em Minas Gerais, um hotel no Rio Grande do Sul, obras em duas petroquímicas e dezenas de edifícios residenciais e comerciais, com diversos prédios de mais de 10 pavimentos (MOREIRA, 2017).

Escassez de mão de obra qualificada, resistência a novas tecnologias, especificação de novos materiais são fatores que impedem o desenvolvimento do setor (MOREIRA, 2017). Segundo Honorato *et al.* (2015) que realizou questionários em dois grupos, buscando dados de análise para identificar qual argamassa era mais usada no assentamento de blocos cerâmicos. Sendo o primeiro grupo construtoras e escritórios de engenharia (Gráfico 8) e o segundo grupo mestres de obra e pedreiros (Gráfico 9).

Resultados:

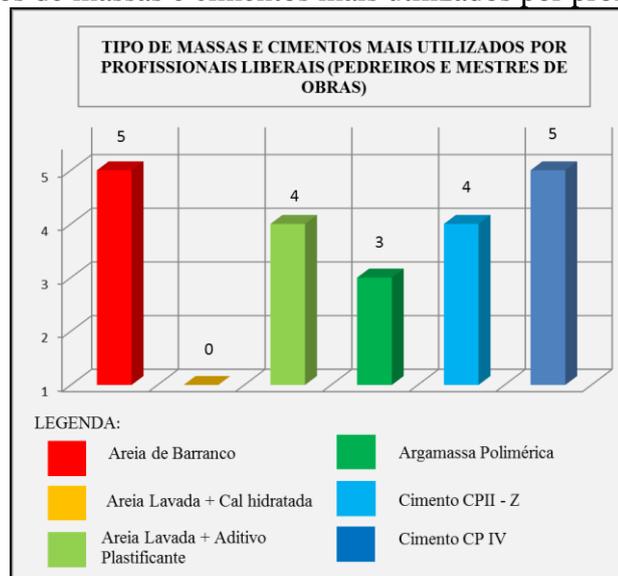
Gráfico 8 - Tipos de massas e cimentos mais utilizados por empresas



Fonte: Modificado de (HONORATO *et al.*,2015).

Entre as 12 empresas presentes no questionário quanto ao uso de argamassa para assentamento, 2 usam areia de barranco, 2 areia lavada + cal hidratada, 4 areia lavada + aditivo plastificante e 4 empresas argamassa polimérica. Maioria das empresas em questão, faz uso de materiais mais modernos, como aditivo plastificante e argamassa polimérica.

Gráfico 9 - Tipos de massas e cimentos mais utilizados por profissionais liberais



Fonte: Modificado de (HONORATO *et al.*,2015).

Entre os 12 profissionais liberais presentes no questionário quanto ao uso de argamassa para assentamento, 5 ainda utilizam a areia de barranco como fonte primária, 4 utilizam a areia lavada com aditivo plastificante e somente 3 a argamassa polimérica. Maioria é conservacionista quanto ao uso de material, não dispendo das novas tecnologias disponíveis no mercado para emprego de seus serviços nas obras (HONORATO *et al.*, 2015).

Nestes estudos realizados a argamassa industrializada polimérica utilizada como material nesta pesquisa, revelou-se notória as vantagens em relação a argamassa produzida em canteiro de obras, porém ainda assim observa-se que a aceitação do produto dá-se a falta de conhecimento as vantagens do produto (MALINVERNI; CASSOL, 2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, baseado na revisão da literatura, pode-se verificar vantagens da argamassa polimérica em relação a argamassa convencional, tais como: propriedades facilmente manipuláveis quimicamente para modificar o estado fresco e estado endurecido; resistência à compressão e tração muito superiores; maior retenção de água; menor massa específica; melhor consistência; economia por m² significativa devido ao rendimento do produto, mão de obra altamente produtiva e desperdício ínfimo; redução drástica no dano ambiental pela ausência de cimento hidratado na composição e exploração demasiada de agregados. Contudo, argamassa não cimentícia possui: pouca aplicabilidade; pode apresentar corrosão em ligas metálicas; elevado tempo de secagem em volumes maiores; pouca aderência ao concreto convencional; necessidade de normas mais específicas para especificações e ensaios; resistência ao mercado conservador. Esta pesquisa não teve por objetivo esgotar o assunto, apenas levantar pontos de análise de cada uma das argamassas em questão. Especialmente a cerca da argamassa não cimentícia e fomentar uso da tecnologia nos processos da Construção Civil, possibilitando futuramente o desenvolvimento de outros trabalhos nesse campo.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, José António Sequeira. Alvenarias e argamassas anteriores ao Império Romano. In: **2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa**. 2007.

Disponível em: <https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2051_07.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2020.

ALVES, Alexandre Patrão Neves. **Durabilidade de argamassas poliméricas de agregados leves**. 2010. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10362/4896>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11172: Aglomerantes de origem mineral**, Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: <<https://document.onl/documents/nbr-11172-tb-371-aglomerantes-de-origem-mineral.html>>. Acesso em: 8 maio. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/JooMiguelMoraesJunio/nbr-13279-2005>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/nbr-13281-argamassa-para-assentamento-e-revestimento-de-paredes-e-tetos-2005_compress.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: Especificação**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MartaTessaro/nbr-13281-2005>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**, Rio de Janeiro, 1995. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/51080677/nbr-13529-revestimentos-de-paredes-e-tetos-de-argamassas-inorganicas>>. Acesso em: 29 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizador-slim/Viewer.asp?nbr=40673&data=20210330&token=465edda5-c3a9-485e-83e5-2fd5ef267e36&sid=qrcz5c0r3ehym0gq1fmm5yxf&email=gedielson.eng@outlook.com&offset=1>>. Acesso em: 31 maio. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16590-1: Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação Parte 1: Requisitos**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizador-slim/Viewer.asp?ns=11920&token=baba9fb6-b3dd-4f90-9c87-18489029ee22&sid=qrcz5c0r3ehym0gq1fmm5yxf&email=gedielson.eng@outlook.com>>. Acesso em: 31 maio. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-07211-2005-agregados-para-concreto-especificacao.pdf>>. Acesso em: 8 maio. 2021.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Uma breve história do cimento Portland**. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://abcp.org.br/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>>. Acesso em: 29 set. 2020.

CALDEIRA, Filipe Emerick et al. **Avaliação da influência das propriedades da argamassa de assentamento na rigidez e resistência da alvenaria estrutural**. 2018. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/handle/123456789/21244>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

CAMPOS, Marina de Oliveira et al. **Estudo da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de revestimentos de argamassa em substratos de concreto**. 2014. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6843>>. Acesso em: 31 maio 2020.

CARASEK, H. et al. **Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento**. v. 64, n. 370, p. 288-300, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ce/a/nsVJSgzcP7gMzKVnHTjyQBH/?lang=pt>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

CARDOSO, Marcos A. **A arquitetura dos Egípcios: Das mastaba aos templos**. 1. ed. São Paulo, 2017.

DA SILVA, Narciso Gonçalves. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/ngsilva/atuacoes/apresentacao/DISSERTACaO%20MESTRADO%20-%20NARCISO.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

FILOMENO, Orlando Luz. **Caracterização das argamassas de assentamento empregadas na região de Florianópolis e estudo comparativo entre argamassas de assentamento de cimento e cal e cimento e saibro**. 1993. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/11899>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

GARCIA, Fabrícia Alessandra Marzinoti; DA SILVA GARCIA, Rodrigo; DE OLIVEIRA MENDES, Iara Thais Dias. **Avaliação da viabilidade de utilização do concreto polimérico em substituição ao concreto convencional**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/5987082-Avaliacao-da-viabilidade-de-utilizacao-do-concreto-polimerico-em-substituicao-ao-concreto-convencional.html>>. Acesso em: 8 abr. 2020.

GUEDES, Rui Jorge Sousa Costa de Miranda. **Previsão da vida útil de materiais compósitos de matriz polimérica**. 1997. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11899/1/Resumo.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

HONORATO, André C. et al. AVALIAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS. **Revista FAROCIENCIA (ISSN 2359-1846)**, v. 2, p. 145-149, 2015. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=.+Avalia%C3%A7%C3%A3o+dos+materiais+utilizados+no+assentamento+de+blocos+Cer%C3%A2micos.&btnG=>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. 2021. Disponível em: <<https://ibram.org.br/conteudos-tecnicos/>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

ISHIKAWA, Paulo Hidemitsu et al. **Propriedades de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural**. 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258267>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

LELLES, Leandro Camillo de et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 439-444, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rarv/a/jxTTrzLBfDMBY4HLdQ5GDy/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2021.

MALINVERNI, Fernanda Carbonera; CASSOL, Gabriela. **Estudo de caso comparativo entre alguns aspectos da argamassa de assentamento convencional e a argamassa polimérica industrializada usada somente para assentamentos**. p. 16-25, 2016. Disponível em:

<https://www.google.com/search?q=.+Estudo+de+caso+comparativo+entre+alguns+aspectos+da+Argamassa+de+assentamento+convencional+e+a+argamassa+Polim%C3%A9rica+industrializada+usada+somente+para+Assentamentos.&rlz=1C1GCEA_enBR938BR938&sxsrf=ALeKk009T4ewNS4EeJ-oqnPNw9spwXRang%3A1622726435304&ei=I9e4YLYPEoy-5OUP1IqY4Ag&dq=.+Estudo+de+caso+comparativo+entre+alguns+aspectos+da+Argamassa+de+assentamento+convencional+e+a+argamassa+Polim%C3%A9rica+industrializada+usada+somente+para+Assentamentos.&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyCggiEK4CELADECdQt-kZWLfpGWCi8xloA3AAeACAAYEBiAGBAZIBAzAuMZgBAaABAqABAaoBB2d3cy13aXrIAQHAAQE&sclient=gws-wiz&ved=0ahUKEwj8rPmFx_vwAhUMH7kGHVQFBowQ4dUDCA4&uact=5>. Acesso em: 29 ago. 2020

MANSUR, Alexandra AP; MANSUR, H. S. Avaliação do teor de ar incorporado em argamassas modificadas com poli (álcool vinílico). In: **17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR**. 2006. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/478.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

MARGALHA, Maria Goreti. **Argamassas**. 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/4969>>. Acesso em: 8 abr. 2020.

MOREIRA, André Araujo Amato; VERMELHO, Lázaro Colodette; ZANI, Matheus Carreiro. **Estudo da Argamassa Polimérica de Assentamento de Blocos e Tijolos Segundo Aspectos Técnicos, Econômicos, Mercadológicos e de Clima Organizacional**. 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n53/a17v38n53p14.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

- NAMETALA, Antônio Carlos Leite et al. **Análise do desempenho da argamassa polimérica em alvenarias de vedação e pesquisa de mercado pertinente na região de viçosa-minas gerais**. v. 10, n. 1, 2019. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=An%C3%A1lise+do+desempenho+da+argamassa+polim%C3%A9rica+em+alvenarias+de+veda%C3%A7%C3%A3o+e+pesquisa+de+mercado+pertinente+na+regi%C3%A3o+de+vi%C3%A7osa-minas+gerais.&btnG=>>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- OLIVEIRA, Adhayl Alves de et al. **O uso da argamassa polimérica: sustentabilidade e economia**. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/8294>>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- PAUL FILHO, Farlei. **Estudo exploratório do comportamento mecânico de argamassas poliméricas e argamassas industrializadas ensacadas para assentamento de blocos de vedação**. 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/159568>>. Acesso em: 31 ago. 2020.
- PAVA, Elmer Eduardo Arboleda. **Estudo comparativo do desempenho e possíveis patologias por tração em argamassa tradicional e argamassas poliméricas**. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19802>>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- PERON, Robson. **Estudo de viabilidade econômica para uso de bloco celular autoclavado assentado com argamassa polimérica como vedação de unidades residenciais multifamiliares: um estudo de caso comparativo**. Engenharia Civil-Tubarão, 2018. Disponível em: <<http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/6749>>. Acesso em: 29 ago. 2020.
- RECENA, Fernando A. **Conhecendo argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.
- ROCHA, Rebeca Silva. **Avaliação e comparação das propriedades mecânicas de uma argamassa pronta não cimentícia para alvenaria com e sem função estrutural frente às argamassas convencionais**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6234>>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- SANTIAGO, Cybèle Celestino. **Argamassas tradicionais de cal**. EDUFBA, 2007.
- SANTOS, Adson dos et al. **Estudo da exploração mineral de areia a partir de geoprocessamento em Feira de Santana-BA (2008–2015)**. 2019. Disponível em: <<http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/941/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Vers%C3%A3o%20Final.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2021.
- SANTOS, Jaqueline Cardoso Pereira dos; PRUETER, Luiz Guilherme; SADULA, Tatyana. **Estudo comparativo da resistência à compressão de prismas de argamassa química e argamassa convencional industrializada**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9325>>. Acesso em: 29 ago. 2020.
- SZLAK, Bruno et al. Manual de revestimentos de argamassa. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, v. 104, 2003.

VALVERDE, Fernando Mendes. Agregados para construção civil. **Balanço mineral brasileiro**, v. 2001, 2001. Disponível em:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48677831/agregados-para-contrucao-civil-with-cover-page.pdf?Expires=1622848885&Signature=d3i13zX3xRT~UCH-YRYPy6TrGqZsEjnEQbpHltXVTViY~HN3fjc88YLG~wi10ycVMKp6~SQBwhnLMiXglSV04ixRBgNTnRf0bAF1vxR2PtTxRD6eSpnahcHicHGdF-0BCe92tmisqByp4s31akMQPaNNIGqXnOBoRusRKdysKgHLAD~s67VYR8fkgOFgtVI~Hd895U8jPhKi175hnd9QZxjI84xMXCNbBOBKg8DqmKRuKZJA92XlwN3XGdXCjFA4ehVgK0jpnW7bphN1F8O-zH7q3fRtT5cy-MxoTDE7JHWihXgR6sIe-lY-7i~RNXmLZNBfXiLTsa09GI9w07-Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>.

Acesso em: 1 abr. 2021.

VOTORANTIN. **Guia de argamassas**, 2010. Disponível em:

<https://issuu.com/abrik/docs/guia_votomassa-matrix>. Acesso em: 29 set. 2020.