



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS DO SERTÃO

ANA CLARA SALVIANO COUTO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO GESSO
RECICLADO COMO REVESTIMENTO**

DELMIRO GOUVEIA

2020

ANA CLARA SALVIANO COUTO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO GESSO
RECICLADO COMO REVESTIMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão, como requisito avaliativo necessário à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos
Co-orientadora: Prof. Msc. Jéssica Beatriz da Silva

DELMIRO GOUVEIA

2020

Folha de Aprovação

ANA CLARA SALVIANO COUTO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO GESSO
RECICLADO COMO REVESTIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
corpo docente do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas – Campus do
Sertão e aprovado em 18 de fevereiro de 2020.

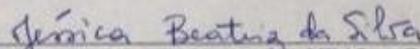


Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)

Banca Examinadora:



Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)



Prof. Msc. Jéssica Beatriz da Silva, UFAL – Campus do Sertão (Co-orientadora)



Eng. Rayanne Karlla Santos da Silva, UFAL – Campus do Sertão (Avaliador externo)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus por ter me dado forças para aguentar todos esses anos longe da minha família e amigos e nunca ter me deixado desistir nas dificuldades.

Especialmente aos meus pais, Ana Paula e Flávio Cesar por todo incentivo, amor incondicional e por sempre acreditarem em mim, me dando forças para correr atrás dos meus objetivos, nunca medindo esforços para me dar o melhor. Sem eles nada disso seria possível. Toda minha gratidão a eles.

Aos meus queridos irmãos Ana Luiza e Antonio Neto pelas palavras de motivação, risadas e companheirismo, sempre se fazendo presente mesmo na distância.

As minhas avós Leda e Ledite por tanto amor, cuidado e carinho. Sem elas teria sido muito mais difícil concluir a graduação.

Ao meu namorado Felipe Coutinho, por todo apoio, amor e companheirismo ao longo desse percurso, sempre me incentivando com palavras motivadoras e me estimulando a seguir sempre em frente, independente das dificuldades.

As amigas do Ceará que contribuíram com todo apoio e amizade ao longo da minha vida.

As amigas que Universidade proporcionou: Ana Leticia, Luana Kívia, Rayanne, Mariana, Tamires e Lana pela amizade durante praticamente toda a graduação, pelas diversas noites em claro estudando, pelos conselhos e por tornarem esse período longe de casa melhor.

A Josilane que por inúmeras vezes, sempre com muita paciência, me ajudou com pesquisas, atividades e estudos para as provas além de toda amizade sincera compartilhada ao longo desses anos.

A Ana Karolayne por todas as palavras de apoio, pela amizade e por toda ajuda na elaboração nesse trabalho.

Aos amigos da graduação: Juliano, Renan e Bruno pela amizade e por toda ajuda compartilhada durante a graduação.

Ao senhor Milton Lisboa e a Carmelita por me acolher e me ajudar durante esses anos em Delmiro Gouveia.

Ao meu orientador Rogério de Jesus pela orientação, pela dedicação, por toda paciência, pelos conhecimentos transmitidos, por acreditar e incentivar na elaboração desse trabalho.

A minha co-orientadora Jéssica Beatriz pelas sugestões e críticas em diversas etapas, pelos conhecimentos transmitidos e por todo apoio.

Ao Victor Adamastor e ao técnico do laboratório Arnon pela disponibilidade e todo suporte em me ajudar na confecção desse trabalho.

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

(Martin Luther King)

RESUMO

O gesso é um dos materiais de construção mais antigos. Ele é obtido através da calcinação de um material chamado gipsita, sendo o estado do Pernambuco responsável por 97% da produção desse material no país. O gesso possui aplicação em diversos setores mas é predominante na construção civil. É durante esse processo de aplicação que os resíduos de gessos são gerados. Uma das principais causas desse desperdício é a utilização de mão de obra não qualificada. Como o gesso é classificado pela Resolução 421 do CONAMA como um material reciclável, esse trabalho teve como finalidade analisar a viabilidade da reutilização do gesso como revestimento a fim de minimizar os impactos ambientais causados pelos resíduos gerados e depositados de forma irregular no meio ambiente. Para análise desse estudo de caso, foi elaborado uma pasta de gesso na proporção de água/gesso = 0,7 e usado para revestir duas alvenarias. As alvenarias serviram de análise do desempenho térmico da pasta de gesso que obteve um bom resultado pois uma das propriedades do gesso é o bom isolamento térmico. Os ensaios físicos elaborados com o gesso foram o tempo de pega e a granulometria. Como resultado foi concluído que o tempo de início e de fim de pega estão dentro dos limites exigidos na NBR 13207/1994 para gesso fino usado como revestimento, onde foi possível determinar essa classificação pela módulo de finura obtido a partir da quantidade de material retido em cada peneira pela granulometria. Para determinar as características mecânicas desse gesso, foi feito o ensaio de resistência à compressão. Esse ensaio foi preparado com 6 corpos de prova feitos com a mesma proporção de água/gesso da pasta elaborada nas alvenarias. Como resultado, foi obtido diferentes valores para compressão mas apresentaram estar dentro dos limites dispostos na mesma NBR. Concluiu-se que é importante reutilizar o gesso para diminuir prejuízos ao meio ambiente onde uma das maneiras é reciclando o material e utilizando-o como revestimento. Para isto, é muito importante que sejam feitos ensaios para que se possa determinar as propriedades físicas e mecânicas do gesso a fim de melhor classifica-los de acordo com suas características.

Palavras chaves: Resíduo de construção; Gesso reciclado; Propriedades físicas; Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

Plaster is one of the oldest building materials. It is applied through the calculation of a material called gypsum, the state of Pernambuco being responsible for 97% of the production of this material in the country. Plaster is used in several sectors, but it is predominant in civil construction. It is during this application process that watch waste is generated. One of the main causes of this waste is the use of unskilled labor. As plaster is classified by CONAMA Resolution 421, as a recyclable material, this work had to analyze the feasibility of reusing plaster as a coating in order to reduce the damage caused by damage caused by irregularly generated and deposited in the environment. For the analysis of this study, folder of plaster was elaborated in proportion of water/plaster mass ratio = 0.7 and used to cover two masonry. As masonry, they served as an analysis of the thermal performance of plaster mass, which registered a good result because one of the properties of plaster is good thermal insulation. Clinical trials elaborated with the setting time and particle size. As the result was concluded, the start and end times of the handle are within the limits required in NBR 13207/1994 to use the thin coating used as a coating, where it was possible to use this classification by the final finisher from the amount of material retained in each sieve by granulometry. To determine how mechanical features of this type, a compressive strength test was performed. This test was prepared with 6 specimens made with the same proportion of water / plaster as the mass-produced in the masonry. As a result, different values were selected for verification, but may be within the limits established in the same NBR. It was concluded that it is important to reuse the item to reduce damage to the environment, where one of the ways is to recycle the material and use it as a coating. For this, it is very important that tests are carried out so that they can determine as chemical and mechanical substances according to the best classifications according to their characteristics.

Keywords: Construction waste; Recycled plaster; Physical properties; Mechanical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deposição irregular de resíduo de gesso em Salvador - BA.....	13
Figura 2 - Processamento do gesso.....	16
Figura 3 - Esquema dos dois sistemas de revestimento em pasta de gesso.....	20
Figura 4 - Fluxograma da reciclagem do gesso.....	25
Figura 5 - Quebra e amostra recolhida de gesso.....	27
Figura 6 - Peneiramento e produção da pasta.....	27
Figura 7 - Alvenaria de BTC revestida com a pasta de gesso.....	28
Figura 8 - Alvenaria de BTC + A revestida com a pasta de gesso.....	29
Figura 9 - Medidas de gesso e de água.....	30
Figura 10 - Início e fim de pega.....	30
Figura 11 - Amostra de gesso.....	31
Figura 12 - Agitador de peneira.....	32
Figura 13 - Massas de gesso e de água.....	33
Figura 14 - Processo de lubrificação e moldagem dos corpos de prova.....	33
Figura 15 - Corpos de prova para ensaio à resistência de compressão.....	34
Figura 16 - Prensa CBR – Marshall.....	34
Figura 17 - Câmera térmica.....	35
Figura 18 - Soprador térmico.....	36
Figura 19 - Rompimento da seção.....	41
Figura 20 - Imagem da câmera térmica na alvenaria de BTC revestida com o gesso..	44
Figura 21 - Imagem da câmera térmica da alvenaria de BTC + A revestida com gesso.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de revestimentos correntes com base em gesso.....	19
Tabela 2 - Exigências físicas do gesso para construção civil.....	37
Tabela 3 - Limites granulométricos do gesso.....	48
Tabela 4 - Resistência à compressão.....	40
Tabela 5 - Exigências físicas e mecânicas do gesso para construção civil.....	41
Tabela 6 - Desempenho térmico nas alvenarias com revestimento de gesso reciclado.....	42
Tabela 7 - Desempenho Térmico nas alvenarias sem o revestimento.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação de material retido por abertura da peneira.....	38
Gráfico 2 - Relação de material passante por abertura da peneira.....	39

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
BTC	Bloco de terra comprimida;
BTC+A	Bloco de terra comprimida com adição de argila expandida;
cm	centímetros;
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
g	Gramas;
mm	Milímetro;
MPa	Megapascal;
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora;
UFAL	Universidade Federal de Alagoas.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Histórico do gesso.....	15
2.2	Produção do Gesso.....	15
2.3	Tipos de gesso e suas aplicações.....	17
2.4	Tipos de revestimentos.....	18
2.5	Resíduo de gesso e destinação.....	21
3.	METODOLOGIA.....	26
3.1	Pasta de gesso.....	26
3.1.1	Revestimento das paredes.....	28
3.2	Tempo de Pega.....	29
3.3	Granulometria.....	31
3.4	Moldagem do corpo de prova.....	32
3.5	Resistência à compressão.....	33
3.6	Desempenho térmico.....	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Tempo de pega.....	37
4.2	Granulometria.....	37
4.2.1	Módulo de finura.....	39
4.3	Resistência à compressão.....	40
4.4	Desempenho térmico.....	41
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
5.1	Conclusão.....	45
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da construção civil no Brasil nos últimos anos, o descarte de materiais em locais inadequados tem crescido consideravelmente. Uma das soluções encontradas para tal problema é a reciclagem, onde busca reaproveitar de outra maneira o material já utilizado, de modo a contribuir com a preservação do meio ambiente.

Segundo SJOSTROM (1996), a reciclagem de resíduos na construção civil é fundamental para se obter um desenvolvimento sustentável nesse setor. A construção civil representa entre 14% e 50% dos resíduos naturais extraídos do planeta, sendo considerado como o maior gerador de resíduos entre os macro-setores da economia.

O resíduo escolhido para tal análise, entre os demais da construção civil foi o gesso. Essa escolha se deve ao fato do gesso, quando depositado em lugar inadequado conforme Apolinário (2015), poder emitir gás sulfídrico, que é inflamável e muito tóxico, podendo contaminar o solo e os lençóis freáticos, como exemplifica a Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Deposição irregular de resíduo de gesso em Salvador –BA.



Fonte: CARTAXO *et al* (2011).

Uma das alternativas para o reuso do gesso é através da sua utilização como revestimento. O sistema de revestimento com base em gesso apresenta semelhanças com o sistema de revestimento em argamassa de cimento no que tange as funções, propriedades, execução, entre outros. No entanto, o gesso apresenta condições de competitividade bastante satisfatórias, entre elas o endurecimento rápido, que permite

uma elevada produtividade e a lisura da superfície endurecida que beneficia a qualidade do acabamento final (JOHN *et al*, 2007).

A partir dessas informações, o seguinte trabalho buscou analisar a viabilidade da reutilização do gesso como revestimento cerâmico a partir de ensaios elaborados no laboratório de materiais da Universidade Federal de Alagoas. A partir dos ensaios foi possível identificar características físicas e mecânicas sobre o gesso reciclado sendo possível classifica-lo a partir da sua granulometria.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade do reuso de gesso como revestimento em alvenaria de blocos cerâmicos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar propriedades físicas do gesso como tempo de pega e granulometria;
- Analisar propriedades mecânicas como a resistência à compressão;
- Verificar o desempenho térmico das alvenarias com revestimento do gesso reutilizado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico do gesso

O gesso é um dos mais antigos materiais de construção, assim como o barro e a cal. Segundo Munhoz (2008), a tradição na utilização do gesso vem das culturas mesopotâmicas, onde é muito abundante na natureza, com climas muito secos que favorecem sua conservação. Os herdeiros de antigas tradições nesta zona como na vizinha Pérsia, os Sassânidas, desenvolveram uma cultura muito importante em alvenaria, caracterizada pelo uso do gesso.

Sobre construções antigas, Cunha (2015, p. 20) comenta “No império Bizantino o gesso atraiu olhares dos construtores dos primeiros templos cristãos e bizantinos. A facilidade de manipulação e o baixo custo fez com que fosse considerado o substituto direto do mármore.”

Cunha (2015) também afirma que durante o século XIII, na França, o uso do gesso foi bastante disseminado onde cerca de 75% dos hotéis e a totalidade dos prédios públicos eram realizados com madeira e argamassa de gesso, e em novas construções ou reformas, 95 % eram feitas a partir do gesso.

Já no século XX, de acordo com Apolinário (2015), em função da evolução industrial, os equipamentos para a produção de gesso deixaram de ter aspectos grosseiros e passaram a agregar maior tecnologia. Dessa forma, o trabalho do homem foi bastante facilitado.

2.2 Produção do Gesso

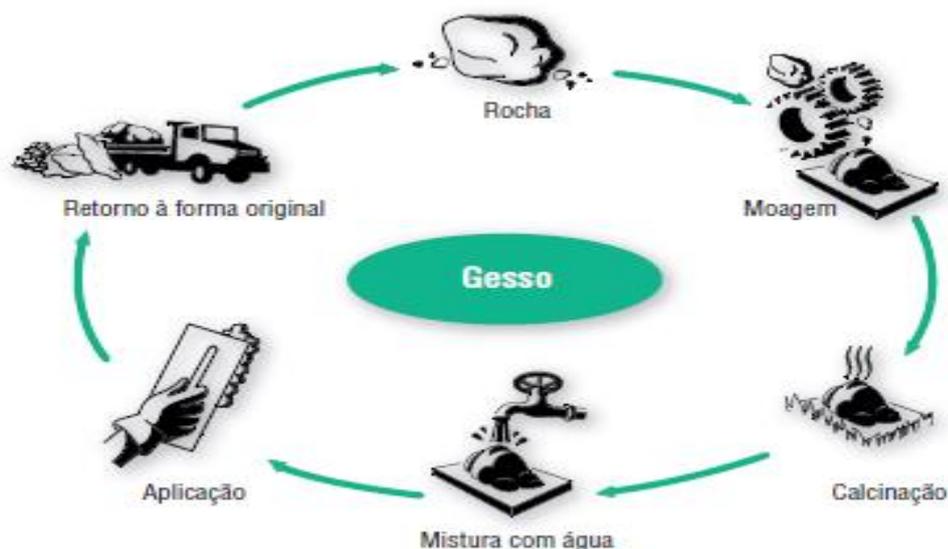
O gesso está cada vez mais sendo utilizado na construção civil ao redor do mundo. Aguiar (2004) afirma que o gesso de construção é originado do minério gipso, sendo popularmente conhecido por gesso natural. Ele é constituído basicamente do mineral gipsita onde pode conter anidrida de fórmula CaSO_4 e outros minerais como calcita, cloreto de sódio e dolomita. Segundo Silva (2008, p.13) “A gipsita é um sulfato de cálcio dihidratado, isto é, com duas moléculas de água de cristalização e, segundo a temperatura de desidratação, ela pode perder 1,5 a 2,0 moléculas. ”

Fernandes e Beltrame (2012) asseguram que as maiores minas podem ser encontradas na região norte e nordeste do Brasil, sendo no estado do Pernambuco, onde de acordo com o Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (2016, p. 58):

“No estado de Pernambuco, responsável por 97% da produção de gipsita do país, encontra-se o polo gesseiro do Araripe organizado em forma de Arranjo Produtivo Local – APL, reunindo num só cluster aproximadamente 800 empresas das quais 140 indústrias de calcinação, 49 mineradoras e cerca de 600 empresas fabricantes de produtos pré-moldados de gesso, cuja governança e gestão são exercidas pelo SINDUSGESSO. Outros estados produtores são o Maranhão (1,5%); Ceará (0,8) e Tocantins (0,7%).”

A associação Brasileira de Drywall comenta que para a produção do gesso, são necessárias algumas operações que podem ser esquematizadas abaixo, onde o gesso é obtido por meio da calcinação (decomposição a quente) da gipsita.

Figura 2 - Processamento do gesso.



Fonte: Drywall (2012).

A mesma também comenta que no processo de calcinação, há também a separação da gipsita com as impurezas normalmente associadas ao minério, como salgema e calcários, entre outras. A partir da velocidade da calcinação, a decomposição da gipsita pode derivar em gesso alfa, com cristais grandes e regulares, ou gesso beta, com cristais pequenos e irregulares que serão melhores descritos posteriormente.

2.3 Tipos de gesso e suas aplicações

O gesso possui diversas aplicações, como na agricultura, medicina, odontologia, artesanatos e construção civil. Atualmente, a maior utilização do gesso é na área da construção civil, onde é mais usado principalmente na decoração, proporcionando um bom isolamento térmico e acústico.

Segundo Ferreira (2017), há cinco tipos de gessos que podem ser obtidos em função da temperatura e pressão pelo processo de calcinação. O primeiro tipo é o hemi-hidratado de cálcio α ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Esse tipo de gesso apresenta enorme fluidez. Baltar (2004) afirma que esse gesso alfa apresenta uma menor demanda de água para formação da pasta, originando produtos de melhor qualidade consequentemente em maior valor comercial. Entre as principais utilizações estão: Bandagens de alta resistência, matrizes para indústria cerâmica, indústria de modelagem, ortopedia, odontologia e indústria automobilística.

Os outros quatro tipos de gesso são calcinados em pressão próximas as atmosferas, onde de acordo com Ferreira (2017) e Junior (2008), são classificadas de acordo com a faixa de temperatura de calcinação, podendo ser:

- Hemi-hidratados ou hemi-hidrato β ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$): Corresponde ao tipo de gesso mais comum para a construção. É produzida a partir da desidratação da gipsita em atmosfera de vapor d'água e com temperatura superior a 100°C . Para produzir esse tipo de gesso é preciso que a temperatura esteja entre 140°C e 160°C , dessa forma a reação química para produzi-lo será:

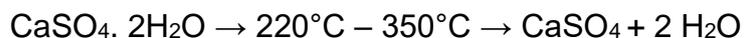


- Anidrita III ou anidrita solúvel ($\text{CaSO}_4 \cdot \epsilon \text{H}_2\text{O}$): Este produto pode conter água de cristalização, entretanto, com baixo teor. A sua mistura com o hemi-hidrato β apresenta um tempo de pega reduzido e variável. Esse tipo de gesso é utilizado em fábricas de pré-moldados como gesso de fundição. Possui variável entre 0,11 a 0,06 moléculas de água e a temperatura de calcinação para a produção desse gesso varia entre 160°C e 190°C , conforme equação a seguir:



- Anidrita II ou anidrita insolúvel (CaSO_4): A sua mistura junto com o hemi-hidrato β é usada como revestimento, podendo levar até 7 dias para se hidratar. Entre

700°C e 800°C, é denominada de gesso calcinado à morte. Esse tipo de gesso é produzido entre 220°C e 350°C, conforme equação a seguir:



- Anidrita I ou anidrita- α (CaSO_4): Dispõe de tempo de pega e endurecimento lentos, resultando em uma massa dura. Pode conter óxidos de cálcio por causa do início do processo de dissociação térmica do CaSO_4 , a partir de 800°C. Esse tipo de gesso é obtido quando a gipsita é calcinada entre 1100°C e 1200°C.

É durante o processo de aplicação que Alves (2007) afirma que grande parte dos resíduos de gesso de construção é gerado. Uma das principais causas desse desperdício de gesso durante sua aplicação é devido a mão-de-obra não qualificada pois o gesso é um material que possui pega rápida onde exige uma aplicação rápida, caso contrário, o material endurece e é descartado. A área da construção civil já avançou muito em termos de técnicas construtivas, mas ainda é necessário investir mais na qualificação da mão-de-obra.

2.4 Tipos de revestimentos

Para Ferreira (2017), há diversos tipos de revestimentos que podem ser empregados em paredes, por exemplo. Com relação ao gesso para revestimento, a Definitions and requirements (Ligantes e revestimentos de gesso: definições e requisitos) classifica os revestimentos de gesso de acordo com a Tabela 1, sendo o revestimento de gesso (B1) de comum utilização no Brasil.

Tabela 1 - Tipos de revestimentos correntes com base em gesso.

Designação	Notação
Gesso (Gypsum Binder)	A
Revestimento com base em gesso (Gypsum Plaster)	B
Revestimento de gesso (Gypsum Building Plaster)	B1
Revestimento com base em gesso (Gypsum Based Building Plaster)	B2
Revestimento de gesso e cal (Gypsum-lime Building Plaster)	B3
Revestimento aligeirado de gesso (Lightweighth Gypsum Building Plaster)	B4
Revestimento aligeirado com base em gesso (Lightweighth Gypsum Based Building Plaster)	B5
Revestimento Aligeirado de gesso ¹ e cal (Lightweighth Gypsum-lime Building Plaster)	B6
Revestimento com base em gesso e com dureza superficial melhorada (Gypsum Plaster for Plasterwork with Enhanced surfaced Hardness)	B7
Revestimento com base em Gesso para aplicações especiais (Gypsum Plaster for Special Purposes)	C
Revestimento fibroso com base em gesso (Gypsum Plaster for Fibrous Plasterwork)	C1
Gesso para assentamento com tijolo (Gypsum Plaster for Bricklaying)	C2
Gesso para isolamento acústico (Acoustic Plaster)	C3
Gesso para isolamento Térmico (Thermal Insulation Plaster)	C4
Gesso para proteção ao fogo (Fire Protection Plaster)	C5
Gesso para aplicação em camada fina (Thin Coat Plaster)	C6

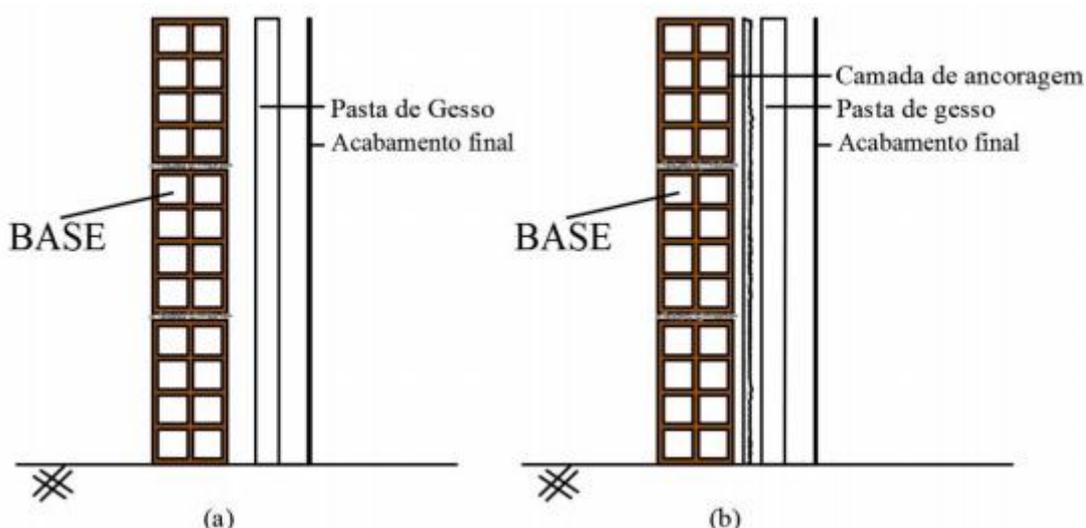
¹Revestimento com incorporação de agregados leves inorgânicos, como a perlita expandida, vermiculita ou agregados leves orgânicos.

Fonte: BS EN 13279-1 (2008).

Para Clever e Beltrame (2009), o uso do gesso na construção no Brasil recebeu um grande estímulo por volta da década de 90, e até hoje vem ganhando uso em diversos âmbitos. Diante das variadas formas de utilização, o gesso apresenta-se como ótima alternativa ao revestimento vertical, tanto como pasta e argamassa de gesso, quanto gesso projetado.

No Brasil, utiliza-se correntemente o revestimento de gesso como pasta, sendo chamado de gesso liso. De acordo com a NBR 13.867 (ABNT, 1997, p. 1), a pasta de gesso é considerada uma “mistura pastosa de gesso e água, possuindo a capacidade de aderência e endurecimento”. A mesma também faz recomendações conforme seu revestimento, conforme Ferreira (2017) demonstra através do esquema representado na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Esquema dos dois sistemas de revestimento em pasta de gesso: a) sem camada de ancoragem; b) com camada de ancoragem.



Fonte: Ferreira (2017).

A partir da figura anterior, a mesma autora também afirma que esse sistema de revestimento em pasta de gesso é composto pelo substrato/base, camada de ancoragem, como chapisco ou emulsão adesiva, quando preciso, para melhorar a absorção e a capacidade de aderência à base, uma camada única de gesso e depois, a camada de acabamento, como pintura e papel de parede.

Outra maneira de fazer a aplicação do revestimento do gesso é através da sua projeção, com uso de determinado equipamento específico. Steuer *et al* (2013) comenta que ele é também usado para revestimento de paredes, lajes, pilares ou

vigas. O gesso projetado é aplicado apenas em ambientes internos com uma bomba de projeção a qual a superfície que vai receber o gesso, não precisa de algum preparo prévio. A espessura da sua camada vai depender, principalmente, da regularidade dessa superfície. A camada de gesso não costuma ultrapassar 20 milímetros.

Segundo Silva (2011), o gesso projetado é formado por três componentes: calcário, gesso em pó e aditivos, onde os aditivos têm a função de determinarem o tempo de trabalho, a dureza, resistência e aderência. Essa tecnologia foi desenvolvida na Europa com finalidade de melhorar a utilização do tempo, evitando desperdícios.

“A projeção da pasta de gesso permite uma melhor compactação, por lançar o material de granulometria baixa, permite que os grãos se acomodem melhor nos espaços, diminuindo os defeitos na interface entre a argamassa e a superfície. A constância de energia aplicado pelo lançamento do equipamento e a menor quantidade de ar presa na mistura, confere uma maior resistência, aderência e uniformidade ao revestimento. (CUNHA, 2015, P.39).”

Clever e Beltrame (2002) asseguram que esse material proporciona vantagens, tais como: resistência ao fogo, facilidade de acabamentos, bom isolamento acústico e térmico, entre outros. Entretanto, mesmo com o avanço da tecnologia no final da década 90 no Brasil, os mesmos afirmam que não há mão de obra especializada o que acaba ocasionando muito desperdício desse material durante a aplicação.

Existem normas que tratam do gesso como revestimento, sendo elas: NBR 13.867 - Revestimento Interno de Paredes e Tetos com Pastas de Gesso, e a norma técnica de argamassas inorgânicas, a NBR 13.529 - Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas.

2.5 Resíduo de gesso e destinação

Com o avanço da tecnologia na construção, cada vez mais é utilizado recursos naturais que acabam por degradar a natureza, aumentando progressivamente o número de resíduos. De acordo com John (2000), a produção de resíduos na construção civil é inevitável, entretanto, pode ser minimizada com o uso da reciclagem. Essa produção de entulho passa por vários processos que vai desde a obtenção da matéria-prima, indústria, transporte, construção à demolição e reutilização, onde conseqüentemente, o resíduo é originado em cada etapa deste ciclo.

Nos últimos anos a quantidade de resíduos vem aumentando significativamente. Dados do IBGE (2000) mostram que em 2000, foram geradas aproximadamente 126 mil toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos. Agopyan *et al* (1998, p. 15) comenta que “as perdas na construção são significativas, estima-se que a perda típica do desperdício do gesso na construção civil é de 45%, enquanto os fabricantes de gesso em pó estimam perdas em torno de 30% da massa de gesso. ”

A associação Brasileira de Drywall (2012) afirma que todos os resíduos de gesso devem ser coletados e armazenados em local específico nos canteiros. Eles devem ser separados de outros materiais como madeira, metais, restos de alvenaria (blocos, argamassa, etc.) e lixo orgânico. Dessa forma, uma coleta seletiva adequada melhora significativamente na qualidade do resíduo a ser enviado para a reciclagem.

A grande quantidade de resíduos gerados da construção levou o Governo Federal a desenvolver medidas que as minimizassem e regularizasse esses resíduos. Com o intuito de criar uma conduta para os resíduos da construção civil, foi criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a resolução 307 em 5 de julho de 2002, onde foram estabelecidos procedimentos para uma adequada disposição desses resíduos. Segundo o mesmo, podem ser determinados por:

“Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Os resíduos da construção civil podem ter diversas classificações, de acordo com a resolução 307, onde para o gesso é classificada em: “classe 3 - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso”.

Essa resolução também determina que depois de executada a etapa de triagem dos resíduos de construção civil, que corresponde à separação e limpeza dos resíduos dos restantes materiais que são indesejáveis, eles deverão ser destinados seguindo o CONAMA (2002) de acordo com sua classe, sendo elas:

- I. Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- II. Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III. Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- IV. Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

A Resolução 431 do CONAMA altera o artigo 3 da Resolução 307 de 2002, estabelecendo uma nova classificação para o gesso, sendo ela: “Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso. ”

Assim, avaliar a possibilidade de recuperar o gesso já utilizado em obras de construção civil, com a finalidade de reutilizar esse material, por meio de uma triagem adequada, realizada em canteiros de obras, apresentará uma contribuição para o meio ambiente e atenderá as exigências da Resolução nº 307 do CONAMA (2002), que estabelece que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção.

“Diversas são as origens do resíduo de gesso, tais como: fábricas de componentes de gesso, indústria de moldagem de cerâmica de decoração e sanitária, perdas na construção como sobras de gesso acartonado, gesso para revestimento de paredes e placas de gesso, gesso utilizado para decoração (sancas, molduras, etc.) e gesso proveniente de demolições e reformas, apresentando estes últimos resíduos um elevado grau de contaminação, o que dificulta a sua reutilização. ”

Silva (2010) comenta que geralmente as soluções mais utilizadas para o descarte do gesso são os lixões e aterros. Entretanto, a falta de local para o seu despejo tem sido um grande problema nas grandes cidades, pois a sua inadequada destinação desperdiça material que poderia ser usado para reciclagem. “A reciclagem diminuiria o volume de material nos aterros, preservaria os recursos naturais,

diminuiria as áreas de contaminação, tornando-se uma alternativa ecologicamente viável.”

O gesso é classificado como um resíduo reciclável pela Resolução 421 do CONAMA onde Silva (2010) atribui esse fato pela capacidade do gesso de formar um gás que em contato com baixo pH, umidade, ação de bactérias redutoras de sulfatos, entre outros aspectos, gera um odor muito forte, tóxico e inflamável encontrado nos aterros, razão essa pelo qual se motiva a reciclagem desse resíduo.

Melo (2015) afirma que o reaproveitamento de diversos resíduos na construção é praticado desde o império Romano, onde há relatos do uso de restos de alguns materiais como tijolos, telhas e cerâmicas no emprego de um concreto mais grosseiro. Foi justamente catástrofes de antigamente que estimularam tal prática em locais mais carentes de infraestrutura e que perpetuam até hoje.

A Associação Brasileira do Drywall descreve que logo após a separação do gesso dos outros resíduos, ele adquire características químicas pertinentes da gipsita. Dessa forma, o material pode ser usado novamente na cadeia produtiva. A reciclagem do gesso obtido da construção civil evoluiu nos últimos anos de forma mais significativa em três vertentes do seu reaproveitamento, sendo eles: a indústria de cimento, a agricultura, e o setor de transformação de gesso. Já existe em diversos municípios do Brasil, Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs) licenciadas pela prefeitura a fim de receber resíduos de gesso onde após triar e homogeneizar, vendem-nos para outros setores que realizarão a reciclagem.

A mesma também afirma que quando o gesso é misturado ao cimento, ele age como um retardante de pega, fazendo-o endurecer mais lentamente. Na agricultura, o gesso possui quatro usos principais: O efeito fertilizante, como corretivo de solos sódicos, condicionador de superfície e condicionador de esterco. Com relação a indústria de transformação, os fabricantes do material podem reutilizar uma certa proporção do seu resíduo nos processos industriais. Na Figura 4, segue um esquema da reciclagem do gesso.

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracterizou-se pelo estudo das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado como revestimento cerâmico. Inicialmente foi preparado uma pasta de gesso que foram dispostos em duas alvenarias de dimensões 33 cm de altura x 61 cm (comprimento). A primeira foi feita de blocos com solo-cimento e a segunda de blocos de solo-cimento com argila expandida. Foram analisadas duas alvenarias diferentes para melhor analisar as características do gesso. Segundo Romão (2019), os tijolos de solo-cimento, são também conhecidos como bloco de terra comprimida (BTC), tijolos ecológicos ou tijolo modular e os tijolos com solo-cimento com adição de argila expandida de BTC +A.

Foram feitos ensaios com o gesso a partir de equipamentos disponíveis no laboratório de materiais da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A seguir, serão descritos os processos e ensaios que foram empregados para realização de tal estudo.

3.1 Pasta de gesso

O gesso usado para a produção da pasta foi adquirido a partir de uma parede derrubada na Ufal- campus sertão. Para tal procedimento, foram seguidas as recomendações da nbr 12128/2017.

Primeiro, o gesso foi quebrado a partir do equipamento de soquete de ensaio com compactação e passado em peneira de 2,4 mm com o auxílio de um pincel. Logo após, foram pesados 8,068 Kg de gesso para produção da pasta. Foi utilizada a proporção de água/ gesso de 0,7 em massa pois seguindo Andrade, *et al*, (2014) é o valor característico utilizado em obras. Dessa forma, a quantidade de água utilizada foi 5,647 kg.

Em seguida, foi polvilhado a quantidade medida de gesso por cerca de 1 minuto em movimentos circulares. Após despejada a pasta, deixou-se em repouso por 2 minutos e depois misturada por 1 minuto a fim de deixar a pasta uniforme.

As Figuras 5 e 6 abaixo mostram o procedimento para obter a pasta de gesso.

Figura 5 – Quebra e amostra recolhida do gesso.



Fonte: Autora (2020).

Figura 6 – Peneiramento e produção da pasta.



Fonte: Autora (2020).

3.1.1 Revestimento das paredes

A operação de revestimento pode ocorrer de maneira manual ou mecânica. Neste trabalho, foi utilizada a aplicação manual, que é mais usual. A pasta foi aplicada com auxílio de uma desempenadeira de aço e espátula nos dois lados das alvenarias (uma de solo-cimento e outra de solo-cimento com argila expandida)

Com relação a espessura do revestimento da pasta de gesso, a NBR 13867 (1997) não determina a quantidade de camadas ou a sua espessura. Ela afirma que a camada de revestimento com pasta de gesso deve ter espessura uniforme e ser cuidadosamente espalhada onde pode ser aplicada várias camadas para adquirir um acabamento perfeito.

Para as paredes em questão, foram aplicadas duas camadas. As paredes revestidas estão apresentadas nas Figuras 7 e 8 a seguir.

Figura 7 – Alvenaria de BTC revestida com a pasta de gesso.



Fonte: Autora (2020).

Figura 8 - Alvenaria de BTC + A revestida com pasta de gesso.



Fonte: Autora (2020).

3.2 Tempo de Pega

Para a NBR 12128/2017, o tempo de pega pode ser descrito como: “tempo decorrido a partir do momento em que o gesso entra em contato com a água até o instante em que a agulha do aparelho de Vicat não toque mais no fundo da pasta”.

Para início de experimento, utilizou-se 500g do gesso e com a proporção de água/gesso = 0,4. Logo, a quantidade de água foi de 200 g. Para determinação do tempo de pega, a pasta foi despejada no molde no aparelho de Vicat e ajustada com o auxílio de uma espátula. O início de pega foi cronometrado a partir do momento em que o gesso reciclado entrou em contato com a agulha do aparelho. O fim de pega foi apontado a partir do momento em que a agulha não apresentava mais resquícios de pasta de gesso reciclado. Assim que começou o ensaio foram medidos a temperatura e umidade local, sendo 29.0° e 69% respectivamente.

O tempo de referência do ensaio foi às 10:20. As Figuras 9 e 10 a seguir apresentam o procedimento para determinação do tempo de pega.

Figura 9 – Medidas do gesso e de água.



Fonte: Autora (2020).

Figura 10 – Início e fim de pega.



Fonte: Autora (2020).

3.3 Granulometria

Para determinação das propriedades físicas do gesso na forma de pó, é importante identificar a sua granulometria. Para este procedimento, foram seguidas as recomendações da NBR 12127/1991. Dessa forma, foram separadas peneiras para ensaio com telas de tecido metálico (EB-22) nas seguintes medidas: 1.20, 0.6, 0.42, 0.3, 0.149 e 0.075 mm.

As peneiras foram colocadas em ordem crescentes no agitador de peneiras em cima de um fundo de peneira e com uma tampa no topo delas. Na máquina, foi colocado uma amostra de 100g sobre as mesmas e em seguida foram agitadas durante 10 minutos. Após esse período, foi medido a quantidade de amostra que ficou retida em cada peneira em uma balança digital com precisão de 0,1 g.

O procedimento é ilustrado nas Figuras 11 e 12 a seguir.

Figura 11 - Amostra de gesso.



Fonte: Autora (2020).

Figura 12 - Agitador de peneiras



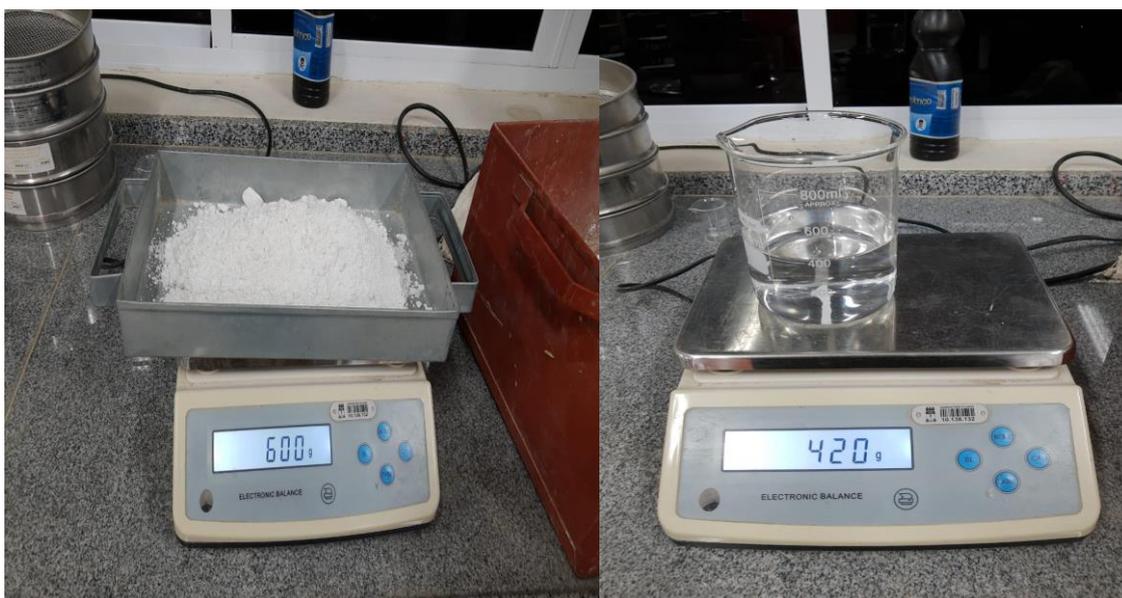
Fonte: Autora (2020).

3.4 Moldagem do corpo de prova

Para tal procedimento, foram seguidas as recomendações de Erbs *et al* (2015). Isto posto, para a produção da pasta de gesso foi empregada a mesma proporção utilizada para o revestimento das paredes de água/gesso = 0,7. Para a pasta de gesso, foram usadas 600 g de gesso e 420g de água para cada molde.

Para o seguinte trabalho, foram utilizados 2 moldes metálicos padronizados sendo possível moldar 6 corpos de prova com dimensões de 4 cm x 4 cm x 16 cm. Os moldes foram colocados na bancada e untados com óleo queimado para melhor retirada do corpo de prova e preenchidos com a pasta em camadas bem distribuídas, de modo a evitar o aprisionamento de ar. Foram aguardados 5 dias após a moldagem para que os corpos de prova sejam desmoldados e possa ser feito o ensaio de compressão. As Figuras 13 e 14 abaixo mostram o procedimento.

Figura 13 – Massas de gesso e de água.



Fonte: Autora (2020).

Figura 14 – Processo de lubrificação e moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2020).

3.5 Resistência à compressão

Para determinação das propriedades mecânicas, foi feito o ensaio de resistência à compressão seguindo recomendações da NBR 12129/2019. Após 5 dias de permanência do corpo dos 6 corpos de provas, eles foram divididos em 2 seções

(a e b) com dimensões de 4 x 4 cm em cada face com o auxílio de um esquadro. Em seguida, os pedaços foram posicionados na máquina, um de cada vez, entre duas placas de metais padronizadas para o equipamento.

O procedimento da resistência à compressão dos corpos de prova é mostrado nas Figuras 15 e 16 a seguir.

Figura 15 – Corpos de prova para ensaio à resistência de compressão.



Fonte: Autora (2020).

Figura 16 - Prensa CBR – Marshall.



Fonte: Autora (2020).

3.6 Desempenho térmico

Esse ensaio foi realizado com o objetivo de analisar a transferência de calor em diferentes alvenarias com revestimento de gesso reciclado. O ensaio foi realizado com o auxílio de um soprador térmico que emitia ondas de calor com temperatura constante para a alvenaria. O procedimento foi realizado primeiro na alvenaria de bloco solo-cimento e em seguida na de bloco solo-cimento com argila expandida.

O ensaio foi feito da seguinte maneira: Primeiro foi colocado o soprador em velocidade 2 a uma distância de 13 cm de cada alvenaria. Em seguida, a câmera térmica (TESTO 868) foi posicionada no outro lado da alvenaria durante 20 minutos, onde foi analisado a temperatura da mesma a cada 1 minuto com auxílio de um cronômetro.

Este procedimento foi realizado no laboratório de materiais com a sala fechada para que não houvesse a interferência do clima nos resultados do ensaio. As Figuras 17 e 18 abaixo demonstram o procedimento.

Figura 17 – Câmera térmica.



Fonte: Autora (2020).

Figura 18 - Soprador térmico.



Fonte: Autora (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tempo de pega

Com o auxílio do cronometro, foi possível obter o tempo de início e de fim de pega a partir do começo do ensaio sendo eles de 10:33 e 11:45, respectivamente. Os limites desses tempos estão indicados na Tabela 2, de acordo com a NBR 13207/1994.

Tabela 2 - Exigências físicas do gesso para construção civil.

Classificação do gesso	Tempo de pega (min) (NBR12128)		Módulo de finura
	Início	Fim	(NBR 12127)
Gesso fino para revestimento	> 10	> 45	< 1,10
Gesso grosso para revestimento	> 10	> 45	> 1,10
Gesso fino para fundição	4 - 10	20 - 45	< 1,10
Gesso grosso para fundição	4 - 10	20 - 45	> 1,10

Fonte: ABNT – NBR 13207, (1994).

Dessa forma, é possível compreender que os tempos satisfazem a tabela 2, pois o início de pega foi com 13 minutos e o fim com 85 minutos, onde ambos estão dentro do limite para o gesso fino para revestimento.

Para a mesma proporção de água/gesso = 0,4, mas com gesso convencional em vez de reciclado, Nogueira (2012) obteve 13 minutos para início de paga e 23 minutos para o final.

Isto posto, foi possível concluir que o tempo de pega para o gesso convencional é menor do que para o gesso reciclado isso por que de acordo com Bardella (2011), os gessos comerciais apresentam granulometria menor que os gessos reciclados, logo a taxa de hidratação aumenta com a diminuição do tamanho das partículas, pois há aumento na área específica da matéria.

4.2 Granulometria

Através do ensaio, foi possível determinar que a quantidade de material retido em cada peneira é diferente, e não estão igualmente distribuídos, como mostra a Tabela 3 a seguir.

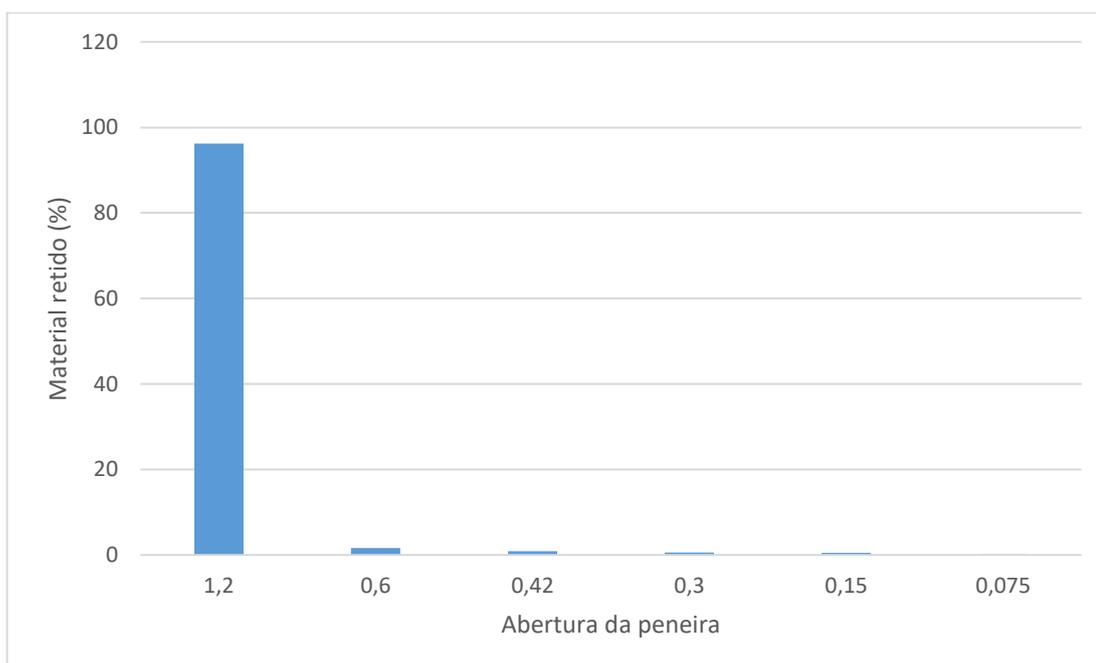
Tabela 3 - Limites granulométricos do gesso.

Abertura da peneira (mm)	Material retido (g)	Material retido (%)	Material acumulado (%)	Material passante (%)
1,2	96,262	96,262	96,262	3,738
0,6	1,65	1,65	97,912	2,088
0,42	0,8818	0,8818	98,7938	1,2062
0,3	0,5651	0,5651	99,3589	0,6411
0,15	0,5426	0,5426	99,9015	0,0985
0,075	0,0985	0,0985	100	0
Fundo	0	0	100	0
TOTAL	100	100%		

Fonte: Autora (2020).

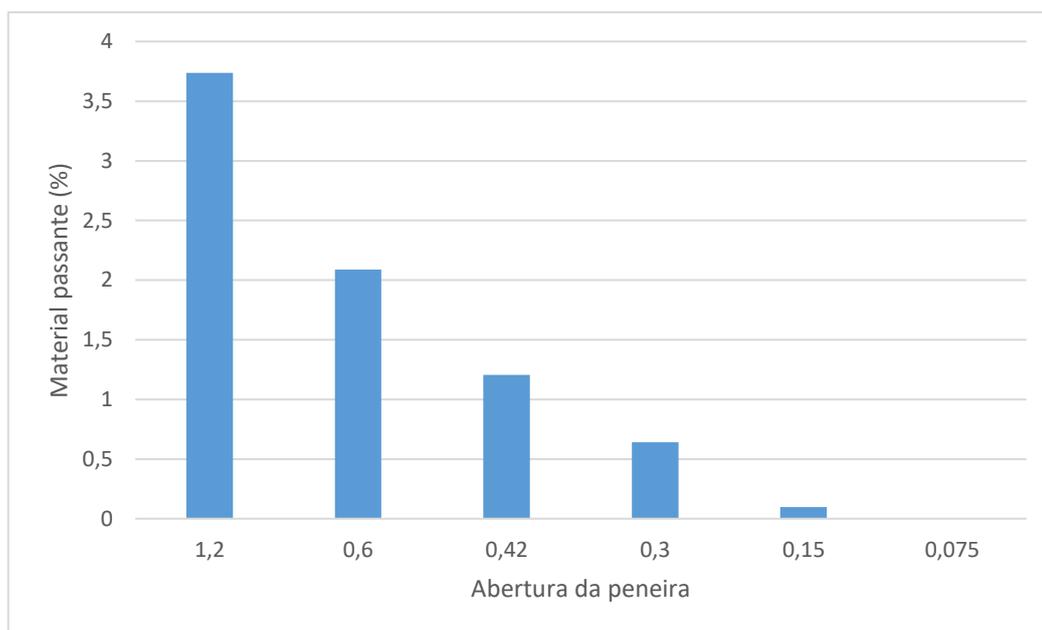
Os valores do material retido e do material passante foram representados graficamente a seguir:

Gráfico 1 – Relação de material retido por abertura da peneira.



Fonte: Autora, 2020.

Gráfico 2 – Relação de material passante por abertura da peneira.



Fonte: Autora, 2020.

Através dos gráficos 1 e 2, é possível visualizar melhor que a distribuição mesma se apresenta de forma descontínua, isto é, com quantidade de gesso está retido predominantemente na peneira de 1.2 mm.

4.2.1 Módulo de finura

Através da análise granulométrica, foi possível determinar o módulo de finura pelas considerações da NBR 12127/1991, através do somatório do percentual retido acumulado em cada peneira, dado pela seguinte equação:

$$MF = \frac{\Sigma R_a}{100}$$

Onde:

MF = Módulo de finura;

ΣR_a = Somatório do percentual retido acumulado em cada peneira da série-padrão.

Dessa forma:

$$MF = \frac{96,262 + 1,65 + 0,8818 + 0,5651 + 0,5426 + 0,0985}{100}$$

$$MF = \frac{100}{100}$$

$$MF = 1$$

Através do resultado anterior e da tabela 2, foi possível classificar esse gesso reciclado. Como o modulo de finura deu inferior a 1,10, ele foi classificado como gesso fino para revestimento, o que possibilita ser usado para tal proposito.

4.3 Resistência à compressão

Como o gesso retraiu, suas dimensões foram medidas novamente. As seções (a e b) dos 6 corpos de prova de gesso reciclado foram rompidos na Prensa CBR – Marshall. Os valores de resistência à compressão obtidos estão representados na Tabela 4.

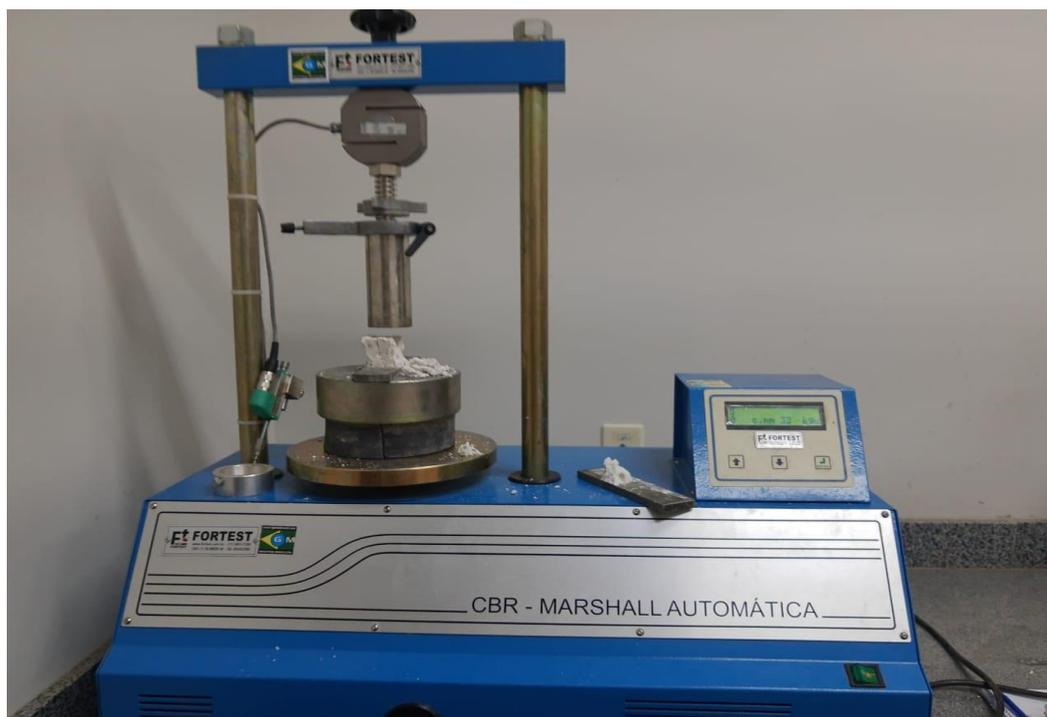
Tabela 4 – Resistência à compressão.

Corpo de prova	Face do trabalho				Resistência à compressão			
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kN)		Média das cargas (kN)	Tensão (Mpa)
					a	b		
1	15,2	3,8	3,8	14,44	24	28	26	18,00
2	15,4	3,8	3,7	14,06	20	25	22,5	16,00
3	15,8	3,8	3,8	14,44	38	32	35	24,24
4	15,4	3,7	3,9	14,43	32	43	37,5	25,98
5	15,6	3,6	3,7	13,32	32	24	28	21,02
6	15,5	3,8	3,7	14,06	21	37	29	20,62

Fonte: Autora, 2020.

A Figura 19 ilustra o rompimento da seção a do corpo de prova 4.

Figura 19 – Rompimento da seção.



Fonte: Autora, 2020.

A partir dos resultados da tabela anterior juntamente com a NBR 13207/1994, foi constatado que os limites de compressão estão dentro da norma.

Tabela 5 - Exigências físicas e mecânicas do gesso para construção civil.

Determinações físicas e mecânicas	Unidade	Limites
Resistência à compressão (NBR 12129)	MPa	> 8,40
Dureza (NBR 12129)	N/mm ²	> 30,00
Massa unitária (NBR 12127)	Kg/m ³	> 700,00

Fonte: Fonte: ABNT – NBR 13207, (1994).

Assim, pode ser entendido que para o ensaio à compressão, o gesso apresentou resultado satisfatório.

4.4 Desempenho térmico

Para cada alvenaria com gesso reciclado, foram determinadas a sua temperatura a cada 1 minuto pelo período de 20 minutos. A Tabela 6 evidencia esse desempenho térmico.

Tabela 6 – Desempenho térmico nas alvenarias com revestimento de gesso reciclado.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)	
	Alvenaria de bloco solo-cimento revestida com gesso reciclado	Alvenaria de bloco solo-cimento com argila expandida com revestimento de gesso reciclado
1	29,9	29,6
2	30,1	29,7
3	30,3	29,7
4	30,5	28
5	30,7	30
6	30,9	30
7	31	30,1
8	31,2	30,3
9	31,6	30,4
10	31,8	30,4
11	32	30,5
12	32,1	30,5
13	32,4	30,6
14	32,7	30,8
15	32,9	30,9
16	33	30,9
17	33,1	31
18	33,2	31,1
19	33,4	31,3
20	33,8	31,4

Fonte: Autora, 2020.

Com os dados da tabela 6 foi possível identificar que em ambas as alvenarias, o aumento da temperatura com o passar do tempo foi pequeno.

O desempenho térmico das alvenarias sem esse revestimento foi também determinado e exposto na Tabela 7 abaixo. A mesma mostra que a temperatura das alvenarias sem o revestimento de gesso aumentou quase o dobro.

Tabela 7 - Desempenho Térmico nas alvenarias sem o revestimento.

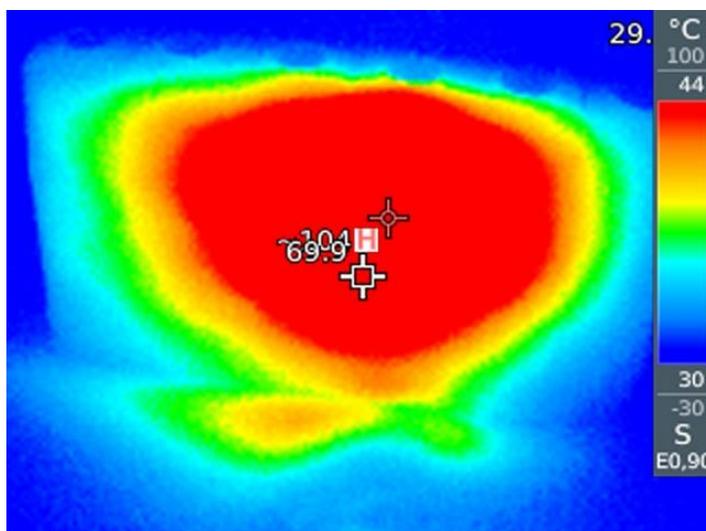
Tempo (minutos)	Temperatura (°C)	
	Alvenaria de bloco solo-cimento	Alvenaria de bloco solo-cimento com argila expandida
1	27,3	25,3
2	27,5	25,4
3	27,6	25,5
4	27,6	25,6
5	27,6	25,8
6	27,4	26
7	28,4	26,2
8	28,4	26,3
9	29,7	26,3
10	29,7	26,5
11	30,8	26,8
12	30,9	26,9
13	31,2	27,2
14	32	27,3
15	32,2	28
16	32,5	28,1
17	32,5	28,2
18	33	28,5
19	34	28,7
20	34,5	29,5

Fonte: Romão (Adaptado) e Autora.

Vale salientar que mesmo a argila possuindo características como bom isolamento térmico, o que foi analisado nesse trabalho foi a desempenho térmico do gesso. Dessa forma, a partir das Tabelas 6 e 7, foi possível identificar que a temperatura das alvenarias de bloco solo - cimento e bloco solo-cimento com argila expandida revestidas com o gesso reciclado, teve um aumento de 3,9 °C e 1,6°C respectivamente. Já as alvenarias de bloco solo- cimento e bloco solo-cimento com argila expandida obtiveram um aumento de 7,2 °C e 4,2 °C. Assim, foi possível concluir que mesmo com a argila expandida apresentada em uma das alvenarias, os revestimentos de ambas as alvenarias diminuíram a sua temperatura em cerca de 54,16 % e 38,10 %, isso porque o gesso reciclado funciona com um bom desempenho térmico.

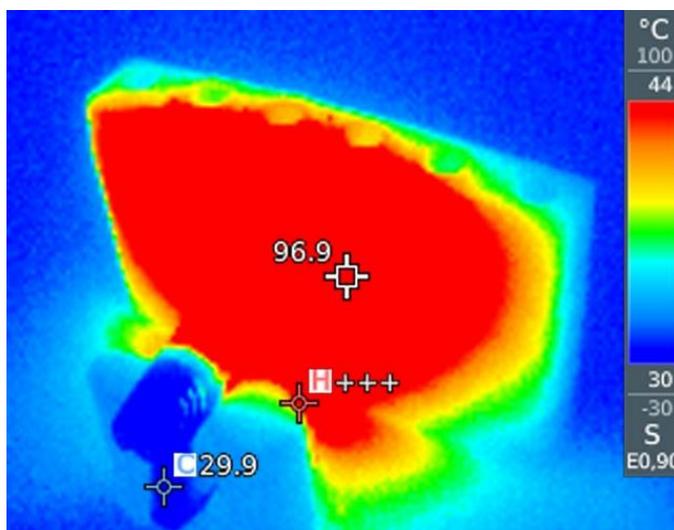
As Figuras 20 e 21 representam o resultado final do desempenho térmico das alvenarias revestidas com o gesso reciclado.

Figura 20 – Imagem da câmera térmica na alvenaria de BTC revestida com o gesso.



Fonte: Autora (2020).

Figura 21 - Imagem da câmera térmica da alvenaria de BTC + A revestida com gesso.



Fonte: Autora (2020).

As Figuras anteriores 20 e 21 identificam a intensidade da temperatura nas alvenarias através das cores. Quanto mais próximo do vermelho for a imagem, mais quente ela está e quanto mais próximo do azul, mais fria está a temperatura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

A partir desse trabalho, foi possível compreender melhor as propriedades do gesso como material de construção, sendo o Brasil responsável por possuir diversas reservas de gipsita. Esse trabalho buscou analisar a viabilidade da utilização do gesso reciclado como revestimento cerâmico, com a finalidade de reduzir o desperdício do gesso, contribuindo com menores impactos ao meio ambiente.

Com o processo de produção da pasta de gesso reciclado, foi possível fazer alguns ensaios e analisar a sua viabilidade para tal finalidade. Através do ensaio de granulometria feito no laboratório, o gesso reciclado foi classificado de acordo com a NBR 13207/1994 como fino para revestimento.

Uma das características principais para análise do gesso está relacionada ao tempo de pega, em virtude que, esta é responsável por assegurar uma boa trabalhabilidade deste material. Desta forma, a determinação do tempo de pega por meio do aparelho de Vicat determinou que para o gesso reciclado o tempo de fim de pega foi superior que para o gesso comercial encontrado na literatura. Dessa forma, o gesso reciclado analisado terá boa trabalhabilidade se aplicado como revestimento.

A resistência à compressão analisada dos 6 corpos de prova do gesso reciclado, avaliou os esforços de compressão axial dos mesmos, o qual atendeu aos limites da NBR 13207/1994. Com relação ao desempenho térmico, ao ser comparada as alvenarias com e sem o revestimento da pasta de gesso foi possível concluir que as alvenarias revestidas com a pasta obtiveram melhor desempenho térmico, isso por que uma das propriedades do gesso é a de bom isolamento térmico.

Dessa forma, fica evidente que o emprego da reciclagem do gesso na construção proporciona diversos benefícios ao meio ambiente. Conseqüentemente, devem ser incentivadas pesquisas de modo a viabilizar a sua reciclagem, pois é um material que pode ser reutilizado tanto para revestimento como em outras funções no próprio setor produtivo da construção civil.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Utilizar a metodologia aplicada em pastas de gesso a base de cimento;
- Analisar as propriedades dos corpos de prova com a adição de algum aditivo;
- Execução de ensaios com diferentes proporções de a/g;
- Implementar as pastas em escalas maiores para verificar o tempo de consistência;
- Elaborar ensaios de dureza;
- Fazer análises químicas do gesso.

REFERÊNCIAS

ALVES, Daniela de Carvalho. **Reciclagem e reutilização do gesso descartado na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2007;

A. C. de Andrade; J. G. G. Sousa; M. O. Almeida; A. F. Nascimento; B. A. Sampaio; S. M. M. Pinheiro. **Avaliação da resistência à compressão de pastas de gesso, para revestimento, com a incorporação de resíduo de gesso**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Cuiabá, Mt, 2014.

AGOPYAN, V.; et al; **Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras**. Coletânea Habitare, Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional, v. 2, 1998.

AGUIAR, G. **Estudo de argamassas produzidas com agregados reciclados contaminados por gesso de construção**. 2004. 282 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

Apolinário, Giovani Mateus. **Reutilização do Resíduo de Gesso na Construção Civil**. Trabalho de conclusão de curso em engenharia Civil – Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul. Ijuí, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL: Resíduos do gesso na construção civil. 2009. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. Mercado do Drywall no Brasil. São Paulo: Drywall, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**: gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128**: Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127**: Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129**: gesso para construção – determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas -Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13867**: Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso - Materiais, preparo, aplicação e acabamento. Rio de Janeiro, 1997.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. de F.; BORGES, L.E.P.. **Variedades mineralógicas e processos utilizados na produção dos diferentes tipos de gesso**. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2004, Florianópolis. XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais... 2004. v. 01. p. 769-776.

BARDELLA, P. S. **Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado**. 2011. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.

BAUER, C. **Gypsum Recycling in PlaNYC 2030: Spaces for Government Intervention**. 2012. 72 f. Tese. Faculty of Architecture & Planning Columbia University, 2012.

BRASIL (2005). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE**. Pesquisa nacional de saneamento básico. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

BRASIL. **Resolução CONAMA 307**. Brasília, Ministério do meio ambiente, 2002.

Brasil. **Resolução CONAMA 431**. Brasília, Ministério do meio ambiente, 2011.

BRITISH STANDARD EUROPEAN NORM. **BS EN 13279-1**: Gypsum binders and gypsum plasters. Definitions and requirements. Bruxelas. 2008.

CARTAXO, G.A.A. **Análise do gerenciamento de resíduos de gesso no município de Salvador – BA**. in: xxxiii encontro nacional de engenharia de produção. Salvador, 2013.

CUNHA, T. A. **Viabilidade da projeção de gesso na construção civil estudo de caso: edifício d'ouro tambaú residence club**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil – Universidade estadual da Paraíba, Araruna, 2015.

ERBS, A. et al. Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente de chapas de gesso acartonado. **Cerâmica**, São Paulo , v. 61, n. 360, p. 482-487, dez. 2015 .

FERNANDES, J.C.B, BELTRAME.L.V. **Revestimentos de argamassa convencional e de gesso reciclado projetado: um estudo comparativo**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

FERREIRA, F.C. **Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no polo gesseiro do Araripe**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2017.

GMOUH A., EVE S., SAMDI A., MOUSSA R., HAMEL J., GOMINA M. **Changes in plaster microstructure by pre-stressing or by adding gypsum grains: microstructural and mechanical investigations**. Materials Science & Engineering A, 2002.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de livre docência, São Paulo - SP, 2000. 102 p.

JOHN, V. M.; C, M. A. **Gesso de Construção Civil**. In: ISAIA, G. C. Materiais de Construção Civil. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 22.2, p. 727-760.

JUNIOR, A.M.R. **Otimização das condições experimentais na desidratação da gipsita para obtenção de um gesso beta reciclável**. 2008. p 66. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2008.

MELO, F.H.F.A. **Caracterização e estudo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em um consórcio municipal do estado de Pernambuco**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2015.

METALLURGY, B.; YEARBOOK, S. **Anuário estatístico do setor metalúrgico**. 2017.

Munhoz, Costa Mariana. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa**. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) - Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2008.

NOGUEIRA, J.C.A. **Melhoria das Propriedades do gesso com aditivo sintético e com látex de euphorbia tirucalli e de hevea brasiliensis para uso na construção de habitações de interesse social**. 2012. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SILVA, K. L. Estudo da utilização do gesso reciclado na construção civil. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Civil) – Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco

SILVA, F.B. Revestimento de Gesso Projetado: Método de Revestimento com Gesso Aditivado para Aplicação sobre Alvenaria. Revista Techné, edição 179, dez. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/178/artigo287911-1.aspx>>.

SJOSTROM, E. Service life of the building. In: **Application of the performance concept in building**. CIB: Tel Aviv, 1996, v.2.

STEUER, Isabela Regina Wanderley, et al. **Aplicabilidade do gesso na construção civil: um estudo de caso sobre drywall no perfil forros e divisórias**. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Recife: UFRPE, 09 a 13 de dezembro de 2013.