

ESTUDO SOBRE PROPRIEDADES DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Helenice Almeida Moreira Turial¹, Edson Pires Junior¹, Tainara Trindade Cravo¹, Lucas Fernandes da Silva Goltara²

- 1- Acadêmicos do curso de Engenharia Civil
- 2- Engenheiro Civil – Professor Multivix - São Mateus

RESUMO

Uma boa administração do canteiro de obras não tem como objetivo único o cumprimento da legislação e a gestão ambiental. Agrega qualidade e produtividade, contribuindo para a números menores de acidentes de trabalho, além de reduzir os custos da produção dos empreendimentos e com locais para destinação dos resíduos de construção e demolição (RCD). O grande bônus para o meio ambiente é a menor produção de RCD e, conseqüentemente, o menor uso dos recursos naturais. Uma problemática da geração de resíduos de gesso é o descarte de seus despojos em bota-foras e aterros irregulares, com um controle desordenado do volume e sem nenhuma estimativa. O descarte dos resíduos de PGA's (Placas de gesso acartonado) em aterros sanitários comuns resulta na toxidade do solo e a dissolução dos seus componentes pode deixá-lo inflamável e inapropriado. O presente trabalho mediante um estudo bibliográfico comparativo dos resultados de artigos científicos experimentais, buscou estudar sobre as propriedades físicas e mecânicas do resíduo de PGA provenientes da Construção Civil (CC). A verificação dos resultados demonstrou a viabilidade da reciclagem, pois após comparação, as propriedades atendem aos padrões regulamentadores da ABNT.

Palavras-chave: Gesso, Propriedades, Resíduos.

ABSTRACT

A good administration of the construction site does not have the sole objective of complying with legislation and environmental management. It adds quality and productivity, contributing to a lower number of accidents at work, in addition to reducing the production costs of the enterprises and with places for the destination of construction and demolition waste (RCD). The big bonus for the environment is less RCD production and, consequently, less use of natural resources. A problem with the generation of gypsum waste is the disposal of its remains in dumps and irregular landfills, with a disorderly control of the volume and without any estimate. The disposal of PGA's (plasterboard) waste in common landfills results in soil toxicity and the dissolution of its components can make it flammable and inappropriate. The present work, through a comparative bibliographic study of the results of experimental scientific articles, sought to study the physical and mechanical properties of the PGA residue from Civil Construction (CC). The verification of the results demonstrated the viability of recycling, because after comparison, the properties meet the regulatory standards of ABNT.

Keywords: Plaster, Properties, Waste.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil passa por graves problemas envolvendo a destruição da natureza. O motivo desta apreensão são os danos provocados principalmente pela ação do próprio homem, o que já vem ocorrendo há um bom tempo.

Segundo John (2000), a humanidade carrega um histórico de confundir a visão de progresso com a extração exacerbada dos recursos naturais, que eram vistos como ilimitados. Resíduos gerados durante a produção, ou até mesmo quando não tinham mais utilidade, eram descartados de qualquer maneira e a céu aberto, caracterizando um modelo linear de produção. Com a poluição aumentando, surgiram legislações rígidas limitando a emissão de gases contaminantes, e foram criados os chamados de agentes ambientais. Desde então, o pensamento sustentável tem se tornado mais presente na sociedade.

O grande avanço do Brasil na economia, aumentou a demanda por serviços no setor de construção, e conseqüentemente o acentuado despejo de resíduos na natureza. Com o passar do tempo, os profissionais da CC, começaram a buscar a otimização da duração de uma obra e alinhar seus serviços com o intuito de evitar ao máximo, possíveis agressões ao meio ambiente.

Na visão de Fraga (2013), o gesso está inserido na indústria da CC a muito tempo atrás, e vem sendo frequentemente utilizado em suas variadas formas, logo, geram enormes quantidades de resíduos. Segundo Pinheiro (2011), os resíduos de gesso se ramificam em diversas fases e se apresentam ao longo de toda produção, do início da extração do material até sua fabricação e utilização, se apresentando na etapa construtiva, no canteiro de obra até a sua finalização e posteriormente, considerando o tempo de vida útil de uma construção na sua demolição, seu descarte inadequado pode contaminar o solo e o lençol freático. Levando em consideração que os despojos de gesso, mais precisamente das placas de gesso acartonado, são despejados em grande quantidade nos locais inapropriados, causando um enorme problema ambiental,

a reciclagem do material além ocasionar na redução de passivos em aterros, acarretará um menor consumo da matéria prima.

Posto isso, o presente projeto apresenta um estudo acerca da viabilidade do reuso dos resíduos de PGA provenientes da CC, analisando se as propriedades do material reciclado atendem às normativas.

Esta pesquisa comparou os requisitos físicos e mecânicos do gesso, correlacionando o que descrevem as normas delimitadoras de tais parâmetros em relação a experimentos feitos em resíduos de PGA reaproveitados da construção civil.

Por limitações decorrentes do tempo e de não serem estudos restritos somente a engenharia civil, foi inviável o comparativo de natureza química como a água livre, água de cristalização, óxido de cálcio e anidrido sulfúrico, relacionados ao gesso, que constam em normas e feitos pelos autores estudados neste artigo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ORIGEM DO GESSO

A utilização do gesso na área da Construção Civil remonta uma história de aproximadamente 8000 a.C., onde se usava em sua forma mais crua de pedra natural na Anatólia (Turquia moderna) e na Síria. O seu desenvolvimento começou em construções e decorações na Babilônia, Mesopotâmia e Assíria (RIBEIRO, 2006 apud APOLINÁRIO, 2015, p.16).

Os estudos apontam que o gesso já era muito utilizado pelos antigos egípcios na fabricação de blocos, a matéria prima era esmagada e misturada à água. Essas metodologias foram utilizadas na construção de tumbas e grandes pirâmides, como a de Quéops. (RIBEIRO, 2006)

Entre os séculos III e IV foram citadas gesseiras na Ásia antiga na obra “Tratado sobre a Pedra” do filósofo Theophraste, onde indicava que já se usava o gesso como aglomerante nas esculturas. (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008)

Na alta idade média com a técnica de pintura afresco, o gesso foi muito utilizado como decoração pela igreja católica. (SILVA, 2010) Um documento de 1292, já citava a exploração de gesso na capital da França: ele era utilizado com matéria-prima de argamassas, obras de chaminés e acabamento de recintos (MUNHOZ, 2008).

A partir dos anos 1700 da era moderna houve uma popularização da utilização do gesso na Europa para correção de solos (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008). Nessa mesma época todos os prédios franceses eram feitos com madeira e assentados com gesso, material este que era um dos principais utilizados nas construções novas e reformas (MUNHOZ, 2008).

A tecnologia melhorada devido a evolução industrial tornará a geração de gesso menos rudimentar desde o início do século passado (SILVA, 2010).

Hoje em dia o gesso é um produto de vanguarda e embora seu uso tenha se generalizado na indústria da construção civil, ainda há muito espaço para crescimento e descobertas para seu uso no mercado, com os benefícios ecológicos... (RIBEIRO, 2006, p.9).

A gipsita é o sulfato de cálcio hidratado cujo a fórmula química é $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, um mineral encontrado na superfície terrestre, sendo encontrada na composição mineralógica de um tipo particular de rocha sedimentar, o gipso. Em virtude do minério de gipsita originar-se por evaporação de sua fase líquida em bacias sedimentares, como a bacia exibida na figura 01, a rocha também é particularmente conhecida como evaporito (JONN; CINCOTTO, 2007).

Figura 01 – Bacia sedimentar de mineração de gipso



Fonte: CAMAROTTO, 2011, apud CAETANO; COSTA, 2017

A produção através do mineral gipso é dividida em três etapas: Primeiro é extraída a matéria-prima, o segundo passo é a moagem ou britagem e por último é feita a calcinação originando o gesso comercial. (MUNHOZ; RENOFIO, 2007). A calcinação é o processo endotérmico onde são retirados da gipsita a água, gás carbônico e outros gases (CAMPOS et al., 2018).

Posterior a calcinação do mineral, segundo Bauer (2000), formam-se os seguintes sulfatos: em temperaturas de 100° a 180°, dois semi-hidratos, alfa e beta que são os dois tipos de gesso usuais; temperaturas de 100° a 300°, dois sulfatos-anidros solúveis, que derivam dos semi-hidratos e acima de 300°, sulfato-anidro insolúvel.

A gipsita calcinada sob pressão baixa e a seco originará o semi-hidrato beta e caso seja feita com vapor de água obterá-se o alfa. O beta é predominante na construção civil brasileira, devido ao custo menor de ser produzido, já o alfa é mais utilizado como gesso hospitalar por ter tempo menor de pega e resistência mecânica maior. (CINCOTTO et al., 1988 apud RIBEIRO, 2006)

“O sulfato-anidro insolúvel não é suscetível a reidratação rápida, sendo praticamente inerte, e, por esse motivo, participa do conjunto como material de enchimento, como a areia na argamassa.” (BAUER, 2000, p. 26)

A bacia do Araripe (PE) é a maior jazida do país onde 95% da gipsita do Brasil é extraída. Existe uma jazida na bacia de Camamu (BA) estimada em ser maior até três vezes que a de Araripe e com produção para até 200 anos. Há a previsão de operarem em Camamu em 2020, com investimentos na ordem dos R\$ 20 milhões e transporte de seis caminhões a cada hora no pico da produção (JORNAL VALENÇA AGORA, acesso em 04 de abr. 2020).

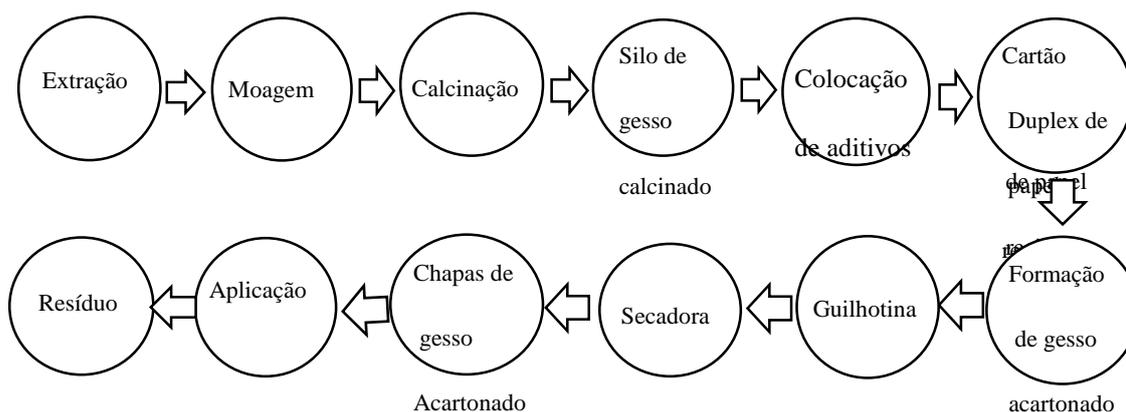
2.2 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO GESSO ACARTONADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As PGA's foram desenvolvidas nos Estados Unidos, no século XIX, por Augustine Sackett. Inicialmente as placas eram de espessuras finas e seus moldes de fabricação eram rasos, e produzidos um após o outro, e era aplicado como base de acabamento (HARDIE, 1995 apud NUNES, 2015).

No Brasil teve início já no século XX, por volta da década de 1970, quando surgiu a primeira fábrica no Brasil para produção de PGA a Gypsum, localizada em uma cidade Pernambucana chamada Petrolina. Simultaneamente, representantes do setor da CC começaram a se esforçar para inserir métodos e meios racionalizados de se construir através de sistemas pré-fabricados (MITIDIERI, 2009).

O gesso é basicamente produzido, conforme figura 02:

Figura 02 – Fluxograma de fabricação de PGA



Fonte: adaptado de Silva (2000).

Para Ribeiro et al. (2013), PGA é um material obtido basicamente pela prensagem de gesso e papel reciclado, sendo produzidas industrialmente placas que vêm sendo utilizadas como paredes, para revestimentos e forros, proporcionando a engenharia civil uma nova possibilidade construtiva.

O gesso acartonado ou drywall são chapas constituídas de gesso comprimido entre folhas de papel cartão. Possuem largura de 1,2m e comprimento que varia entre 1,8m a 3m. São 3 tipos principais de drywall: ST, de uso geral; RU, para ambientes úmidos e RF que são as resistentes ao fogo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL, 2012).

Através dos desenvolvimentos progressivos, a indústria da CC tem buscado alternativas apropriadas como opção ao sistema convencional de alvenaria que já é considerado ultrapassado por muitas empresas do ramo. Uma alternativa é a aplicabilidade do modo de construção a seco, que se dá com o uso de PGA, principalmente como componentes de forros e vedações verticais e conforme mostram as figuras 03 (NUNES, 2015).

Figura 03 – Instalação de forro e vedações verticais de PGA



Fonte: o autor

As construções com o emprego de PGA vem se destacando no ramo da CC, tornando o ramo imobiliário mais exigente, e aos poucos as construções em alvenaria vem perdendo espaço nas áreas internas das edificações, por não utilizar água e nem mesmo o cimento, ou seja, uma obra seca e limpa (FERREIRA; VISENTIM; PINTO, 2016).

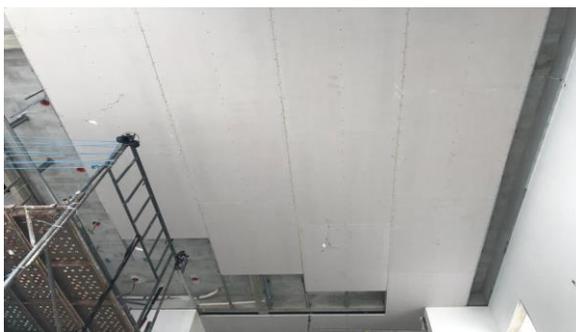
PGA é vantajoso devido ao seu tipo de construção racionalizada, que demanda a execução apenas uma vez, o construtor terá menos retrabalho ou esperas, atende o cliente com facilidade, eleva o nível de limpeza na construção como nas figuras 04 e 05, visto que a aplicação de um pré-moldado se comparado ao método tradicional de chapisco, emboço e reboco, por conseguinte o emassamento produz muito mais resíduos e poluição visual na obra. A rentabilidade financeira não é o único proveito para quem opta por tais meios construtivos, há resultados físicos que trazem economias indiretas as quais influenciam no custo global da obra (JUNIOR, 2008).

Figura 04 –Armação para colocação de PGA



Fonte: o autor

Figura 05 – Instalação de PGA



Fonte: o autor

2.3 A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE GESSO ACARTONADO

O gesso está entre os materiais mais utilizados no mercado mundial da construção por ter alta capacidade em resistência, elevada durabilidade, pequeno custo e isolamento térmico e acústico (CAETANO; COSTA, 2017). É descartado em grande quantidade na construção civil, sendo atualmente uma das grandes preocupações dos ambientalistas (SANTOS et al., 2018).

Savi (2012), descreve que o gesso, quando hidratado e utilizado na fabricação de placas, molduras e estátuas, retoma as características da rocha que o originou. Assim a reciclagem pode ser feita da mesma maneira que se produz o gesso natural, que consiste na moagem, calcinação e pulverização. A reciclagem do gesso, além de reduzir o passivo ambiental e promover a sustentabilidade do segmento, pode ajudar no desenvolvimento de uma nova atividade econômica e produzir ganhos sociais ao processo.

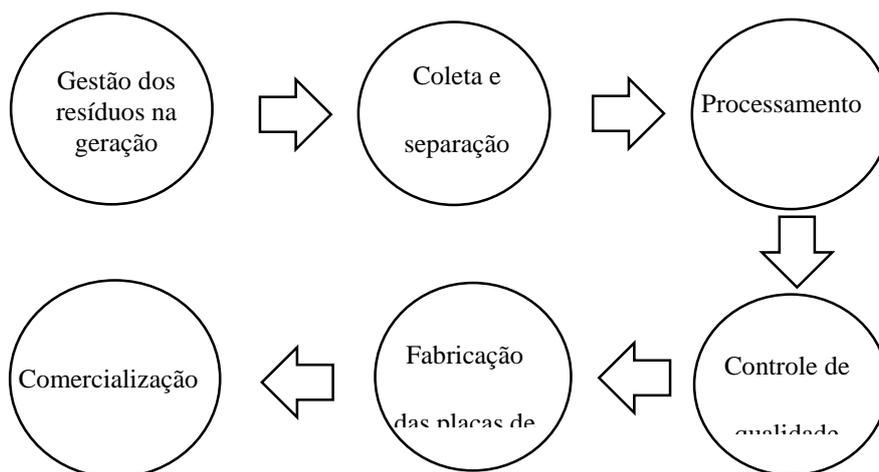
Há diferentes formas de aplicar os resíduos de gesso. São utilizados na área de CC como fabricação de pré-moldados de gesso, na agricultura para controle do pH do solo, controle de odores em estábulos, secagem de lodo de esgoto e na indústria de produção do gesso, reprocessando os resíduos dos produtos pré-moldados (MUNHOZ, 2008 apud APOLINARIO, 2015, p. 27).

Os resíduos oriundos pela CC e demolição representam uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos, estima-se que 4% de entulhos provindos da CC são de produtos de gesso (APOLINÁRIO, 2015).

Apolinario (2015), enfatiza que a reciclagem do gesso é imprescindível para o desenvolvimento sustentável. Contudo, para que este processo seja viável é importante que tal procedimento consuma um mínimo de energia, entretanto, se o material obtido apresentar propriedades equiparáveis ao industrial, então o material reciclado poderá ser utilizado. Ainda afirma ser provável produzir um material equiparável ao gesso industrializado, ao verificar a possível reutilização, para a produção de argamassas de gesso, do resíduo.

Conhecendo-se a composição dos resíduos de gesso e fazendo um controle do descarte dos mesmos, torna-se possível sua reciclagem através da reinserção de PGA no processo de produção conforme ilustrado na figura 06. (MARCONDES, 2007).

Figura 06 – Processo de reciclagem e fabricação com a utilização de resíduos de PGA



Fonte: Adaptado de MUNHOZ & RENÓFIO (2006).

Do ponto de vista de Vasques et al. (2019), os resíduos quando despejados de forma inadequada, deixam a natureza exposta a riscos de contaminação. Posto isso, uma das maneiras mais eficientes de evitar problemas ambientais é a reciclagem do resíduo. Restos de placas lisas de gesso para gesso acartonado e forro podem ser usados no processo de reciclagem, no entanto, serão necessárias mais pesquisas para a confirmação de que suas propriedades realmente estão de acordo com a ABNT.

Devido ao grande crescimento da CC e com o a chegada de novas tecnologias de construção, passou-se a considerar os resíduos como materiais

renováveis, o que tem sido de extrema importância para o mercado e na persistência do mesmo em soluções sustentáveis, com responsabilidades voltadas a preservação ambiental, buscam-se novas tecnologias objetivando o reaproveitamento do resíduo para que se diminua a extração excessiva da matéria prima (BETSUYAKU; JUNIOR; VALADÃO, 2015).

Os resíduos podem ser apresentados no estado sólido, conforme figura 07 e semi-sólido. Estes materiais são resultantes de atividades exercidas pelo homem, podem ter origem industrial, comercial, doméstica, agrícola etc. Os lodos que inclusive, não deveriam estar acumulados no esgoto de redes públicas ou em escopos de água também são resíduos (NBR 10004 - ABNT, 2004).

Figura 07 – Resíduo de PGA



Fonte: VASQUES (2019).

No Brasil foi estabelecida, em 2002, a resolução 307 do CONAMA, a qual regulamentou a disposição final dos RCD de gesso, especificados como resíduos da classe “C”, sem reciclagem e com necessidade de tratamentos especiais (CONAMA, 2002). Essa consideração foi revista em 2011 por meio da Resolução 431 do CONAMA (BRASIL, 2011), os resíduos de gesso foram inseridos na classe “B”, e passaram a ser considerados resíduos recicláveis. A tabela 1 apresenta dados sobre o volume de RCD de gesso em algumas cidades brasileiras.

Tabela 1: Volume de resíduos de gesso gerados durante as atividades de construção e demolição no Brasil.

Localidade	Atividade	Resíduo gerado	Fonte
Londrina - PR	construção	15%	Levy e Helene (1997, <i>apud</i> NETO,2005)
Campina Grande - PB	construção	15%	Nóbrega (2002)
São Carlos - SP	construção/ demolição	1%	Neto (2005)
Petrolina - PE	construção/ demolição	3%	Pinheiro, Pereira Junior e Camarini (2009)
Recife - PE	construção/ demolição	4%	Ribeiro (2006)
Campinas - SP	construção	28%	Camarini, Pimentel e Sá (2011)

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Para realização desse trabalho foi utilizada uma metodologia bibliográfica, que vai contribuir para a sustentação teórica do mesmo, buscando o desenvolvimento da pesquisa com uma gama de fundamentação significativa.

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, envolve toda bibliografia em relação ao tema de estudo já publicada. Corresponde a vários tipos de publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, até meios de comunicação orais, entre outros. Sua finalidade é que o pesquisador tenha acesso a todo material já escrito a respeito do assunto pesquisado, ela propicia o exame de um tema sobre um novo olhar, possibilitando novas conclusões (MARCONI; LAKATOS 2008).

A técnica usada para a coleta de dados foi através de pesquisas bibliográficas, onde obtivemos diversas informações e relatos de autores que abordam o assunto.

Para coleta de dados foram utilizadas fontes de pesquisas em sites devidamente confiáveis, artigos científicos, com a finalidade de dar continuidade para conclusão do trabalho e agregação de conhecimento.

Após feita toda seleção e análise dos dados coletados, estes foram submetidos a uma nova etapa de verificação mais crítica e pontual,

apresentados e averiguados tirando a melhor interpretação para uma finalização concisa e coesa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usou-se como referência o comparativo entre artigos científicos experimentais com abordagem nas propriedades físicas e mecânicas do gesso acartonado comercial em relação ao reciclado, respondendo a abordagem proposta se é possível atender as propriedades das NBR 12.129 (ABNT, 2017b), NBR 12.127 (ABNT, 1991), NBR 12128 (ABNT, 2017a) e NBR 13207 (ABNT, 2017c), para os PGAs reciclados.

De todos os parâmetros descritos nas referidas normas foram evidenciados para comparativo a resistência à compressão, dureza superficial, massa unitária e tempo de pega. Como base para fundamentação deste trabalho foram utilizados os resultados dos artigos “Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes”. (PINHEIRO, 2011); “Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente das chapas de gesso acartonado”. (ERBS, 2015) e “Análise das propriedades físicas e mecânicas de gesso reciclado a partir de resíduos da construção civil”. (VASQUES et al, 2019), denominados respectivamente de pesquisas A, B e C.

Como etapa preliminar, foram realizadas análises dos resultados obtidos nos artigos selecionados. Foi possível comparar através dos experimentos realizados pelos autores o comportamento do gesso comercial e reciclado nos estados pó, pasta fresca e no estado endurecido.

Em relação ao estado pó foi constatada a massa unitária através do ensaio granulométrico, para pasta fresca obteve-se o tempo de pega por instrumento de Vicat e no estado endurecido foram encontradas a resistência a compressão e dureza superficial por intermédio da prensa hidráulica e do procedimento de mini slump, respectivamente.

De acordo com tabelas da pesquisa A, as propriedades físicas e mecânicas no estado endurecido do gesso reciclado apresentaram-se compatíveis com as do comercial. Foi constatada alterações no seu estado

fresco como: redução da trabalhabilidade/fluidez; redução no tempo de pega, relacionadas possivelmente com a diminuição da massa unitária e alterações em sua distribuição granulométrica do material em pó, não indentificada na avaliação utilizada neste estudo, quando se trata do gesso reciclado (GR) (PINHEIRO, 2011).

O comportamento da pasta endurecida reciclada apresentou redução na permeabilidade ao ar e redução dos vazios revelada na observação microscópica eletrônica de varredura, a qual acarretou na constância/aumento das resistências mecânicas das pastas de gesso reciclado em relação às pastas de gesso comercial, como da dureza superficial e resistência à compressão (PINHEIRO, 2011).

Tabela 2: Características do gesso comercial da pesquisa A

Pesquisa A - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	
> 700,00	Início: >18 Fim: >30	1 dia: 3,06; 3 dias: 3,10; 7 dias: 4,19; 28 dias: 7,31; 91 dias: 8,67.	1 dia: 7,47; 3 dias: 7,74; 7 dias: 13,88; 28 dias: 22,89; 91 dias: 22,24.	NBR 12.129 (ABNT, 2017b); NBR 12.127 (ABNT, 1991)

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

Tabela 3: Características do gesso reciclado da pesquisa A

Pesquisa A - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão; dureza superficial (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	
470,65	Início: 12 Fim: 25	1 dia: 6,20; 3 dias: 5,99; 7 dias: 5,67; 28 dias: 9,93; 91 dias: 11,69.	3 dias: 15,22; 7 dias: 14,48; 28 dias: 26,79; 91 dias: 29,47.	NBR 12.129 (ABNT, 2017b); NBR 12.127 (ABNT, 1991)

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

A pesquisa B alvitra que a massa unitária não atingiu o valor determinado pela NBR 13207/2017a. Corpo de prova nenhum moldado somente com PGA

atendem aos parâmetros mínimos determinados de resistência à compressão e dureza superficial da norma citada, todavia o gesso atende o uso em confecções para artefatos como estátuas e imagens visto que não exigem uma elevada resistência (ERBS, 2015).

Tabela 4: Características do gesso comercial da pesquisa B

Pesquisa B - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 12.129 (ABNT, 2017b)
646,18	Início: >10 Fim: >45	>8,40	>30	NBR 12.127 (ABNT, 1991)

Fonte: Adaptado de ERBS (2015)

Tabela 5: Características do gesso reciclado da pesquisa B

Pesquisa B - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR (13207/2017c)
470,65	Início: 12 Fim: 25	3 dias: 5,53±0,16; 7 dias: 4,49±0,52; 28 dias: 6,05±2,12.	3 dias: 10,92±2,16; 7 dias: 8,65±1,64; 28 dias: 19,04±4,29.	

Fonte: Adaptado de ERBS (2015)

Conforme análise das tabelas da pesquisa C, a distribuição granulométrica é uniforme dos reciclados de resíduos de PGA, o que demonstra em relação à norma, uma massa unitária pequena. A consistência constatada foi normal, fluída e de boa trabalhabilidade sem uso de aditivos, além de estabelecer um tempo de pega que se aproximou à PGA comercial (VASQUES et al, 2019).

Ainda, segundo Vasques et al, 2019, a dureza e resistência a compressão do gesso reciclado observadas tiveram valores menores que o gesso comercial, interferindo diretamente no seu desempenho mecânico, relacionado também

com a maior quantidade de água que se fez necessária à fabricação da pasta para o teste de mini *slump* do PGA reciclado em comparação ao comercial.

Desta forma, como solução, é provável que um processo de moagem mais eficiente, diminuindo a granulometria e melhorando graduação, confira uma massa unitária maior e menor relação água/ gesso reciclado, conservando sua consistência normal com parâmetros mecânicos semelhantes ao do gesso comercial e viabilizando sua utilização. Os resultados demonstram que os resíduos de PGA podem ser reaproveitados para sua reutilização na construção civil (VASQUES et al, 2019).

Tabela 6: Características do gesso comercial da pesquisa C

Pesquisa C - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 13207 (ABNT,2017c); NBR 12129 (ABNT,2017b); NBR 13207 (ABNT, 2017c)
636,0 ± 4,2	Início: 10 Fim: 23	7 dias: 7,5; 28 dias: 15,8	7 dias: 28; 28 dias: 31	

Fonte: Adaptado de VASQUES et al, 2019

Tabela 7: Características do gesso reciclado da pesquisa C

Pesquisa C - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m ³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 13207 (ABNT,2017c); NBR 12129 (ABNT, 2017b); NBR 13207 (ABNT, 2017c)
465,7 ± 10,0	Início: 12 Fim: 19	7 dias: 3,5; 28 dias: 8,7 ±0,6	7 dias: 8; 28 dias: 18,2 ± 2,8	

Fonte: Adaptado de VASQUES et al, 2019

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

Com o intuito de analisar as propriedades do gesso acartonado reciclado na construção civil e averiguação das pesquisas assim como os experimentos contidos na mesma, os dados obtidos permitem sugerir que não houve grandes

alterações nas características do gesso reciclado, com relação ao comercial em alguns pontos.

É válido salientar que a alteração observada na pesquisa “A” foi a redução da massa unitária devido à perda de trabalhabilidade gerada na moagem, como método resolutivo, pode-se considerar adicionar uma etapa de fracionamento moído entre a moagem e calcinação para que haja uma melhor granulometria dos grãos e assim uma melhor homogeneidade. Ensaio com distribuição granulométrica a laser apresentam uma precisão adequada para esse tipo de resultado.

Por conseguinte na pesquisa B, concluiu-se que não é viável a reciclagem de todo material para aplicação na CC devido os parâmetros encontrados não serem compatíveis com os exigidos em norma, todavia pode-se utilizar parte deste PGA reciclado como matéria prima de fabricação de novas placas, ou ainda empregá-lo em sua totalidade na confecção de obras de arte.

A sugestão é começar por uma maior redução dos tamanhos dos grãos na etapa de moagem, além de um estudo microscópico das partículas moídas afim de se obter uma análise mais concisa e exata.

Na pesquisa C, constatou-se que somente o tempo de início e fim de pega estão de acordo com os parâmetros do gesso comercial, faz-se necessário estudos mais aprofundados se tratando da resistência a compressão e dureza superficial, com o intuito de encontrar a temperatura ideal de calcinação.

Posto isso, é possível que as propriedades do gesso reciclado e a do gesso comercial sejam equiparadas, desde que os métodos utilizados principalmente na calcinação e moagem sejam executados com exatidão.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127:** Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas do pó - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129:** Gesso para construção - Determinação das propriedades mecânicas - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207:** Gesso para construção civil – Especificação. Rio de Janeiro, 2017c.

APOLINARIO, G. M. **Reutilização do resíduo de gesso da construção civil.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil), UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil coleta, armazenagem e reciclagem.** [s.l.]: Agnis Gráfica e Editora, 2012.

Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. **Resíduos de Gesso na Construção Civil - Coleta, armazenagem e destinação para reciclagem.** São Paulo, 2009. Disponível em:<www.drywall.org.br> Acesso em 16 de jun. 2020

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. Gipsita. IN: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5. ed revisada. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.

BETSUYAKU, Renato Yochio; JUNIOR, Horácio Guimarães Delgado; VALADÃO, Izabellla Christinne Ribeiro Pinto. **Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea. Dissertação de Mestrado.** Centro Universitário de Volta Redonda , Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 25 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 16 out. 2020.

CAETANO, Daryslane Santos; COSTA, Pedro Henrique Messias. **Análise das práticas utilizadas para gerenciamento dos resíduos de gesso da construção civil:** Estudo de caso no município de Maceió - AL. 2017.

CAMPOS, A.R. et al. Calcinação. In: **Tratamento de minérios**. 6 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução **CONAMA nº 307. 2002.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 21 de Mai.2020.

"DONO" da maior jazida de gipsita do Brasil discute demandas sociais com a Knauf. **Jornal Valença Agora**, Bahia, p. 1, 16 ago. 2018. Disponível em: <<https://valencaagora.com/dono-da-maior-jazida-de-gipsita-do-brasil-discute-demandas-sociais-com-a-knauf/>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

ERBS, Alexandre. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado provenientes das chapas de gesso acartonado**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil), UNTFP, Curitiba2015.

FERREIRA, Luiz Daniell; VISENTIM, Luiz Carlos; PINTO, Ocimar Ferreira. **Sistema construtivo e aplicação de gesso acartonado (DRYWALL)**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Santa Cecília. Santos - SP. 2016.

FRAGA, Martin da Silva. Emprego de gesso na construção civil: **A sistematização da gestão de resíduos da pasta de gesso, gesso acartonado e placas de gesso**. 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78222/000896894.pdf?sequence=1>>. Acesso em:19 de Mai.2020.

JOHN,V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. 2000. Disponível em: <<https://portal.multivix.edu.br/Corpore.Net/Main.aspx?ActionID=EduWebListaMaterial>>. Acesso em 15 de Jun. 2020.

JOHN; V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão de resíduos de gesso**. São Paulo. 2007.

JUNIOR, José Antonio Morato. **Divisórias de Gesso Acartonado: Sua utilização na construção civil**. 2008. 74 p.- Monografia (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

MARCONDES, F. C. S. **Sistemas logísticos reversos na industria da construção civil - Estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia da Construção Civil, São Paulo, 2007. 364 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 278 p.

MITIDIERI, Cláudio. **Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas**. Disponível em: [<https://drywall.org.br/blogabdrywall/drywall-no-brasil-reflexoes-tecnologicas-2/>](https://drywall.org.br/blogabdrywall/drywall-no-brasil-reflexoes-tecnologicas-2/). Acesso em 15 de Jun. 2020.

MUNHOZ, F. C. e RENÓFIO, A. **Uso da Gipsita na Construção Civil e Adequação para P+L**. XIII SIMPEC. Bauru. 2006.

MUNHOZ, F. C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa**. 2008. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

NUNES, Heloia Palma. **Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moares. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. 2011. Tese Doutorado. Universidade de Campinas, São Paulo, 2011.

RIBEIRO, A. S. **Produção do gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil**. 2006. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

RIBEIRO, L. M. et al. **Flamabilidade e retardância de chama de compósito: poliéster insaturado reforçado com fibra de abacaxi (PALF)**. Rio Grande de Norte. 2013.

SANTOS, J. L. F.; MATSUDA, C.K.; FILHO, N.A.BELINE, E.L. **Estudos de painéis produzidos a partir dos resíduos de gesso acartonado reciclado e bagaço da cana-de-açúcar**. XXI EEPA - Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 20 a 22 de novembro de 2018. Campo Mourão, Paraná, Brasil.

SAVI, Olindo. **Produção de placa de forro com a reciclagem do gesso**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. 2012.

SILVA, Cibelle Guimarães. **Inovações tecnológicas para o melhor aproveitamento do gesso nas construções**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

SILVA, M. F. A. **Gerenciamento de processos na construção civil: Um estudo de caso aplicado no processo de execução de paredes em gesso acartonado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

TurmaDiscActionWeb&SelectedMenuIDKey=mnArquivosDisc>. Acesso em: 28 de Abr. 2020.

VASQUES, C. A. R.; BIRICK, F.B.; ARNOLD, D. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de gesso reciclado a parti de**

resíduos da construção civil. RBES (Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade).v.6, n.1,p,08-15, Jul. 2019.