

CADERNOS DO

# SEMI-ANUÁRIO

RIQUEZAS &  
OPORTUNIDADES



ROMILDE ALMEIDA DE OLIVEIRA (ORG)

## GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL



# 20



**GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**ROMILDE ALMEIDA DE OLIVEIRA**  
ORGANIZADOR

**Cadernos do Semiárido | Copyright ©**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco - Crea-PE**  
**Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa**

**COMISSÃO EDITORIAL**

Mário de Oliveira Antonino - Coordenador  
Marcelo Carneiro Leão - Coordenador Honorário  
Carlos Alberto Tavares  
Conceição Martins  
Egídio Bezerra Neto  
Jorge Roberto Tavares de Lima  
José Geraldo Eugênio de França  
Leonardo Valadares de Sá Barretto Sampaio  
Múcio de Barros Wanderley  
Thaís Bezerra Patú  
Waldir Duarte Costa

**EDITORAÇÃO**

Wladimyr Mendes Campelo da Silva Júnior - Projeto Gráfico e Diagramação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
(SIB-Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE)  
Bibliotecária Conceição Martins

**C122** Cadernos do Semiárido riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – v. 20, (2021). Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2022.  
v.

Este volume: Gesso na construção civil. / [Organização de] Romilde Almeida de Oliveira.  
Bimestral  
ISSN 2526-2556

1. Engenharia – Periódicos. 2. Agronomia – Periódicos.  
3. Propriedades e componentes do gesso. 4. Reciclagem de resíduos de gesso. 5. Polo gesseiro do Araripe. 6. Produção de pré-moldados de gesso por prensagem. 7. Aspectos empresariais do gesso na construção civil. I. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. II. Universidade Federal Rural de Pernambuco. III. Oliveira, Romilde Almeida, org.

620.05

**DIRETORIA CREA-PE / GESTÃO 2021**

Engenheiro Civil Adriano Antonio de Lucena - Presidente

Engenheiro Eletricista Roberto Luiz de Carvalho Freire - 1º Vice-Presidente

Engenheiro Civil Stênio de Coura Cuentro - 2º Vice-Presidente

Engenheira de Segurança do Trabalho Giani de Barros Câmara Valeriano - 1ª Diretora Administrativa

Engenheira Civil Eloisa Basto Amorim de Moraes - 2º Diretora Administrativa

Engenheiro Eletricista Clóvis Correa de Albuquerque Segundo - 1ª Diretor Financeiro

Engenheira de Pesca Magda Simone Leite Pereira - 2º Diretora Financeira

**Os cadernos estão disponíveis online, no site:**

**[www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/](http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/)**

## **Agradecimentos do Organizador**

Atendendo ao convite do Editor dos Cadernos do Semiárido, tive a satisfação de organizar o Caderno No. 20, dedicado ao Gesso na Construção Civil. Considerando o número máximo de páginas da publicação, decidimos por cinco trabalhos e convidamos quatro grupos de pesquisadores representativos na área de gesso na Construção Civil, em Pernambuco. São eles ligados à Universidade Federal de Pernambuco (Prof. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro e colaboradores), à Universidade de Pernambuco (Profa. Yêda Vieira Póvoas), à Universidade Católica de Pernambuco e ao IATI - Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (Prof. Valdemir Alexandre Santos e colaboradores) e Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP (Prof. Carlos Welligton Pires Sobrinho). O quinto autor é o Engenheiro Josias Inojosa de Oliveira Filho, representante do setor produtivo, atuante no Polo Gesseiro do Araripe e Diretor Presidente da Supergesso. Como se pode observar todos eles são atuantes dentro do tema deste exemplar dos Cadernos. As solicitações dos trabalhos foram feitas pensando em serem conjuntos de anotações ou cadernos, dentro da concepção do Editor, pesquisa viva, em evolução. Outros pesquisadores na área de gesso terão a oportunidade de contribuir em um próximo número dos Cadernos do Semiárido, dedicado ao Gesso Aplicado na Agricultura.

Gostaria de agradecer ao nosso colega Engenheiro e Professor Mário de Oliveira Antonino pela sua confiança em deixar sob a nossa responsabilidade a organização deste Número 20 dos Cadernos do Semiárido e aos autores que atenderam com presteza ao convite para efetuar as suas contribuições.

**Prof. Romilde Almeida de Oliveira**

PPGEC - UFPE

# CADERNOS DO SEMIÁRIDO, Esclarecimentos

## Desafios e Conquistas

Esta é a definição que me parece mais adequada para a conclusão dos vinte primeiros “Cadernos do Semiárido”, cuja responsabilidade foi patrioticamente abraçada por quase 300 professores e estudiosos dos mais diversas especialidades que, na qualidade de voluntários, dissecaram as inúmeras virtudes da terra seca nordestina brasileira para evidenciar as suas potencialidades, as suas riquezas ainda escondidas e as enormes fortunas, de certo, por serem exploradas.

Tais riquezas podem se chamar: barragens sucessivas ou hidroponia, educação no campo ou arração animal, sorgo ou novas técnicas de irrigação, dessalinização de água ou o uso do gesso na construção civil. Para todas essas especialidades cabem os aperfeiçoamentos tecnológicos e as nossas atenções aos novos mercados.

Para todas essas pessoas mais diretamente envolvidas há um enorme agradecimento a ser dado, um permanente reconhecimento! Aos dois reitores apoiadores desde o início, os Magníficos reitores Marcelo Carneiro Leão da UFRPE e Anísio Brasileiro da UFPE, o mais merecido muito obrigado. Ao Professor Geraldo Eugênio de França, síntese de agradecimento e competência, o mais dos “muito obrigado”.

Um registro que pode parecer extenso, mas que não pode ser menor pelos grandes méritos que possuem, pois, a contribuição dos autores de todos os capítulos desses 20 Cadernos, são 245 autores de grande destaque acadêmico-científicos, que, como voluntários, não se pouparam para tarefas tão valorosas. Esse fantástico número é um orgulho para todos nós.

Foram sempre merecedores dos melhores reconhecimentos esses líderes quase anônimos, verdadeiros inspiradores para todas essas equipes, professores na acepção da palavra, são eles:

1. Geólogo Waldir Duarte Costa, “Obras Hídricas para Convivência com a Seca”;
2. Dr. Malaquias Batista Filho, Coordenador “Segurança Alimentar e Nutricional”;
3. Barragens Subterrâneas e Barragens de Assoreamento, Conceitos e Construção”, Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho;
4. “Agricultura Irrigada: Potencialidades do Semiárido”, pela equipe da Embrapa Semiárido.
5. “Biodiversidade da Caatinga para a Produção Agropecuária, pela equipe da Embrapa Semiárido.
6. “Hidroponia”, pelo Professor Egídio Bezerra Neto;
7. “Palma Forrageira: Cultivo e Usos”, pelo Professor Mário de Andrade Lira;
8. “Educação para o Desenvolvimento Local Sustentável, Vol.1”, pelos Professores: Carlos Alberto Tavares, Jorge Roberto Tavares de Lima e Leonardo V. S.B. Sampaio;
9. “Educação para o Desenvolvimento Local Sustentável, Vol.2”, pelos Professores: Carlos Alberto Tavares, Jorge Roberto Tavares de Lima e Leonardo V. S.B. Sampaio;
10. “Solos do Semiárido do Brasil”, pelo Professor Mauro Carneiro dos Santos;
11. “A água de chuva como potencial para aumentar a disponibilidade hídrica no Semiárido Brasileiro”, por Luiza Teixeira de Lima Brito.
12. “Aquicultura atual no Semiárido”, por Daniela Ferraz Bacconi Campeche;
13. “Semiárido: Problemas e Soluções caminham lado a lado”, por Urbano Costa Lins;
14. “Caprinos e Ovinos, Vol.1”, por Fernando Lucas Torres de Mesquita;
15. “Sorgo”, por José Nildo Tabosa;
16. “Caprinos e Ovinos, Vol.2”, por Fernando Lucas Torres de Mesquita;
17. “Feijão Caupi no Semiárido Brasileiro”, Engenheiro Antônio Félix da Costa;

18. "Educação para o Desenvolvimento Local Sustentável, Vol.3", pelos Professores Carlos Alberto Tavares, Jorge Roberto Tavares de Lima e Leonardo V. S. B. Sampaio;
19. "Dessalinização", pelo Professor José Almir Cirilo;
20. "Gesso na Construção Civil", pelo Professor Romilde Almeida de Oliveira.

Tudo de extraordinário que até agora foi realizado deixa a certeza de que o futuro será ainda mais realizador. Já temos o comprometimento de autoria de 11 temas para o ano corrente: 3 cadernos sobre Educação para o Desenvolvimento Local Sustentável, em três diferentes níveis, a cargo dos Professores Carlos Alberto Tavares, Jorge Roberto Tavares de Lima e Leonardo V. S. B. Sampaio. Outro Caderno, intitulado sob o título "Canal Acauã-Aracagi", de autoria do Engenheiro Civil George Cunha; "Reuso de Água" pelo Engenheiro Civil Sérgio Rolim de Mendonça; Caderno sobre "Engenharia Nuclear" pelo Engenheiro Civil Carlos Mariz; "O Panorama dos Resíduos em Pernambuco", Coordenado pela Engenheira Ambiental Thaís Bezerra Patú; "A Pecuária Leiteira no Semiárido Pernambucano", pelo Veterinário Sebastião Guido; "A Importância da Fava e do Feijão Gandu no Semiárido", pelo Agrônomo Antônio Félix. Estão ainda em andamento Cadernos sobre: "Literatura de Cordel no Semiárido Pernambucano", pelo Advogado e Companheiro Argemiro Leite; "A Produção de Mel de Abelha no Sertão Pernambucano", trabalho que está sendo articulado pelo Engenheiro Evandro Alencar.

Inúmeros agradecimentos poderiam encerrar este texto, mas na impossibilidade de fazê-los vamos resumi-los a três pelo significado das suas importâncias:

Ao Editor e Presidente do Setor Gráfico da UFRPE Sr. Marcelo Athayde Cavalcanti Antão, pela sua competência, fidalguia, e elevado preparo profissional, também pelo seu esforço na utilização de todos os meios possíveis aos seus interesses científicos e agrônômicos ligados às atividades da nossa Academia, dirigimos o mais penhorado agradecimento. A Sra. Magaly Paz Machado Santos, Secretária da Reitoria da UFRPE, todo o nosso mais respeitoso obrigado pelas suas contribuições e apoio que nos tem sido propiciado. A Engenheira Ambiental Thaís Bezerra Patú pelas suas permanentes ajudas, tanto no campo técnico-científico quanto administrativo.

Com renovados agradecimentos, fraternalmente,



**Mário de Oliveira Antonino**

Eng.º Civil, Professor, Rotariano e

Presidente da Academia Pernambucana de Engenharia.



# **PALAVRA DO REITOR DA UFRPE**

Festejamos com grande alegria, a emissão dos vinte primeiros Cadernos do Semiárido, parceria que passamos a realizar desde o início dessa primeira série, já contribuindo com a editoração de 18 fascículos, a partir do segundo cujo tema é "Segurança Alimentar e Nutricional", organizado pelo notável pesquisador paraibano Malaquias Batista Filho, Professor Emérito das Universidades Federais de Pernambuco e da Bahia. Ele contou com a brilhante contribuição de 17 jovens pesquisadores na redação de 13 capítulos do referido caderno.

Tais fascículos que começaram tratando do tema "Obras Hídricas para Convivência com a Seca", de autoria do Professor e Geólogo Waldir Duarte Costa, e no Caderno 20 a abordagem sobre o tema " Gesso na Construção Civil", organizado pelo competente Secretário da Academia Pernambucana de Engenharia (APEENG), Professor Romilde de Oliveira.

Outra informação bastante relevante é o fato de que os autores de todos os Capítulos desses 20 Cadernos somam 245, a maioria deles pertencentes à nossa UFRPE.

Tudo isso, é motivo de orgulho para os que fazem a nossa Universidade Federal Rural de Pernambuco, e de nos congratularmos com o Engenheiro e Professor Mário de Oliveira Antonino, Presidente da Academia Pernambucana de Engenharia (APEENG), idealizador dos Cadernos do Semiárido, juntamente com seus colaboradores pela meritória iniciativa.

**Marcelo Brito Carneiro Leão**

Reitor da Universidade Rural de Pernambuco - UFRPE

# PARABÉNS AO POLO GESSEIRO E A PERNAMBUCO

Uma importante correspondência chegou às mãos da Presidência da nossa Academia Pernambucana de Engenharia, fruto da delicadeza e atenção da Sra. Ceissa Campos Costa, Presidente do Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco – SINDUSGESSO, intermediada pelo elevado espírito de colaboração do empresário e ex-Governador do Rotary Distrito 4500, Sr. Eduardo Carneiro Mota, sempre atento aos interesses de Pernambuco e do Nordeste Brasileiro.

As providências em curso nos dão a certeza de que as Entidades e dirigentes envolvidos, e, sobretudo, Pernambuco estão de Parabéns.

Adiante, transcrevemos a carta da Presidente do Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco – SINDUSGESSO, Sra. Ceissa Campos Costa, pelo que agradecemos e a parabenizamos.

As matrizes energéticas de fontes alternativas vêm ganhando força nas indústrias da região do Araripe Pernambucano. Nos últimos anos, a substituição da fonte de energia elétrica hidráulica pela solar e, mais recentemente, a troca da lenha pelo Gás Natural Liquefeito (GNL) ditam uma nova tendência de geração e consumo de energia mais eficiente para a indústria e limpa para o meio ambiente.

Uma grande transformação de matriz energética está em andamento na região do Araripe, que é o projeto piloto de implantação do Gás Natural Liquefeito – GNL em 10 indústrias do Distrito Industrial de Araripina-PE.

Atualmente, a principal fonte de energia, principalmente, para as indústrias de calcinação – que transformam a pedra da gipsita no gesso usado na construção civil – é a lenha: fonte cada vez mais escassa na região, que é trazida a cerca de 300km de distância da região, encarecendo os custos da produção.

Estudos a respeito da substituição da lenha pelo Gás Natural Liquefeito apontam melhoria na eficiência produtiva, menores custos com a matriz energética, melhor qualidade de vida para o trabalhador, implantação de tecnologia no setor e, principalmente, o benefício que será gerado ao meio ambiente.

O pleito de substituição da lenha pelo GNL foi apresentado por Ceissa Campos Costa, Presidente do Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco – SINDUSGESSO ao presidente da ADEPE, Roberto Abreu, onde de antemão teve todo o apoio deste órgão, bem como do Governo do Estado. Em continuidade, o projeto contou com a aceitação dos empresários do setor, de representantes da Companhia Pernambucana de Gás – COPERGÁS, do Sistema FIEPE e do SEBRAE.

Outra grande conquista para o setor, foi o apoio financeiro da ADEPE e do SEBRAE, onde, as indústrias que desejarem participar da implantação do GNL terão 20% do valor do investimento subsidiado pelo SEBRAE e os outros 80% poderão ser financiados pela ADEPE com carência e prazo.

Em visita recente ao distrito industrial de Araripina – local que concentra fábricas de calcinação – a COPERGÁS manifestou o interesse em montar uma usina de GNL para abastecer cerca de dez indústrias num raio de 5km.

Em fevereiro de 2022, será fornecido o GNL para uma empresa do setor, para que seja feito o teste por 30 dias, de forma a ser analisado as adaptações necessárias a serem implantadas nas calcinaldoras de gesso, bem como a obtenção de dados econômicos e financeiros sobre o uso do GNL em substituição à lenha.

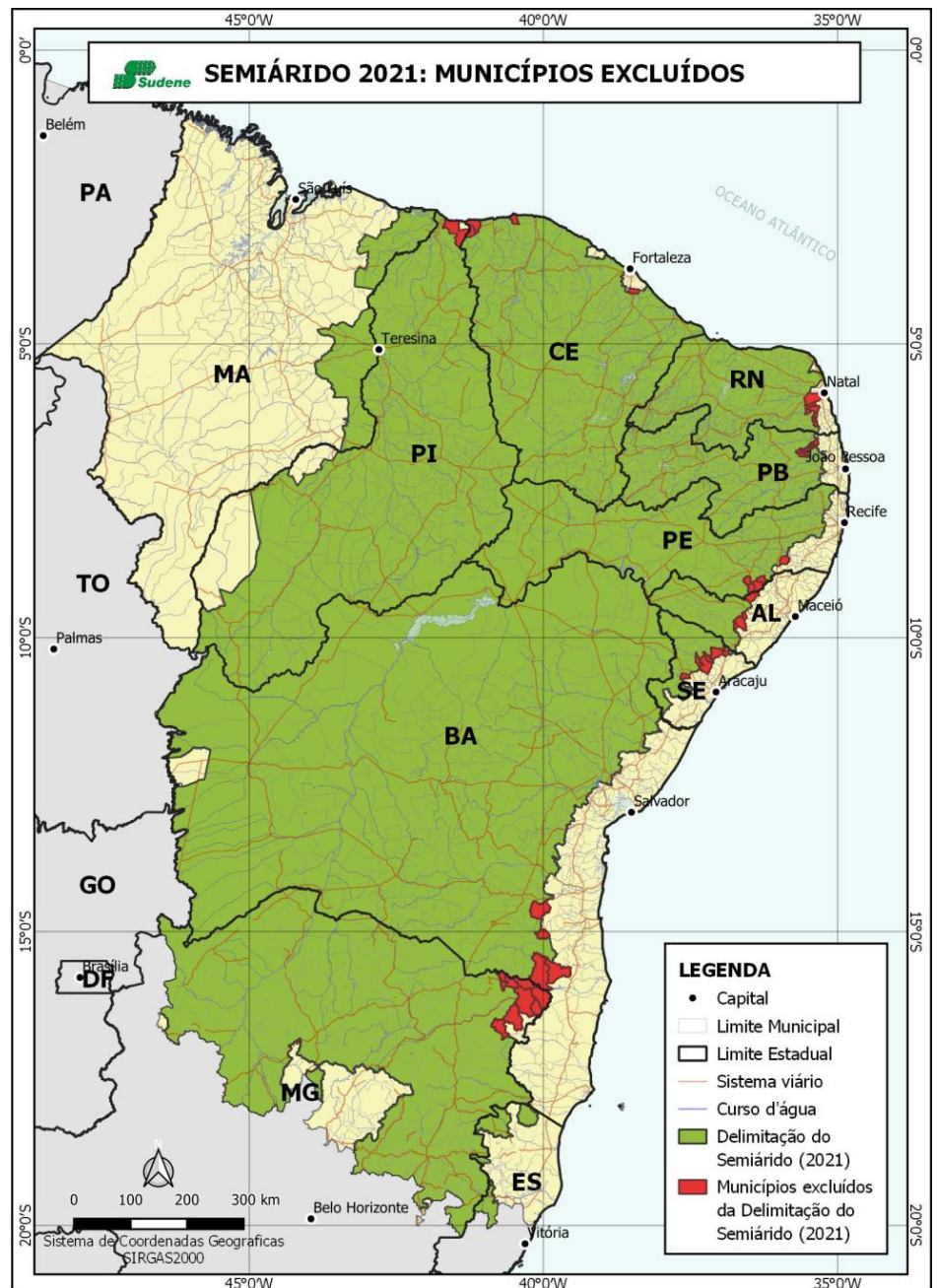
**Mário de Oliveira Antonino**  
Presidente da APEENG

# DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Através da Resolução 150/2021, o Conselho Deliberativo da Sudene ampliou a relação dos Municípios que integram o espaço territorial do Semiárido Brasileiro. A quantidade de Municípios que era de 1.262 passou para 1.427. Houve a inclusão de 215 novo Municípios, mas houve também a retirada de 50 que estavam localizados na faixa litorânea. Para que a área seja incluída no Semiárido, precisa obedecer há apenas algum dos seguintes critérios:

- Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;
- Índice de Aridez de Thornthwaite (usado para medir o grau de aridez e acidez do solo de uma determinada região) igual ou inferior a 0,5;
- Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Dos 50 municípios retirados do mapa, 42 são do Nordeste e oito são de Minas Gerais. Dos Municípios incluídos por Estado 126 são de MG, 31 do PI, 19 de PE, 14 do MA, 9 da BA, 6 do ES, 4 de AL e PB e 01 de RS e SE. O primeiro mapa que foi definido quando da criação do Polígono das Secas, em 1936, dando início a novas políticas de apoio à região seca foi divulgado no livro "Séculos de Secas", resultante de estudos do ex-Deputado Federal por Pernambuco, Empresário Gileno de Carli.



## **PALAVRA DO PRESIDENTE DO CREA-PE**

A edição de Nº 20 dos Cadernos do Semiárido Riquezas e Oportunidades aborda as múltiplas aplicações do “Gesso na Construção Civil”. O tema tem a sua relevância ainda mais valorizada quando se observa que é no Estado de Pernambuco que são produzidos 97% de todo gesso consumido no País. Esse percentual, concentrado na região do Araripe, compõe o Polo Gesseiro do Araripe, importante arranjo produtivo em nível nacional.

De acordo com especialistas, a matéria-prima, abundante no nosso Estado, apresenta características e propriedades que garantem segurança e beleza, além de todas as vantagens técnicas de aplicação. Como poderá ser visto ao longo da leitura, o gesso, originado a partir da gipsita, substitui o cimento garantindo menor custo na execução das obras e serviços.

Assim como nos volumes anteriores, este caderno foi elaborado cuidadosamente, para atender aos profissionais e demais cidadãos, no sentido de esclarecer como se dá o processo de beneficiamento do gesso desde a sua exploração, bem como, as vantagens advindas da escolha do produto construtivo de extrema importância para o crescimento e manutenção do setor da construção e demais.

A iniciativa de criar os Cadernos, nascida a partir do esforço do professor e engenheiro Mario de Oliveira Antonino, além de trazer a possibilidade de ampliação do conhecimento dos mais variados assuntos, se apresenta como ferramenta para, neste caso específico, influenciar na tomada de decisão pelo uso de um produto que traz consigo inúmeras vantagens.

Ciente da importância de todos os temas abordados nas edições dos Cadernos do Semiárido – Riquezas e Oportunidades, temos enorme satisfação em fazer parte da iniciativa que possibilitou tirar do papel um projeto tão grandioso que se desenha a partir da colaboração de profissionais experientes e renomados pelas contribuições que conferem às Engenharias, Agronomia e Geociências. Desejo excelente leitura para todos!

**Adriano Antonio de Lucena**  
Presidente do Crea-PE

# AUTORES

**ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO**

Doutor

**BRUNO CRISTOVÃO DUCLERC VERÇOSA**

Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP

**CARLOS WELLIGTON DE AZEVEDO PIRES SOBRINHO**

Instituto de Tecnologia de Pernambuco

**FERNANDA CAVALCANTI FERREIRA**

Doutora

**JOÃO CARLOS CÔRTE REAL**

Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela UNICAP e Supervisor de Segurança do Trabalho da Moura Dubeux

**JOSÉ GETÚLIO GOMES SOUSA**

Doutor

**JOSIAS INOJOSA DE OLIVEIRA FILHO**

Engenheiro Civil, Sócio Administrador da Indústria de Gessos Especiais Ltda. - IGE

**LEONARDO BANDEIRA DOS SANTOS**

Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela UNICAP e Pesquisador Associado do IATI - Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação

**VALDEMIR ALEXANDRE SANTOS**

Docente dos Mestrados de Engenharia Civil e de Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP e Pesquisador Associado do IATI - Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação

**YÊDA VIEIRA PÓVOAS**

Professora Associada, Universidade de Pernambuco

# SUMÁRIO

<b>1   PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO DO GESSO E DE SEUS COMPONENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>	<b>16</b>
1. CARACTERÍSTICAS DO GESSO .....	16
2. EFEITOS DOS ADITIVOS NO COMPORTAMENTO DO GESSO .....	21
2.1 Aditivos reguladores de tempo de pega .....	21
2.2 Aditivos adesivos e impermeabilizantes .....	22
3. EFEITOS DE ADIÇÕES NO COMPORTAMENTO DO GESSO .....	22
3.1 Influência do teor de agregados na argamassa de gesso .....	22
3.2 Influência da adição de hidróxido de Cálcio hidratado nas pastas de gesso .....	23
3.3 Influência de resíduos de gesso nas pastas de gesso .....	23
4. PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS EM GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	23
4.1 Estabilidade dimensional .....	23
4.2 Leveza .....	23
4.3 Higróativo .....	23
4.4 Isolamento térmico .....	23
4.5 Isolamento acústico .....	23
4.6 Incombustível .....	23
5. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE DO GESSO .....	24
6. CONCLUSÕES .....	24
REFERÊNCIAS .....	25
<b>2   RESÍDUO DE GESSO COMO MATERIAL PARA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE GESSO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>	<b>27</b>
1. INTRODUÇÃO .....	27
2. RESÍDUO DE GESSO .....	29
2.1 Origem do resíduo de gesso .....	29
2.2 Gestão de resíduos de gesso .....	30
2.3 Reciclagem do resíduo de gesso .....	30
2.4 Desenvolvimento de blocos de gesso reciclado .....	31
REFERÊNCIAS .....	35

<b>3   POLO GESSEIRO DO ARARIPE: ASPECTOS HISTÓRICOS, MINERALÓGICOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO GESSO PRODUZIDO .....</b>	<b>38</b>
1. INTRODUÇÃO .....	38
2. ASPECTOS HISTÓRICOS .....	39
3. POTENCIAL DE CRESCIMENTO .....	41
4. ASPECTOS MINERALÓGICOS .....	41
5. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DO GESSO DE CONSTRUÇÃO .....	41
5.1. Metodologia de avaliação .....	42
5.2. Resultados e discussão .....	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
REFERÊNCIAS .....	46
<b>4   PRODUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE GESSO POR Prensagem Mecânica Uniaxial .....</b>	<b>49</b>
1. INTRODUÇÃO .....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	50
2.1 Confecção dos Corpos de Prova .....	50
2.2 Seleção dos Fatores Necessários .....	50
2.3 Semi-hidrato Utilizado .....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	56
REFERÊNCIAS .....	57
<b>5   ASPECTOS EMPRESARIAIS DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>	<b>58</b>
INTRODUÇÃO .....	58
1. SISTEMA CONSTRUTIVO SUPERWALL .....	60
1.1. Os produtos componentes do Sistema SuperWall .....	61
1.1.1. A linha EcoBloco .....	61
1.1.2. A linha SuperBlocos .....	62
1.1.3. A linha SuperCola .....	63
1.1.4. A SuperMassa de Acabamento .....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	70
REFERÊNCIAS .....	71

# PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO DO GESSO E DE SEUS COMPONENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por Carlos Welligton de Azevedo Pires Sobrinho

Instituto de Tecnologia de Pernambuco

e-mail: carlositep@gmail.com

## Resumo

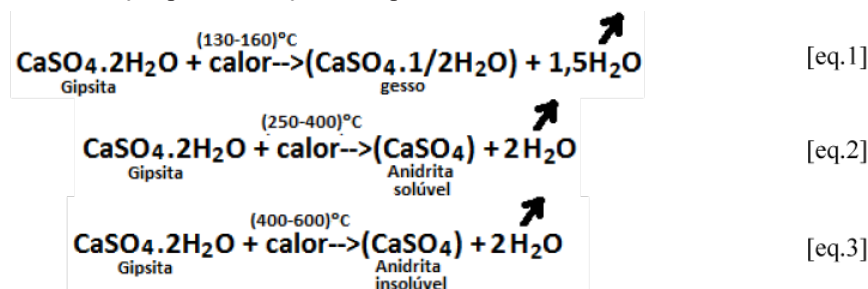
O gesso é um aglomerante mineral obtido com baixo consumo energético, de fácil manipulação, sendo possível produzir pastas com diferentes relações água/gesso. Este artigo apresenta as principais propriedades dos produtos de gesso e de seus componentes, as potencialidades de alteração destas com o processo de fabricação, com a influência de aditivos/adições e com sua forma de manipulação na fabricação de componentes para construção civil, bem como as potencialidades dos elementos de gesso no atendimento aos requisitos da norma de desempenho de edificações.

**Palavras-chave:** propriedades do gesso; propriedades de pré-moldados; comportamento do gesso; requisitos de desempenho; sustentabilidade na construção.

## 1. CARACTERÍSTICAS DO GESSO

O gesso é um material branco fino que em contato com a água se hidrata, num processo exotérmico, formando um produto não hidráulico, endurecido por secagem, e apresenta dureza MOHS inferior a 2 (dois).

O principal processo de produção do gesso se faz através da desidratação da Gipsita, por calcinação do minério. As etapas características da desidratação por calcinação da Gipsita são:



O gesso pode ser produzido em fornos rudimentares (tipo panelões - abertos ou fechados), em fornos tubulares (semelhante aos utilizados nas fábricas de cimentos) ou em fornos fechados com controle de pressão e massa (fornos assistidos por computador). Pode ou não receber tratamento de moagem e seleção após a calcinação.

O gesso pode também ser obtido a partir de subprodutos da fabricação de ácidos, como por exemplo na fabricação de ácido fosfórico, onde o subproduto gerado é denominado de fosfogesso.





O processo de geração do subproduto fosfogesso decorre de um processo via úmida que além da energia para secagem, exige um tratamento de purificação do produto, uma vez que há contaminação por metais pesados, o que exige enorme custo e controle.

No Brasil estima-se serem produzidas mais de 6 milhões de toneladas de fosfogesso por ano. Como consequência tem-se uma demanda de grandes áreas para sua disposição a céu aberto, levando a uma série de problemas ambientais (Fernandes, Da Luz e Castilhos,2010).

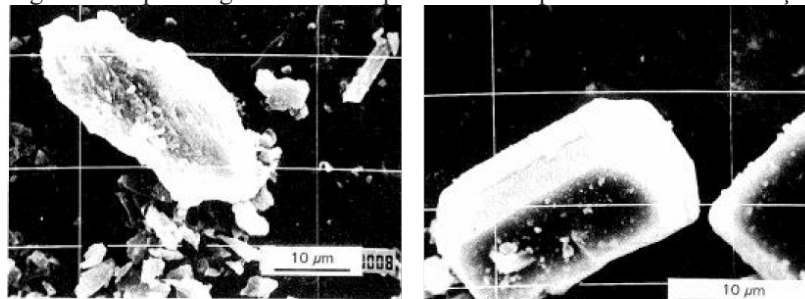
Segundo site do INDEX MUNDI (2019), em 2013 O Brasil em 2013 ocupava a 11ª posição na produção da gipsita com 3,4 milhões ano, ficando bem abaixo de China(129Mt/ano), USA(16Mt/ano). Embora Pernambuco não detenha a maior reserva de gipsita, as minas a céu aberto favorecem a maior produção de gipsita, sendo responsável por 83% da produção nacional deste minério (DNPM, 2014).

Os gessos obtidos pela desidratação da gipsita consomem cerca de 58% da produção da gipsita (DNPM, 2009) cujos destinos em ordem decrescentes são: pré-moldados (placas para forro, blocos para alvenaria e elementos decorativos), revestimentos de gessos e insumos para drywall (placas acantonadas).

Dependendo do tipo de forno e do controle do processo de produção o gesso obtido pode ser gesso beta, anidrita ou gesso alfa. O gesso beta e anidrita são produzidas através da calcinação da gipsita sob a pressão atmosférica e com agitação da massa. Desta forma, a água de cristalização é liberada rapidamente formando cristais mal formados e porosos. Os fornos panela, barriga quente e rotativos produzem este tipo de gesso, sendo o forno panela(aberto) e o barriga quente(fechado) por bateladas(quantidade discretas) e o rotativo por processo contínuo.

O gesso alfa é obtido através da desidratação sob vapor de caldeira.O controle do processo é fundamental, sendo possível controlar a liberação da água de cristalização visando formar cristais bem formados e uniformes. Este tipo de gesso é normalmente fabricado em autoclave, podendo ser obtido em fornos tipo marmitta (semelhante a uma caldeira de pressão) quando bem controlados e em forno tubulares, geralmente assistidos por sistemas computacionais programados. A Figura 1 mostra aspectos dos principais tipos de gesso obtidos por diferentes processos de desidratação.

Figura 1 - Tipos de gessos obtidos por diferentes processos de desidratação



a) gesso tipo  $\beta$ : poroso irregular e curto

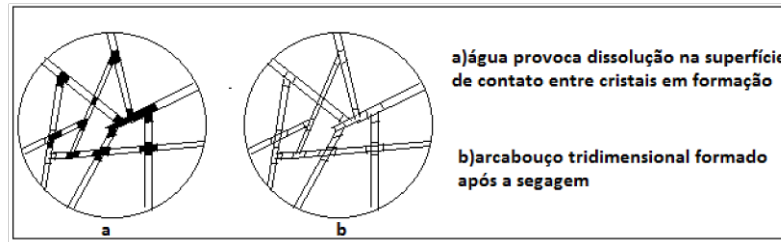
b) gesso tipo  $\alpha$ : denso e prismático

(fonte: Lewry & Williams,1994a)

Para entender o comportamento das propriedades do gesso é importante observar seu processo de hidratação, ou de cristalização da gipsita (McVAY, 1927; Karni, 1995).

Quando o gesso e a água são misturados, o hemidrato se dissolve formando uma solução saturada. Os cristais de gipsita existentes formam núcleos de cristalização. A partir destes núcleos ocorre a supersaturação da solução com precipitação/formação de agulhas formando um arcabouço tridimensional. Esta fase é exotérmica, onde os pontos de contato se solidificam, crescendo a resistência com a secagem. Os gessos tipo beta se hidratam mais rápido, formando cristais com forma irregular mais curtos e apresentam maior porosidade, já os gessos tipo alfa se hidratam mais lentamente com crescimento de cristais em formato mais regular e mais densos. A Figura 2 mostra uma representação desse processo de hidratação dos gessos.

Figura 2-Representação esquemática da secagem do sistema gesso-água (Sobrinho, 1986)



Quando o gesso é misturado a água, em proporções bastante ampla, forma uma pasta com consistência inicial inversamente proporcional a relação água/gesso, e que sofre influência do tipo, pureza e finura do gesso, energia de mistura, tempo de descanso, temperatura dos insumos e condições ambientais.

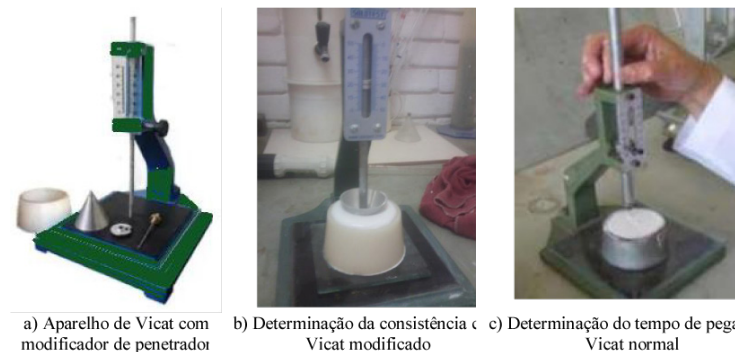
A finura do gesso é definida por um índice que representa globalmente a proporção das diferentes dimensões das partículas do material. Este índice é quantificado como módulo de finura.

O módulo de finura é determinado pela norma brasileira NBR 12127- GESSO PARA CONSTRUÇÃO - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO PÓ (ABNT, 2019), e consiste basicamente de uma quantificação da granulométrica segundo uma série de peneiras padrão.

A consistência normal é a relação entre a quantidade de água e a massa do gesso, determinada segundo a norma brasileira NBR 12128- GESSO PARA CONSTRUÇÃO- DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA PASTA (ABNT, 2019), na qual se obtém uma fluidez da pasta adequada à manipulação. Esta consistência é tomada como padrão para a determinação das propriedades físico-mecânicas do gesso.

O tempo de pega, ou de presa, se relaciona diretamente com o tempo necessário para que os cristais de gipsita estejam presentes em número suficiente, capazes de suportar tensões, sendo determinado segundo a norma brasileira NBR 12128 (ABNT, 2019). A pasta de consistência normal é caracterizada como a relação água/gesso que proporciona uma pasta com consistência necessária a penetração de 30mm do cone. O tempo de início de pega é definido como o tempo decorrido a partir do momento que o gesso entra em contato com a água até o instante em que a agulha do aparelho de VICAT não mais penetra até o fundo, estacionando a 1 mm do fundo. O tempo de fim de pega é o tempo decorrido a partir do momento que o gesso entra em contato com a água até o instante que a agulha do aparelho de VICAT não mais deixa impressão na superfície. A Figura 3 mostra a determinação da consistência normal(3b) e do tempo de pega do gesso(3c).

Figura 3- procedimento de determinação da consistência e tempo de pega do gesso

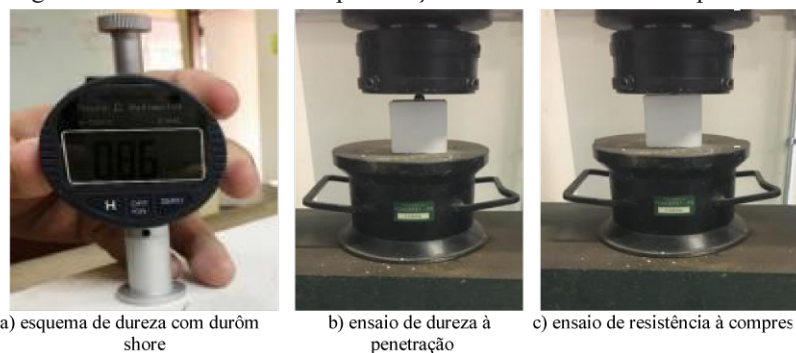


a) Aparelho de Vicat com modificador de penetrador b) Determinação da consistência Vicat modificado c) Determinação do tempo de pega Vicat normal

A resistência à compressão, determinada segundo a norma brasileira NBR 12129- GESSO PARA CONSTRUÇÃO - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS (ABNT, 2019), é calculada em função da carga de ruptura em corpos de prova de forma cúbica de 5 cm de aresta secos em estufa quando misturados e moldados com a pasta de consistência normal.

A dureza é determinada segundo a norma brasileira NBR 12129 (ABNT, 2019), representa a resistência a penetração de uma esfera de 1 mm de diâmetro na superfície do corpo de prova sob carga de 50N, podendo alternativamente ser determinado com durômetro Shore C. A Figura 4 mostra aspectos dos ensaios de dureza com durômetro Shore(4a), dureza à penetração(4b) e resistência à compressão(4c) de cubos de gesso, conforme Norma.

Figura 4- Ensaios de dureza à penetração e de resistência à compressão



a) esquema de dureza com durômetro shore

b) ensaio de dureza à penetração

c) ensaio de resistência à compressão

As propriedades específicas do gesso tais como: Consistência plástica; tempo de pega e endurecimento rápido e/ou controlável por aditivos; finura equivalente ao cimento; pequeno poder de retração na secagem e estabilidade volumétrica, constituem características positivas do gesso na fabricação de pré-moldados ou aplicado como revestimento.

A capacidade dos elementos de gesso de absorver e liberar umidade ao ambiente, considerado como uma relação dinâmica entre a pressão de vapor do ar e o vapor de água dos elementos/revestimentos confere a estes uma propriedade de equilíbrio higroscópico com o ambiente, contribuindo para diminuir a variação térmica do ambiente.

Os elementos/revestimentos em gesso funcionam como inibidores de propagação de chamas, liberando moléculas d'água quando em contato com o fogo. A NBR 14432 (ABNT, 2001) define resistência ao fogo como a capacidade dos elementos construtivos de suportar a ação do incêndio, impedindo por determinado período sua propagação e preservando a estabilidade estrutural da edificação. Ensaios realizados pelo IPT (IPT,2004) em elementos de alvenaria em blocos de gesso maciço com 100mm de espessura mantiveram-se estáveis durante 240min à 1200°C, atingindo a classe CF240 (Corta Fogo a 240min) de Norma. Na temperatura de 1200°C no interior da câmara a temperatura média acrescida na face externa foi de 140°C.

Os principais fatores que influenciam o processo de hidratação do gesso estão apresentados a seguir:

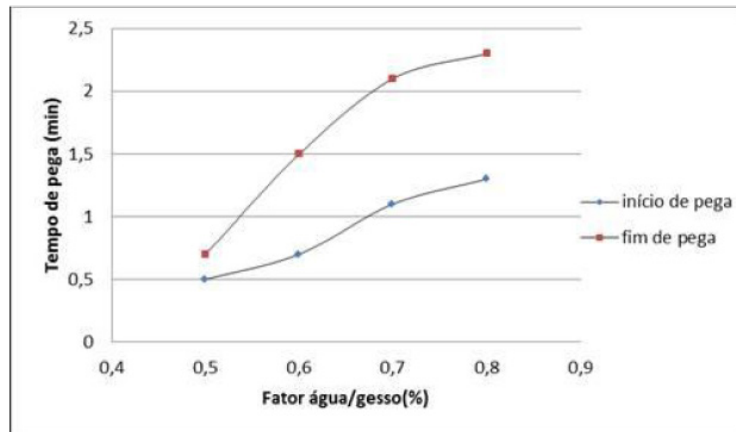
**GRAU DE CRISTALIZAÇÃO:** a depender do processo de calcinação do gesso, duas cristalizações podem acontecer, a alfa, onde os cristais são bem formados, homogêneos e densos e a beta, onde são mal formados, heterogêneos e porosos. O gesso alfa tem tendência a formar produtos com maior tempo de pega e maior resistência; o gesso beta tem tendência a formar produtos com menor tempo de pega e menor resistência.

**HOMOGENEIDADE:** gessos com grau de cristalização ou de desidratação diferentes aceleram o tempo de pega e diminuem a resistência mecânica do produto final.

**FINURA:** quanto menores forem as partículas de gesso, mais rápida será a pega, pois a superfície de contato será maior e conseqüentemente mais saturada será a mistura, favorecendo a cristalização, diminuindo o tempo de pega e a resistência final.

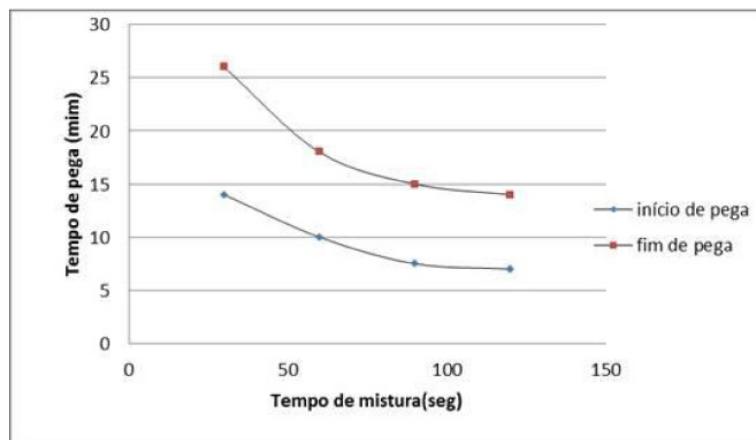
**CONSISTÊNCIA (relação água/gesso):** quanto maior for esta relação, maior será o tempo de pega, pois, a solução estará saturada, porém, menor será sua resistência final.

Figura 5-Influência do fator água/gesso no tempo de pega



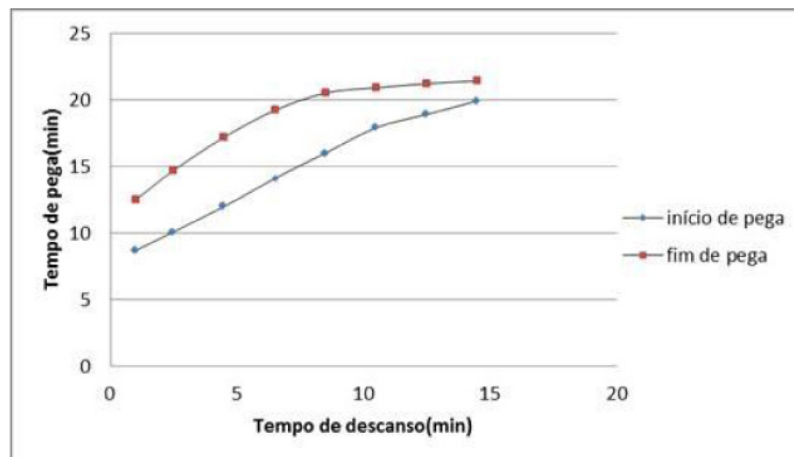
ESPATULARIZAÇÃO (energia de mistura): quanto mais longa e enérgica for realizada a mistura, menor o tempo de pega devido ao fraturamento e dispersão dos cristais, aumentando o número de núcleos de cristalização, diminuindo sua resistência final, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6- Influência do tempo e energia da mistura no tempo de pega do gesso



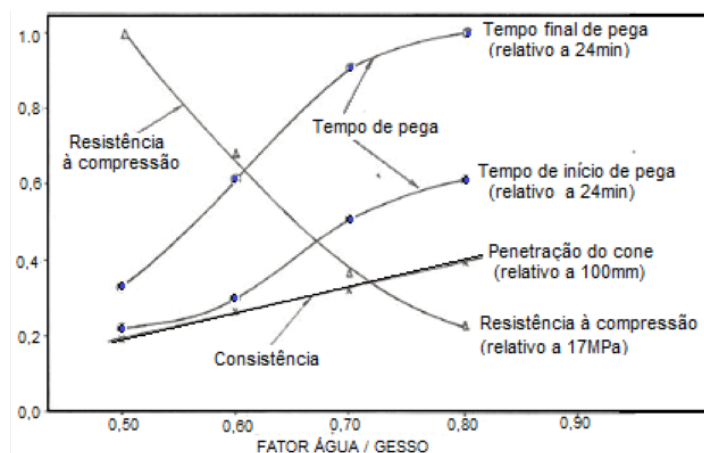
INTERVALO DE DESCANSO: o aumento no tempo de descanso provoca aumento proporcional no tempo de pega. Não havendo espatularização, a cristalização se processa de forma lenta com a formação de cristais maiores, o que aumenta o tempo de pega e promove maior resistência final (Figura 7).

Figura 7-Influência do tempo de descanso no tempo de pega do gesso



**RESISTÊNCIA MECÂNICA:** A resistência mecânica dos produtos de gesso se deve a coesão e fusão entre os cristais. Quanto maior a relação água/gesso, menor o entrelaçamento dos cristais e menor será a resistência à compressão (Figura 8).

Figura 8- Influência da consistência no tempo de pega e na resistência do gesso (fonte: Sobrinho, 1986).



**INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DO HEMIDRATO:** a depender do processo de desidratação da gipsita para obtenção do gesso, as características do forno e do controle do processo, haverá influência na qualidade do produto final. Estudos realizados por SANTOS&PARENTE(1997) avaliaram a concentração de teor de hemidrato na massa de gesso com adição de Gipsita. Resultados mostram a importância do controle na etapa de produção do gesso e utilização, pois sua hidratação precoce (ainda no saco), ou mesmo por contaminação de instrumentos ou recipientes com gesso hidratado, provocam diminuição do tempo de pega e reduzem as resistências mecânicas.

**TEMPERATURA :** o aumento da temperatura favorece as reações de cristalização, diminuindo sensivelmente o tempo de pega e a resistência final.

**ADITIVOS:** são substâncias químicas ou orgânicas que adicionadas em pequenas proporções a massa de gesso proporcionam modificações das em algumas propriedades da pasta alterando a condição da superfície dos grãos, o tempo de pega, as forças de adesão/atração e a impermeabilidade do produto à água.

**ADIÇÕES:** são substâncias minerais ou residuais que adicionadas ao gesso proporcionam modificações nas características e nas propriedades do produto ou composto de gesso.

Agentes retentores de água atuam no sentido de incorpora/absorver moléculas de água em suas moléculas liberando aos poucos para o processo de hidratação. Exemplo: hidroxietil-celulose e hidróxido de cálcio.

## 2. EFEITOS DOS ADITIVOS NO COMPORTAMENTO DO GESSO

### 2.1 Aditivos reguladores de tempo de pega

Os aditivos retardadores de pega da pasta de gesso geralmente atuam formando uma camada adsorvida sobre o hemidrato para reduzir a sua solubilidade e inibir o crescimento dos cristais de gesso(CRAIAG,1997). A utilização desse tipo de aditivos tende a promover alteração na microestrutura, forma e densidade dos cristais, interferindo na porosidade e nas resistências mecânicas finais. Os colóides e os ácidos são as substâncias que atuam de forma eficaz neste requisito. A exemplo tem-se os ácidos cítrico, fórmico, lácteo e seus sais alcalinos como citratos e acetados, bem como os colóides gelatina, caseína e goma arábica (JOHN, 2007).

HINCAPIE&CINCOTTO (1997) analisaram a influência da adição de ácido cítrico, bórax, caseína e gelatina na pasta de gesso, mantendo a mesma relação água/gesso em 0,7 e variando a proporção aditivo/gesso. Resultados mostraram que o ácido cítrico na proporção de 0,03% e a caseína na proporção de 8% conseguem retardar mais de 80 minutos o tempo de pega,

sem alterar de forma significativa a morfologia do gesso e a resistência mecânica. Já a adição de borax, na proporção 0,8%, conseguiu ampliar para 150 minutos o tempo de pega porém alterando a forma e o tamanho dos cristais e reduzindo 30% a resistência à compressão. A gelatina, na proporção de 1,5% conseguiu retardar o tempo de pega em mais de 80 minutos porém alterando de forma significativa o tamanho e forma dos cristais formados reduzindo significativamente a resistência mecânica.

Por outro lado os agentes aceleradores do tempo de pega atuam de forma a ampliar e acelerar o processo de nucleação de formação dos cristais e a alteração da relação iônica entre o cálcio e o sulfato na taxa de dissolução do hemidrato (LEWRY&WILIAMSOH, 1994b). Exemplo o próprio gesso dihidratado e o sulfato de potássio.

## 2.2 Aditivos adesivos e impermeabilizantes

Os agentes adesivos poliméricos interferem nas propriedades reológicas da pasta implicando em modificação da microestrutura interfacial de ligação promovendo uma maior adesão a substratos. Exemplo: Silicone (Polissiloxano), PVA (Acetado de polivinilo) e EVA (Etil vinil acetado) .

Estudos realizados na Faculdade de Arquitetura e no Instituto de Materiais e Física das Construções de Istambul (Sayil e Çolak,1999) analisaram o efeito da adição controlada de silicone e resinas epoxilica e acrílica no comportamento de compósitos de gesso. Os resultados deste estudo mostram que a adição das resinas analisadas diminuíram a absorção da água e a ascensão capilar, possivelmente decorrente da alteração da tensão superficial e obturação e/ou redução da porosidade. As resinas de silicone mostraram comportamento bastante superior em relação as resinas epóxi e acrílica. Consideração similar quando se avalia a influência das resinas nas resistências mecânicas analisadas.

Estudos realizados nas Universidades de Al-Mustansiria e Duhok, Iraque, (Najim, Al-Zubaidy e Yassin, 2015) mostraram que a adição crescente de emulsão de PVA(acetato de polivinilo) em mistura em gesso, aumenta a fluidez da pasta, podendo reduzir a quantidade de água em relação ao gesso para se obter a mesma consistência, conseqüentemente elevando a resistência à compressão e o módulo de elasticidade. Neste estudo é possível perceber que a adição de PVAc na mistura com gesso reduz significativamente a absorção de água, promovendo uma menor porosidade e em conseqüência, melhorias significativas na resistência à compressão e no módulo de elasticidade, estranhamente na redução da resistência à flexão.

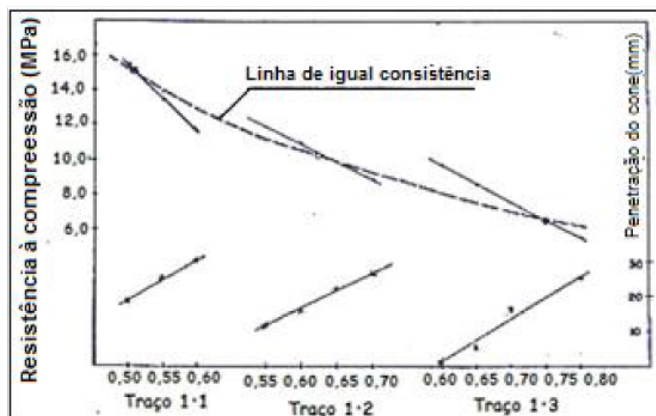
## 3. EFEITOS DE ADIÇÕES NO COMPORTAMENTO DO GESSO

As adições são substâncias minerais ou residuais que adicionadas ao gesso proporcionam modificações nas características e nas propriedades do compósito de gesso.

### 3.1 Influência do teor de agregados na argamassa de gesso

Estudos realizados por Sobrinho (1986) quanto a influência da areia na composição das argamassas de gesso constatou que as propriedades físico-mecânicas diminuem sensivelmente. A consistência, o tempo de pega e a resistência mecânica decrescem proporcionalmente com o acréscimo da proporção de areia (Figura 9).

Figura 9-Influência da areia nas propriedades da argamassa de gesso (fonte: Sobrinho, 1986)



John e Antunes (2004), corroborando com os resultados anteriores mostraram que maior proporção agregado/gesso exige maior quantidade de água na mistura para obtenção da mesma consistência conduzindo a um menor tempo de pega. A influência do teor de agregado na argamassa de gesso diminui a resistência de aderência nos substratos de blocos cerâmicos e de concreto, sofrendo influência do teor de umidade das superfícies destes tipos de blocos.

### **3.2 Influência da adição de hidróxido de Cálcio hidratado nas pastas de gesso**

Oliveira et.al. (1999) concluiu que a adição de  $\text{Ca(OH)}_2$  em mistura com gesso necessita de maior quantidade de água para obter consistência similar a pasta pura e que as propriedades mecânicas como resistência à compressão e à flexão, módulo de elasticidade e dureza, diminuem quase que proporcionalmente com o acréscimo desta adição. A Figura 16 apresenta o comportamento das pastas com adição de cal.

### **3.3 Influência de resíduos de gesso nas pastas de gesso**

Trovão(2012) em dissertação de mestrado estudou a alteração no comportamento e nas propriedades mecânicas do gesso quando da adição de resíduos de gesso utilizados na Construção Civil. Resultados mostraram que para obter uma pasta de consistência adequada para a moldagem há necessidade de adição de aditivos retardadores de pega e em pequenas proporções, do resíduo em relação à massa de gesso (menor que 10%), pode conseguir uma pequena elevação na resistência à compressão, mas em quantidades elevadas as propriedades mecânicas diminuem.

## **4. PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS EM GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os componentes em gesso apresentam as seguintes propriedades que os qualificam como elementos construtivos que potencializam sua utilização e no atendimento aos requisitos da Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), são estas:

4.1 Estabilidade dimensional: O baixíssimo coeficiente de dilatação térmica e hidráulica, aliado à considerável resistência mecânica e obtenção de fino acabamento superficial, possibilita a obtenção de componentes com precisão e padronização dimensional;

4.2 Leveza: Devido à sua baixa densidade (6,0-10,0 kN/m<sup>3</sup>) e com espessuras relativamente menores a componentes similares, as alvenarias de blocos de gesso possibilitam construções de alvenarias com baixa densidade por área construída;

4.3 Higroativo: A micro porosidade, apresentada pelos blocos, e a permeabilidade ao ar úmido, constituem um facilitador para a troca do grau de umidade entre o ambiente e o interior dos blocos de gesso, possibilitando a obtenção de equilíbrio higrotérmico;

4.4 Isolamento térmico: Os blocos de gesso apresentam baixo coeficiente de condutividade térmica, devido à baixa porosidade aliada à baixa densidade, ou seja, com isso, o calor se propaga mais lentamente no interior dos blocos, diminuindo a intensidade e retardando a transmissão do calor entre superfícies (interna e externa);

4.5 Isolamento acústico: Os blocos de gesso apresentam elevado índice de redução sonora para as principais frequências de percepção acústica detectáveis pelos homens. Em blocos maciços, de 100mm de espessura, por exemplo, é possível obter uma redução de até 38 decibéis para frequências entre 500 à 800Hz;

4.6 Incombustível: Os componentes de gesso são considerados incombustíveis, apresentando grande resistência a propagação das chamas. As moléculas d'água nele contidas opõe-se à elevação da temperatura e à propagação do calor. Esta característica lhe confere uma performance excepcional na resistência ao fogo, propagação de chamas e gases e servindo como barreira corta-fogo.

## 5. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE DO GESSO

O gesso, quando comparado aos dois outros ligantes minerais, é o que apresenta menor consumo energético para sua produção, menor produção de CO<sub>2</sub> por tonelada de produto produzida e apresenta melhor potencial de reciclagem. A tabela 1 apresenta um resumo destas características, baseado nos trabalhos de (Hammond & Jones, 2008; Monich & Tavares, 2010) e Sobrinho(2021).

Tabela 1- Comparativo na produção e na reciclagem de produtos

<b>Aglomerante</b>	<b>Gesso</b>	<b>Cal</b>	<b>Cimento</b>
Energia de produção (MJ/ton.)	1.800	3.000	4.200
Produção de CO <sub>2</sub> associada (kg/ton.)	120	760	830
Reciclagem potencial	Recalcinação/reutilização, correção solo(agricultura)	---	Agregado reciclado

Os produtos residuais de gesso, tanto na construção quanto após a demolição, podem ser reaproveitados ou reciclados. Pávoas et al. (Pávoas ,2014) apresenta formas de reutilização do gesso na produção de revestimentos internos de paredes, Sobrinho (FEUP,2021) apresenta a utilização de resíduo na gesso para fabricação de componentes pré-moldados.

Estudos em regiões do semiárido mostraram que a aplicação de doses crescentes de gesso resultou na redução do teor de sal no solo e incremento de matéria seca nas plantas de caupi cultivadas (LIMA et al., 2008)

Neste contexto, as questões de sustentabilidade são plenamente favoráveis às edificações construídas em produtos à base de gesso. Danotti & Samiei (2011) consideram que o movimento da sustentabilidade iniciou efetivamente com a aprovação da AGENDA 21, em 1999, no Rio de Janeiro.

## 6. CONCLUSÕES

A homogeneidade do gesso, referente ao teor e tipo de hemidrato, presente na massa de gesso e que influenciam nas características do tempo de pega e nas propriedades mecânicas dos produtos finais, a heterogeneidade da massa do gesso provoca a diminuição do tempo de pega e altera as características microestruturais do produto formado gerando produtos mal formados, potencialmente porosos e de baixa resistência.

O comportamento das pastas de gesso sofrem influências do processo de manipulação como tempo de descanso, energia de mistura e a incorporação de aditivos que interferem nas propriedades e nas características dos produtos formados.

Dos aditivos retardadores de pega da pasta de gesso, ácidos e os coloides são os mais efetivos podendo estender o tempo de pega a mais de 60 minutos e dos aditivos impermeabilizantes as resinas de silicone são as mais efetivas na modificação do comportamento dos produtos de gesso frente a ação da água.

As adições levantadas neste estudo, quase que na totalidade necessitam de aditivos retardadores e reduzem as propriedades mecânicas dos produtos finais.

Sistemas construtivos em construídos com elementos de gesso têm amplas potencialidades de atenderem aos requisitos das normas técnicas de desempenho agregando leveza, desempenho acústico e térmico, com propriedades hidrotérmicas e corta-fogo.

O gesso é o aglomerante mineral que necessita de menor quantidade de energia para sua produção. Seus resíduos podem voltar ao processo de desidratação, transformando-se novamente em gesso ou, mesmo em proporções pequenas, serem adicionados as pastas de gesso como adição, bem como apenas triturado ser utilizado como melhoria/correção do solo para agricultura.



## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 12127- Gesso para construção - determinação das propriedades físicas do pó, Rio de Janeiro, 2019, 6 pg.
- ABNT NBR 12128- Gesso para construção- determinação das propriedades físicas da pasta, Rio de Janeiro, 2019, 6 pg.
- ABNT NBR 12129 - Gesso para construção - determinação das propriedades mecânicas, Rio de Janeiro, 2019, 5 pg.
- ABNT NBR 13207-Gesso para construção civil- requisitos, Rio de Janeiro, 2017, 19 pg.
- ABNT NBR 14432-Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento, Rio de Janeiro, 2001, 14pg
- ABNT NBR 15575- Edificações habitacionais-Desempenho, requisitos, 6 partes, Rio de Janeiro, 2013.
- CRAIG, R.G- Restorative dental materials. 10th ed. Mosb. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da USP-SP. 1997,145pp.
- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. Sumário Mineral, Brasília, (2010). Disponível em:<<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>Acesso em: mai 2014.
- FERNANDES, F.R.; DA LUZ, A.V.; CASTILHOS, Z.C. (Eds) Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
- HINCAPIE, A.M, CINCOTTO, M A - Efeito do ácido cítrico no endurecimento das pastas de gesso propriedades de gesso aditivado. Anais I Encontro Nacional do Gesso na Construção Civil, pg 94-100. 1997 Olinda-Brasil.
- INDEX MUNDI, site <https://www.indexmundi.com/minerals> visitado em out,2019.
- IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas- Relatório de ensaios nº 906.840, mar, 2004
- JOHN, V.M, CINCOTTO, M.A- Gesso de construção civil.In revista IBRACON :Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia dos materiais. Nº1 G.C.Isaia, 2007,pp:727-760.
- JOHN.V.M., ANTUNES, R.P.N-Argamassas de gesso: Revista Ambiente Construído, ISSN 1415-8876, V.02nº01 2001,pp: 29-32.
- KARNI, J., KARNI, E- Gypsum in construction: origin and properties. Materials and Structure.1995 Nº28, pp92-100.
- LEWRY, A.J., WILLIAMSOH, J.(1994a).- The setting of gypsum plaster - Part I The hydration of calcium sulphate hemihydrate. Journal of Materials Science, oct 1994, Pp: 5279-5284.
- LEWRY,A.J., WILLIAMSOH, J.(1994b)- The setting of gypsum plaster: part III the effect of additives and impurities. Journal of Materials Science, oct 1994, Pp: 6085-6090.
- LIMA, F.S.; BARROS, M.F.C.; FERRAZ, F.B- Absorção de nutrientes e sódio pelo caupi em solos salino-sódicos corrigidos com gesso. Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.21 n.5 (Número Especial), p.95-101, dezembro de 2008
- McVAY T.N.-A study of hard finish gypsum plasters. THE ENGINEERING EXPERIMENT STATION, Bulletin 163 1927.
- MONICH, C.R.; TAVARES, S.F -Energia e CO2 embutidos na fabricação dos materiais de construção: panorama atual no Brasil e exterior. Anais XIII Encontro nacional do Ambiente Construído, Canela, RS. 2010, pp 927-936

- NAJIM, T. S., AL-ZUBAIDY, A.A., YASSIN S. A. – disponível em [www.researchgate.net/publication/275887464](http://www.researchgate.net/publication/275887464) Physical and mechanical properties of polymer-gypsum composite. 2015
- OLIVEIRA, C. T. A.; ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. . A influência da Cal na hidratação do Gesso. In: Encontro Nacional do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Florianópolis: ANTAC, 1998.
- SANTOS, V.A, PARENTE, A.H- Efeito do teor de hemidrato nas propriedades de gesso aditivado. Anais I Encontro Nacional do Gesso na Construção Civil, Pp: 61-65.1997 Olinda-Brasil
- SAYIL B. e ÇOLAK A.- Durability of polymer modified and impregnated gypsum // VIII DBMC- International durability of building materials and components, conference on durability. – 1999, Istanbul: [s.n.].
- PÓVOAS, Y. V.; RIBEIRO, A.C.A.S.; VIEGAS, D.J.A.- Influence of Calcined Gypsum Residue in the Heat of Hydration of the Plaster. The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v. 19, p. 9975-9986, 2014.
- SOBRINHO, A.C.P.L; AMARAL, A.J.R; DANTAS, J.O.C; DANTAS, J.R.A- Gipsita, Balanço Mineral Brasileiro, 2001. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-gipsita>.
- SOBRINHO, C.W.A.P- Durabilidade das alvenarias de blocos de gesso-limites de sua utilização. Tese de Doutorado, FEUP-PT 2021.disponível em <https://hdl.handle.net/10216/136064>
- SOBRINHO, C.W.A.P.; HOROWITZ, B.- Potencialidades do gesso para habitações populares: parte I: Caracterização físico-mecânica das pastas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRANSFER AND PRODUCTION OF HOUSING TECHNOLOGY IN RESEARCH AND PRACTICE - HABITEC 87, 1987, São Paulo.
- SOBRINHO, C. W. A. P.- Análise dos fatores que interferem na consistência, tempo de pega e resistência do gesso. Revista Pernambucana de Tecnologia, Recife-PE, 1996 v. 06, n.02, Pp: 39-58.
- TROVÃO, A.P.M.-Pasta de gesso com incorporação de resíduo de gesso e aditivo retardador de pega. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFES, Vitória-ES, 2012, 178pp.

## CAPÍTULO 2

# RESÍDUO DE GESSO COMO MATERIAL PARA CONFECCÃO DE BLOCOS DE GESSO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Yêda Vieira Póvoas

Professora Associada, Universidade de Pernambuco

### Resumo

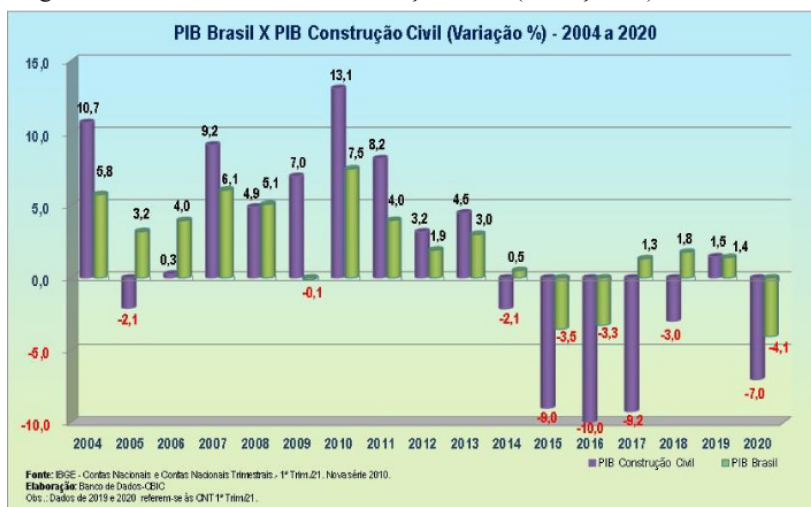
O uso do gesso vem crescendo na construção civil, principalmente por ser um forte substituto do cimento como revestimento interno de parede. Com esse crescimento há o acompanhamento do aumento da geração de resíduo devido ao seu rápido endurecimento e à existência de mão de obra desqualificada para a aplicação dos seus produtos. Tentado minimizar o problema de geração de resíduo, este texto apresenta pesquisas realizadas com o gesso e com seu resíduo chegando ao desenvolvimento de componentes para a construção civil. São descritas algumas origens dos resíduos de gerados e metodologias e resultados das pesquisas desenvolvidas para se chegar à fabricação de blocos de gesso calcinado, incluindo sua avaliação de desempenho. Como conclusão, são apresentadas formas práticas de reciclagem/beneficiamento do resíduo de gesso que ajudam a minimizar o impacto ambiental gerado por este material que é abundante no Brasil.

**Palavras-chave:** Gesso. Resíduo. Reciclagem. Desempenho.

### 1. INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil apresentou dois aumentos sucessivos em 2017 e 2018 após uma retração de 3,3% ocorrida em 2016 (CBIC, 2021). Com a pandemia devido ao COVID-19 voltou a retrair, chegando a -4,1% em 2020. A construção civil acompanhou o aumento em 2017, 2018 e 2019, alcançando -9,2%, -3,0% e 1,5%, respectivamente, mas o fechamento do setor fez, em 2020, chegar a um PIB negativo de 7,0% (Figura 1).

Figura 1 – PIB Brasil x PIB Construção Civil (Variação %) – 2004 a 2020



Fonte: CBIC (2021)

Embora tenha havido a queda do PIB em 2020, sabe-se que o setor da Construção Civil consome cerca de 50% dos recursos naturais (CARELI, 2008), e um dos minérios consumidos é a gipsita, de onde se produz o gesso.

Segundo o último levantamento do Sumário Mineral realizado sobre o minério gipsita, em 2018 (ANM, 2018), o Brasil permanece como o maior produtor da América do Sul e um dos 20 maiores produtores do mundo. Em 2017 o Brasil apresentou uma produção de aproximadamente 2,1 Mt, sendo Pernambuco, especificamente o Pólo Gesseiro do Araripe (Figura 2), o principal produtor do estado, responsável por 79,7% deste total, seguido pelo Maranhão (17,3%), Tocantins (2,2%), Pará (0,4%), Amazonas (0,2%), Rio Grande do Norte (0,1%) e Ceará (0,1%) (ANM, 2018).

Existe uma estimativa que 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras advém do setor da Construção Civil (CARELI, 2008), e Gusmão (2008) ainda afirma que durante estudo realizado em quatro obras na Região Metropolitana do Recife (RMR), foi encontrado 47% de desperdício de gesso apenas na aplicação de revestimentos de parede.

Figura 2 – Localização das cidades que compõem o Pólo Gesseiro do Araripe, em Pernambuco



Fonte: Peres, Oliveira Filho e Alencar (2014)

Fora o grande desperdício gerado, sérios problemas ambientais podem ser causados devido ao descarte inadequado do gesso. Quando em contato com o ambiente, principalmente áreas úmidas, as bactérias reduzem o sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) do gesso em gás sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e água, o que pode levar à contaminação do solo e do lençol freático. Este gás é incolor; mais denso do que o ar; parcialmente solúvel em água e compostos orgânicos; inflamável; de cheiro desagradável, característico de ovo podre; e tóxico, capaz de irritar os olhos e influenciar no sistema nervoso e respiratório, podendo levar a óbito em questões de minutos, a depender da concentração (JOHN; CINCOTTO, 2003; MAINIER; VIOLA, 2005).

O descarte inadequado não é um problema vivido apenas no Brasil, mas também na União Européia. Estima-se que 87% do montante de resíduo de gesso sejam depositados em aterros, não sendo adequadamente gerenciado em 20 dos 28 países europeus (JIMÉNEZ-RIVERO; GARCÍA-NAVARRO, 2017a).

A Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 deixou clara a preocupação do Brasil com o meio ambiente. Esta resolução apresenta definições, responsabilidades e deveres aos geradores de resíduos, inclusive dando prazos para os administradores públicos desenvolverem e implantarem um plano de gestão para os RCD. Há, também, a classificação de diversos tipos de resíduos sólidos visando à destinação correta de cada um. O resíduo de gesso se configurava na classe C, ou seja, resíduos que não tinham uma solução econômica definitiva.

Com a falta de possibilidade de renovação das matérias-primas disponíveis vários estudos foram desenvolvidos desde sua publicação, entre eles, o da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2009). Uma vez que houve comprovação da possibilidade do reaproveitamento do resíduo de gesso, foi publicado um alerta estabelecendo sua nova

classificação pela Resolução N° 431 de maio de 2011 do CONAMA, passando a classificação do resíduo de gesso para a classe B, definindo-o como material reciclável e financeiramente viável.

Alternativas de reutilização e reciclagem desse resíduo vêm sendo estudadas desde então, com o intuito de preservar parte destas reservas e de tornar o Brasil um país sustentável.

## 2. RESÍDUO DE GESSO

O gesso é um material alternativo e de baixo custo para ser utilizado na construção civil que proporciona um excelente acabamento superficial, além de reduzir o tempo de aplicação no sistema de revestimento interno de parede, pois todo o processo dura entre 7 e 14 dias, enquanto que o revestimento argamassado dura no mínimo 30 dias, sendo mais dispendioso se comparado ao revestimento de gesso.

Com uma parede no prumo e nivelada, é necessário aplicar apenas 3 mm de espessura do revestimento para servir de base para aplicação de pintura ou de placas cerâmicas.

### 2.1 Origem do resíduo de gesso

Segundo levantamento da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2009), quem gera o maior volume de resíduo de gesso é o serviço de aplicação do revestimento em pasta (Figura 3), seguido das placas e ornamentos de gesso fundido, das chapas de drywall e das massas utilizadas para o tratamento das juntas de todos os revestimentos que se utilizam da tecnologia drywall.

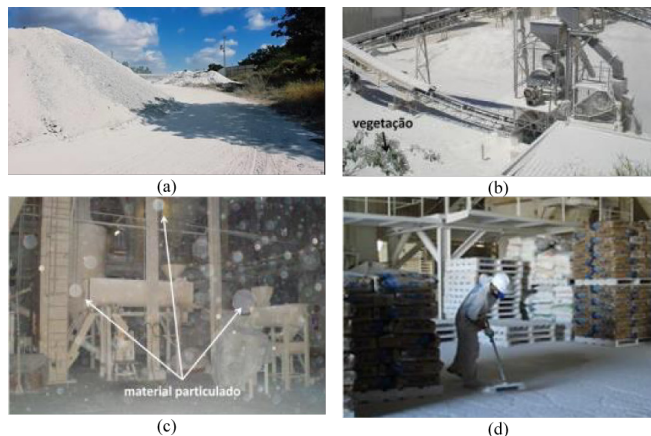
No entanto, não é apenas durante a execução dos serviços de construção que o resíduo é gerado. A geração também está presente na etapa de extração do minério, do processo de produção nas fases da britagem secundária (Figura 4b), calcinação (Figura 4c), acondicionamento (Figura 4d) e descarte de componentes com defeito ou devido a quebras (Figura 4a), além dos resíduos de demolição (PÓVOAS, 2019).

Figura 3 – Resíduo produzido por mão de obra não qualificada na execução do revestimento interno de parede: (a) resíduo total de um pavimento; (b) resíduo de uma masseira



Fonte: Póvoas (2019)

Figura 4 – Resíduos do processo de produção do gesso e de componentes: (a) descarte total (produção de gesso + componentes defeituosos); (b) da fase de britagem secundária; (c) particulado da fase de calcinação; e (d) resíduo de varrição do acondicionamento.



Fonte: (a) Póvoas (2019); (b, c e d) Pinheiro (2011)

## 2.2 Gestão de resíduos de gesso

A Resolução nº 307 do CONAMA (2002), em seu Artigo 2º, apresenta os seguintes conceitos:

“V- Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI- Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII- Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII- Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-lo de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto”.

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2009) apresentou um modelo de gestão para auxiliar na mudança de decisão da classe do resíduo de gesso da Resolução do CONAMA de C para B. O modelo apresenta as seguintes etapas:

- escolha correta do material;
- treinamento dos aplicadores para aplicação do produto;
- coleta seletiva e armazenagem do resíduo de gesso em local seco coberto e protegido das chuvas e de possíveis contatos com água;
- transporte realizado por pessoas cadastradas em órgãos municipais específicos; e
- destinação para ATTs (Áreas de Transbordo e Triagem) licenciadas pelas respectivas prefeituras.

A gestão de resíduos de gesso tem sido estudada por vários pesquisadores e um dos pontos em que todos concordam está na obrigatoriedade da segregação do resíduo na obra para que se obtenha um produto sem sujidades e com qualidade suficiente para a realização de uma reciclagem (JOHN; CINCOTTO, 2003; SILVA; FERNANDES, 2012; SUÁREZ; ROCA; GASSO, 2016; JIMÉNEZ-RIVERO; GARCÍA-NAVARRO, 2017b; MIRANDA; FEITOSA, 2018). Havendo a necessidade de o resíduo ser descartado em aterro devido ao local não possuir uma ATT, existe a possibilidade de um tratamento prévio para que os sulfatos sejam retirados evitando a contaminação do solo e do lençol freático (KIJJANAPANICH et al., 2013).

Existem três frentes principais de reaproveitamento do resíduo de gesso:

- indústria cimenteira, como retardador de pega do cimento (SUÁREZ; ROCA; GASSO, 2016);
- tratamento do solo (CHEN et al., 2018; KOTAKE; SANO, 2018); e
- indústria de transformação, onde pode ser reincorporado em seu processo de produção (SILVA; SANTANA; PÓVOAS, 2019).

Um fator bastante positivo para a reciclagem do resíduo de gesso é que o mesmo pode vir a ser reutilizado até cinco vezes havendo a possibilidade de recalinação do produto, ou seja, o resíduo é calcinado a primeira vez para ser utilizado e o resíduo gerado desta utilização pode ser recalcinado para ser utilizado uma segunda vez, e assim sucessivamente (RIBEIRO; MESQUITA; PÓVOAS, 2015; ERBS et al., 2018).

## 2.3 Reciclagem do resíduo de gesso

Inicialmente a reciclagem do resíduo de gesso em Recife teve lugar na própria obra por iniciativa das empresas aplicadoras, uma vez que possuíam a responsabilidade de dar destinação apropriada ao resíduo produzido. Em meados de 2006 o resíduo de gesso seco ou úmido começou a ser utilizado no revestimento interno de parede adicionando até 20% de resíduo seco ou úmido à nova mistura.

Embora houvesse interesse na não retirada de resíduos da obra, principalmente nas cidades da região Nordeste, pouco se sabia sobre o desempenho do novo material, uma vez que as pesquisas no Brasil sobre esse assunto eram incipientes.

Desta forma foi iniciada a pesquisa sobre gesso na POLI-UPE, a pedido do SINDUSGESSO-PE (Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco). Em 2007 foi desenvolvido o primeiro projeto na Universidade de Pernambuco com o objetivo de avaliar o gesso reciclado segundo a NBR 13207 (ABNT, 1994) para aplicação em revestimento interno de parede.

Vários sacos de gesso foram coletados de diversas construtoras para análise do material utilizado na Região Metropolitana do Recife (RMR). Amostras destes sacos foram utilizadas como referência e foi feita a adição de 5% e 10% do resíduo moído, também coletado das obras. Algumas obras possuíam sistema de gestão de resíduos, sendo possível coletar material com uma proporção menor de impurezas, mas todos os resíduos foram coletados e ensaiados. Os ensaios de caracterização englobaram determinações químicas, físicas e mecânicas para averiguar se o material em questão atendia aos requisitos e critérios normativos do gesso para construção.

Os resíduos coletados foram piloados manualmente para alcançar a dimensão máxima de 0,6 mm. As misturas mostraram que a adição de resíduo acelerou a hidratação da pasta e, conseqüentemente, diminuiu o tempo de pega (SCHMITZ; PÓVOAS, 2008), mas não houve perdas significativas na resistência de aderência, resistência à compressão, e dureza, podendo-se indicar a possibilidade de adição de até 10% de resíduo à pasta de gesso (SCHMITZ; PÓVOAS, 2009; BERNHOEFT; GUSMÃO; PÓVOAS, 2011).

A propriedade mais prejudicada foi o tempo de pega, que impossibilitou o uso de uma quantidade maior de resíduo na mistura para este tipo de aplicação, mas posteriormente verificou-se que a dimensão máxima utilizada também influenciava o tempo de pega, pois quanto maior a quantidade de partículas finas, menor o tempo de pega (SCHMITZ et al., 2009). Na realidade, o que vai limitar o tamanho do grão é a espessura do revestimento, pois a dimensão máxima deve ser equivalente a 30% da espessura do revestimento.

As visitas técnicas realizadas permitiram estabelecer etapas para a execução do revestimento interno de parede com utilização do resíduo produzido na própria obra que estão descritas em Póvoas et al. (2010). Para aumentar o tempo útil de aplicação foram iniciados vários estudos utilizando retardadores de pega (ALVES et al., 2012; ARAÚJO; PÓVOAS, 2013) e verificando a influência da composição granulométrica do resíduo de gesso a ser adicionado à pasta de gesso (CAVALCANTI et al., 2012).

Mesmo que o uso do resíduo no mesmo local onde foi gerado tenha sido uma boa alternativa para eliminar problemas com o transporte e a sua disposição irregular, esta reciclagem em obra não durou muito tempo, pois exigia mão de obra especializada para não aumentar ainda mais a sua geração. Sendo assim, procedeu-se a calcinação do resíduo para possibilitar seu uso em fabricação de componentes.

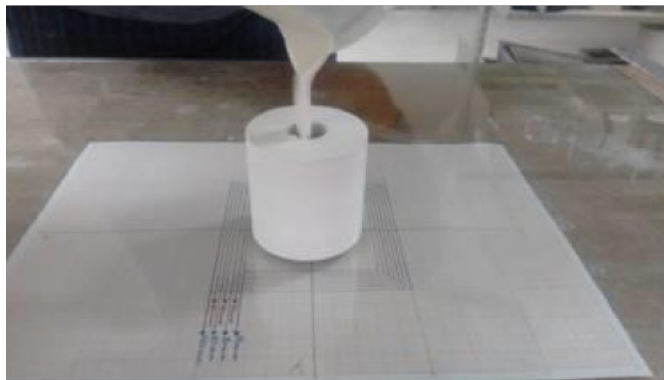
#### **2.4 Desenvolvimento de blocos de gesso reciclado**

Para o desenvolvimento de blocos de gesso reciclado o resíduo foi calcinado a 145 °C foram estudadas diferentes proporções de seu uso (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). A relação a/g de cada mistura foi determinada utilizando o teste do mini slump (Figura 5), adotando um espriamento de aproximadamente 75 mm, comumente utilizado para confecção de componentes para a construção civil. As misturas também foram testadas com 0,06% de aditivo retardador de pega, o citrato de sódio.

Foi verificado que os tempos de fim de pega foram semelhantes e ficaram bem próximos ao indicado pela NBR 13207 (ABNT, 2017), provavelmente devido às diferentes relações a/g das misturas. Ao se adicionar o aditivo retardador de pega verificou-se que quanto maior a porcentagem do gesso calcinado na mistura, menor a ação do citrato de sódio, com exceção daquela com 100% de resíduo que alcançou o mesmo tempo de fim de pega do gesso natural (SILVA; SANTANA; PÓVOAS, 2019).

Como se trata da fabricação de pré-moldados, onde não é desejável o endurecimento tardio da pasta, o citrato de sódio não foi utilizado para a confecção do componente.

Figura 5 – Equipamento utilizado para realização do teste do mini slump

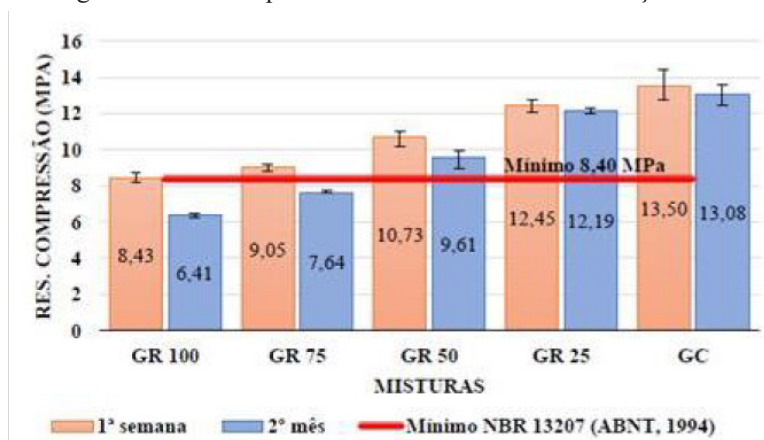


Fonte: Silva; Santana; Póvoas (2019)

Na determinação da resistência à compressão constatou-se que existe uma tendência de queda da resistência quando os corpos de prova são moldados em períodos diferentes após a calcinação (Figura 6), ou seja, o ideal é utilizar o gesso calcinado logo após seu beneficiamento, não o deixando armazenado por longo período de tempo.

Diante dos resultados obtidos foram produzidos blocos com 100% de gesso calcinado (Figura 7). Com estes blocos foram confeccionadas duas alvenarias utilizando gesso cola em suas juntas de assentamento e foram envoltas por pórtico metálico, sendo a primeira fixada com espuma de poliuretano em 3 pontos e a segunda, com gesso cola. Ambas foram avaliadas quanto ao seu desempenho pelos métodos: solicitações de cargas provenientes de peças suspensas (Figura 8), impacto de corpo duro (Figura 9), impacto de corpo mole (Figura 10) e resistência à compressão (Figura 11).

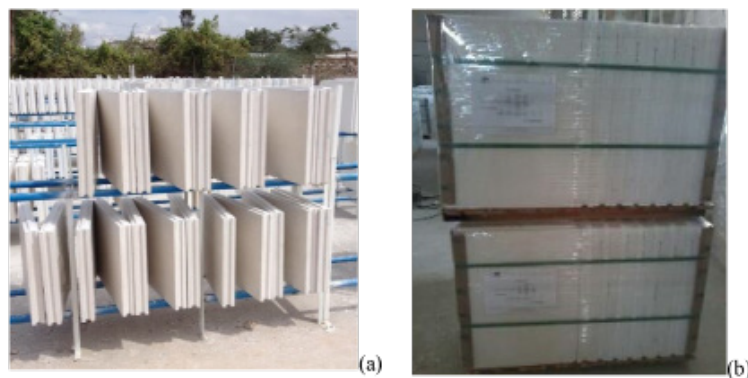
Figura 6 – Resistência à compressão das misturas com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de gesso calcinado após 1 semana e 2 meses da calcinação



Fonte: Santana (2018)



Figura 7 - Blocos de gesso calcinado: (a) secagem ao ar livre; e (b) armazenamento

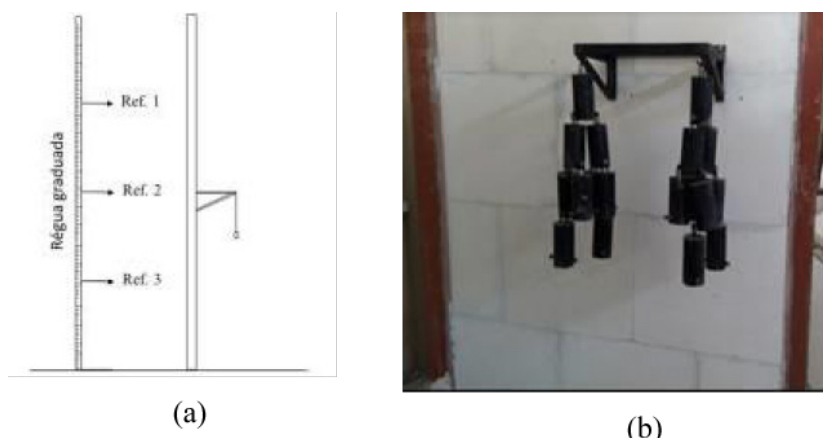


Fonte: Santana (2018)

Para o primeiro ensaio, a cada 3 minutos foi aplicada carga suspensa excêntrica de 0,5 kN, 0,7kN e 0,9 kN na parede. A última carga permaneceu por mais de 24 horas. Este procedimento foi realizado em três pontos específicos apresentados na Figura 8, para avaliação de desempenho quanto a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas.

A cada acréscimo de carga e após 2 e 24 horas com 0,9 kN, não foram verificados danos na parede nem no sistema de fixação e os deslocamentos horizontais instantâneos e residuais, após a retirada da carga, ficaram abaixo dos limites normativos de 5,3 mm e 1,1 mm, respectivamente (SANTANA et al., 2019).

Figura 8 – Avaliação de desempenho quanto a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas:  
(a) esquema; (b) foto

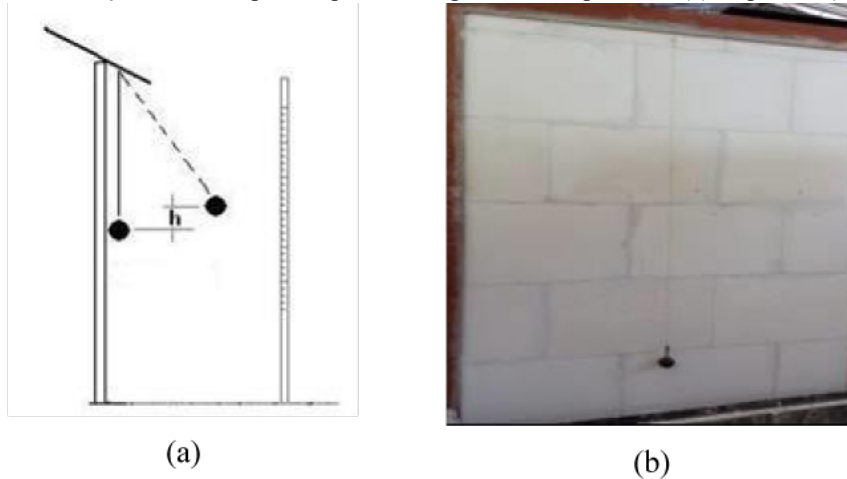


Fonte: Santana (2018)

Para verificar o desempenho da alvenaria quanto ao impacto de corpo duro, uma esfera maciça de aço de 5 Kg foi afastada da parede e solta em movimento pendular de uma altura tal que produzisse uma energia de impacto de 2,5 J e 10 J (Figura 9).

Após a realização do ensaio não foram observadas mossas acima do limite de 2 mm especificado pela norma e nem falhas para a energia de 2,5 J. Da mesma forma, não houve transpassamento da esfera e nem ocorreu ruína da alvenaria com a energia de 10 J. Os dois sistemas de alvenaria apresentaram nível de desempenho superior de acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) (SANTANA et al., 2019).

Figura 9 - Avaliação de desempenho quanto a impacto de corpo duro: (a) esquema; (b) foto

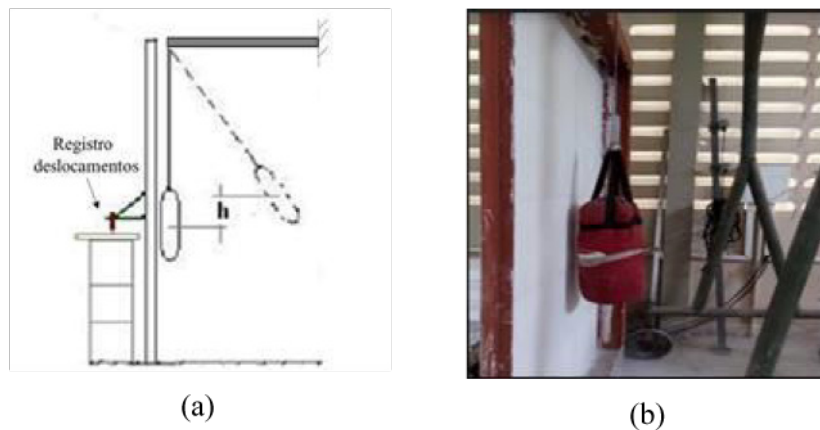


Fonte: Santana (2018)

Um saco de couro preenchido com areia e material leve com peso de  $(400 \pm 4)$  N foi erguido e liberado em queda livre e movimento pendular simples de modo a atingir as energias de impacto de 60 J, 120 J, 180 J e 240 J, para verificar o desempenho da alvenaria quanto ao impacto de corpo mole (Figura 10).

Após a realização dos choques até 180 J de energia, não houve nenhum tipo de ocorrência nas paredes. Para o impacto com energia de 240 J surgiram pequenas fissuras que não comprometeram a estabilidade estrutural da alvenaria. Os deslocamentos horizontais instantâneos e residuais produzidos pelos impactos nas paredes se mantiveram abaixo do especificado pela norma, de 21,3mm e 4,3mm, respectivamente (SANTANA et al., 2019).

Figura 10 - Avaliação de desempenho quanto a impacto de corpo mole: (a) esquema; (b) foto

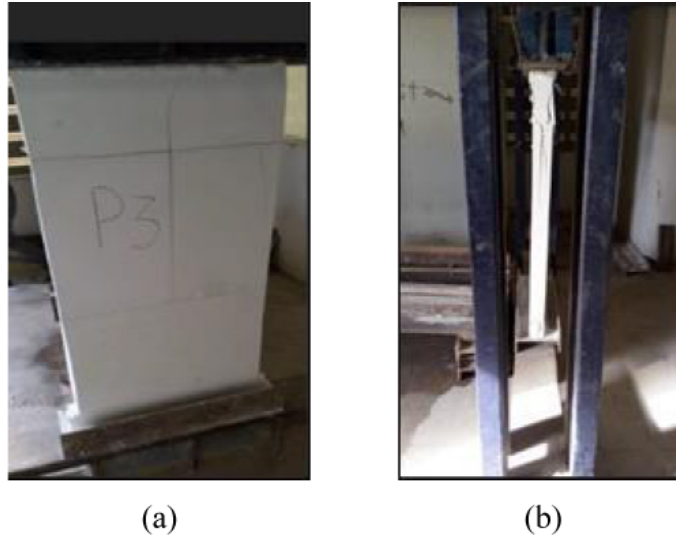


Fonte: Santana (2018)

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) não especifica a determinação da resistência à compressão de miniparedes. Para este ensaio foi tomado como referência a metodologia proposta por Pires Sobrinho (2009) apud Santana (2018) (Figura 11).

A tensão média de ruptura das miniparedes de bloco de gesso calcinado foi semelhante à tensão apresentada pelas mini paredes de bloco de gesso convencional e de bloco de concreto (Tabela 1). No entanto, mostrou-se superior às de tijolo cerâmico, apresentando quase o triplo da capacidade resistente (SANTANA et al., 2019).

Figura 11 - Avaliação de desempenho quanto à compressão: (a) vista frontal; (b) vista lateral



Fonte: Santana et al. (2019)

Tabela 1 – Resultado da resistência à compressão das miniparedes

Descrição das mini paredes	Tensão média de ruptura (MPa)
Blocos de gesso reciclado (0,6 x 1,2 x 0,07) m	3,02
Blocos de gesso (0,10 x 0,6 x 1,2) m (PIRES SOBRINHO, 2009)	3,57
Blocos de concreto estrutural (0,14 x 0,79 x 0,99) m (SOTO; RAMALHO; IZQUIERDO, 2013)	3,08
Tijolos cerâmicos (0,09 x 0,60 x 1,20) m (OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2017)	1,04

Fonte: Santana *et al.* (2019)

Fonte: Santana et al. (2019)

Após todas as análises realizadas apresentou-se a viabilidade do uso de um bloco de gesso composto 100% com resíduo de gesso calcinado que inclusive recebeu uma patente.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. Sumário mineral 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/gipsita\\_sm\\_2018](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/gipsita_sm_2018). Acesso em: 28 de Jul. 2021.

ALVES, B.C.A.; CAVALCANTI, R.A.A.; ROMANO, R.C.O.; JOHN, V.M.; PÓVOAS, Y.V. Interferência do citrato de sódio na calorimetria da pasta de gesso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14. Anais. Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

ARAÚJO, A.R.B.; PÓVOAS, Y.V. Influência do citrato de sódio no calor de hidratação de argamassas de gesso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10. Anais. Fortaleza, Ceará, 2013.

11

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

\_\_\_\_\_. NBR 13207. Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. NBR 15575-4. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. Resíduos de gesso na construção

Civil: coleta, armazenamento e reciclagem. 2009. Disponível em: [https://sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2016/01/residuos\\_gesso\\_c\\_civil.pdf](https://sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2016/01/residuos_gesso_c_civil.pdf). Acesso em: 05 Out. 2019.

BERNHOEFT, L.F.; GUSMÃO, A.D.; PÓVOAS, Y.V. Influência da adição de resíduo de gesso no desempenho da resistência a compressão e resistência à aderência nas argamassas de gesso para revestimento de paredes internas. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2. Anais. Maceió, Alagoas, 2011.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. PIB Brasil e Construção Civil. 2021. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/home/>. Acesso em: 28 Jul. 2021.

CARELI, E.D. A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia, Departamento de Resíduos Sólidos Urbanos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

CAVALCANTI, R.A.A.; ALVES, B.C.A.; ROMANO, R.C.O.; JOHN, V.M.; PÓVOAS, Y.V. Composição granulométrica do resíduo de gesso influencia nas propriedades do revestimento interno de parede. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14. Anais. Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

CHEN, Q.; ZHANG, Q.; QI, C.; FOURIE, A.; XIAO, C. Recycling phosphogypsum and construction demolition waste for cemented paste backfill and its environmental impact. *Journal of Cleaner Production*. v.186, p.418-429, Jun. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Publicada no DOU nº 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/36\\_09102008030504.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf). Acesso em: 05 Out. 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011. Publicada no DOU nº 99, de 25/05/2011, pág. 123. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 05 Out. 2019.

ERBS, A.; NAGALLI, A.; QUERNE DE CARVALHO, K.; MYMRIN, V.; PASSIG, F.H.; MAZER, W. Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. *Journal of Cleaner Production*. v.183, p.1314-1322, May 2018.

GUSMÃO, A.D. Manual de gestão dos resíduos da construção civil. Camaragibe, PE: CSS, 2008.  
12

JIMÉNEZ-RIVERO, A.; GARCÍA-NAVARRO, J. Exploring factors influencing post-consumer gypsum recycling and landfilling in the European Union. *Resources, Conservation & Recycling*. v.116, p.116-123, Jan. 2017a.

JIMÉNEZ-RIVERO, A.; GARCÍA-NAVARRO, J. Best practices for the management of end-of-life gypsum in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. v.167, p.1335 -1344, Nov. 2017b.

JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. Alternativas de gestão dos resíduos de gesso. São Paulo. 9p. 2003. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: 05 Out. 2019.

JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon. p.727-760, 2007.

KIJANAPANICH, P.; ANNACHHATRE, A.P.; ESPOSITO, G.; VAN HULLEBUSCH, E.D.; LENS, P.N.L. Biological sulfate removal from gypsum contaminated construction and demolition debris. *Journal of Environmental Management*. v.131, p.82, Dec. 2013.

KOTAKE, N.; SANO, H. Hardening performance of reclaimed gypsums for stabilizing agent to improve soft clayey ground. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. v.20(2), p.766-776, 2018.

MAINIER, F.B.; VIOLA, E.D.M. O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o meio ambiente. In: II SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2. Anais. Resende, Rio de Janeiro, p.612-618, 2005.

MIRANDA, R.S.; FEITOSA, W.G. Waste management in construction. Multidisciplinary Scientific Journal Nucleus of Knowledge. Year 03, ed. 09, v.12, p.05-39, Sep. 2018.

PERES, L.; OLIVEIRA FILHO, J.I.; ALENCAR, H. Potencialidades do Pólo Gesso do Araripe. In: SIMPÓSIO PÓLO

GESSEIRO DO ARARIPE: POTENCIALIDADES, PROBLEMAS E SOLUÇÕES. Apresentação. 2014. Disponível em: <http://www.ipa.br/novo/arquivos/paginas/1-Palestra%20-%201.pdf>. Acesso em: 06 Out. 2019.

PINHEIRO, S.M.M. Gesso Reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 330p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

PÓVOAS, Y.V. Resíduo de gesso como material para confecção de componentes para a construção civil. Livre docência. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. 2019.

PÓVOAS, Y.V.; LORDSLEEM JUNIOR, A.C.; SCHMITZ, I.B.T.A.; JOHN, V.M. Reaproveitamento do resíduo de gesso na execução de revestimento interno de vedação vertical. Ambiente Construído. v.10, p.1-19, 2010.

RIBEIRO, A.C.A.S.; MESQUITA, L.S.; PÓVOAS, Y.V. Calor de hidratação de pastas com resíduo de gesso em três ciclos de reciclagem. In: LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES, 2015. Anais. Guimarães, Portugal, v.1, p.391-400, 2015.

SANTANA, C.V. Avaliação de desempenho de blocos fabricados com gesso reciclado em processo industrial. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. 2018.  
13

SANTANA, C.V.; PÓVOAS, Y.V.; SILVA, D.G.C.; MIRANDA NETO, F.A. Recycled gypsum block: development and performance. Ambiente Construído. v.19, p.45-58, 2019.

SCHMITZ, I.B.T.A.; PÓVOAS, Y.V. Estudo do desempenho da pasta de gesso com adição de seu resíduo como revestimento interno de paredes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 8. Anais. Curitiba, Paraná, 2009.

SCHMITZ, I.B.T.A.; PÓVOAS, Y.V. Heat of hydration study of gypsum pastes with the addition of its waste. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 10. Anais. Cali, Colômbia, 2008.

SILVA, D.G.C.; SANTANA, C.V.; PÓVOAS, Y.V. Production of components with plaster residue and sodium citrate: physical, mechanical, rheological analysis. Ambiente Construído. v.19, p.33-43, 2019.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. Revista Sociedade & Natureza. Ano 24, n.2, p.333-344, Mai./Ago. 2012.

SUÁREZ, S.; ROCA, X.; GASSO, S. Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context. Journal of Cleaner Production. v.117, p.150-159, Mar. 2016

# **POLO GESSEIRO DO ARARIPE: ASPECTOS HISTÓRICOS, MINERALÓGICOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO GESSO PRODUZIDO**

**FERNANDA CAVALCANTI FERREIRA<sup>1</sup>;  
JOSÉ GETÚLIO GOMES SOUSA<sup>2</sup>;  
ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> fernandacavalcantif@gmail.com

<sup>2</sup> jose.getulio@univasf.edu.br

<sup>3</sup> arnaldo.carneiro@ufpe.br

## **Resumo**

O Polo Gesso do Araripe, que engloba as cidades de Araripina, Trindade, Ouricuri, Ipubi e Bodocó, localizadas em Pernambuco, é o maior produtor de gesso do país, embora seja a atividade mais recente, com cerca de meio século de existência. No presente texto, são apresentados aspectos históricos da mineração na região desde o seu início até os dias atuais, características mineralógicas da gipsita utilizada no local, bem como aspectos que mostram que a região ainda apresenta grande potencial de crescimento, que é atribuído a alta qualidade do minério gipsita da região, a presença de um parque industrial no local, o baixo consumo per capita de gesso no Brasil, a importação de manufaturados de gesso de outros países, as diversas alternativas de escoamento de produtos da região para outras localidades e o apoio de diversas instituições de pesquisa nas proximidades. Na sequência, é apresentada uma avaliação de qualidade e de conformidade com as normatizações brasileiras de gessos para revestimento produzidos no Polo Gesso do Araripe. Verifica-se que, a gipsita do Polo Gesso do Araripe é de grande qualidade, uma vez que, independente do porte da empresa produtora de gesso e do seu respectivo controle de produção, as propriedades dos gessos são semelhantes. Esta publicação complementa e utiliza como referência de comparação de resultados o artigo de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b), que realiza uma caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesso do Araripe. Ambos são parte da dissertação de mestrado de Ferreira (2017).

**Palavras-chave:** Polo Gesso do Araripe. Gipsita. Gesso. Qualidade do gesso.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Polo Gesso do Araripe, em Pernambuco, é a área de exploração de gipsita de maior importância no Brasil, fazendo parte da Bacia Sedimentar do Araripe (ARAÚJO, 2004), conforme mostra a Figura 2.1. A região dista, aproximadamente, 680 km de Recife, capital pernambucana, e foi responsável pela produção de 79,7% de gipsita do Brasil, segundo o DNPM (2018).

Segundo o último levantamento do Sumário Mineral realizado sobre o minério gipsita, em 2018 (ANM, 2018), o Brasil permanece como o maior produtor da América do Sul e um dos 20 maiores produtores do mundo. Em 2017 o Brasil apresentou uma produção de aproximadamente 2,1 Mt, sendo Pernambuco, especificamente o Pólo Gesso do Araripe (Figura 2), o principal produtor do estado, responsável por 79,7% deste total, seguido pelo Maranhão (17,3%), Tocantins (2,2%), Pará (0,4%), Amazonas (0,2%), Rio Grande do Norte (0,1%) e Ceará (0,1%) (ANM, 2018).

Figura 1 – Mapa dos Municípios da Região do Araripe em Pernambuco.



(Fonte: adaptação FUPEF, 2007)

De acordo o Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco – SINDUSGESSO (2017), o polo do Araripe, engloba as cidades de Arripina, Trindade, Ouricuri, Ipubi e Bodocó, todas pertencentes a Pernambuco, possuindo 42 mineradoras, 174 calcinadoras e 750 produtores de pré-moldados, que geram cerca de 13.900 empregos diretos e 69.000 indiretos.

A região apresenta algumas peculiaridades no que diz respeito aos aspectos socioeconômicos, que a diferenciam dos demais espaços dos sertões pernambucano e nordestino (ARAÚJO, 2004). Segundo as estratégias do governo do Estado de Pernambuco, o Polo Gesseiro da Região do Araripe é um dos focos para os Arranjos Produtivos Locais (APLs), pois junto com o corpo técnico do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), desenvolve o Programa de Produção e Difusão de Inovações para a Competitividade do APL do gesso, para que a região cresça social e economicamente.

Leitão (2005) afirma que a região ocupa esta posição em função da magnitude de suas reservas, da alta qualidade do minério ali encontrado e pela instalação de um parque industrial de porte no local. Desse modo, incentivos à produção de gesso na região é uma possibilidade de desenvolvimento da economia do local, logo são bem-vindos estudos e pesquisas que tratem da divulgação da qualidade e potencial do material.

Diante deste contexto, no presente texto, são apresentados os aspectos históricos, de potencial de crescimento da região e mineralógicos. Por fim, é apresentada uma avaliação das características do gesso de construção civil comercializado no Polo Gesseiro do Araripe, segundo a normatização brasileira.

Esta publicação é parte da dissertação de mestrado de Ferreira (2017). Com base nesta dissertação, um estudo acerca das propriedades do gesso para revestimento do Polo do Araripe com objetivo de aplicação em revestimentos de restauro (FERREIRA, SOUSA, CARNEIRO, 2019a) e uma caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe (FERREIRA, SOUSA, CARNEIRO, 2019b) foram publicados.

## 2. ASPECTOS HISTÓRICOS

A mineração constitui a atividade mais recente, com cerca de meio século de existência na região, uma vez que a agropecuária existe na região há aproximadamente três séculos (ARAÚJO, 2004). O Rio Grande do Norte era o maior produtor de gesso até 1961 (NUNIS, 1971).

As reservas do Ceará, Pernambuco e Piauí são geologicamente pertencentes a formação chamada de Formação Santana. Em 1963 e 1964, o Ceará foi o maior produtor. Entretanto, o acesso era difícil para caminhões em algumas épocas do ano e, com a entrada cada vez maior de Pernambuco no mercado em virtudes das facilidades de extração e acesso durante todo o ano, com estradas razoáveis e proximidades dos maiores centros consumidores, a produção do Ceará caiu a produção, passando o estado de Pernambuco a dianteira em 1965 (NUNIS, 1971).

A exploração era deficitária quanto ao nível técnico, com falta de industrialização local e grandes distâncias aos centros consumidores e todo minério bruto era distribuído em Pernambuco, São Paulo e Minas Gerais, que a utilizam em maior parte, nas fábricas de cimento, dada a falta de um beneficiamento local (COSTA, ANJOS, 1962).

No final da década de 70, surgiu o gesso químico ou fosfogesso, um subproduto da indústria do ácido fosfórico, como um forte competidor do gesso, pelo baixo preço e proximidade com o mercado consumidor, levando a uma queda na produção deste último, entretanto, apresentava remoção das impurezas onerosa (ARAÚJO et al., 1983). Houve uma queda na produção de gipsita em 1978 e 1979 devido a produção do fosfogesso, todavia, a produção da gipsita volta a subir nos anos seguintes (DNPM, 1982 apud ARAÚJO et al, 1983).

Devido à crise que se iniciava com a gipsita do Araripe, o Governo de Pernambuco através das Secretarias de Planejamento e de Indústria, Comércio e Minas, apoiou uma série de iniciativas que visavam trazer novas perspectivas para sua exploração, de modo que a crise foi revertida a partir de 1980 e confirmou-se em 1981 (ARAÚJO et al, 1983). Na metade dos anos 80, houve oscilações que descreveram uma nova fase para o setor. A produção brasileira de gipsita cresceu significativamente depois da segunda metade da década de 90 (ARAÚJO, 2004). O Brasil conseguiu superar um milhão de toneladas extraídas das minas em 1996 devido aos investimentos realizados, dados os mecanismos de financiamentos do Estado (ARAÚJO, 2004).

Entre 1997 e 2010, a produção de gipsita vem gradualmente crescendo, de acordo com os dados do DNPM, embora tenha revelado um 'efeito gangorra', que sobe e desce, alternando fases de crescimento e redução em um curto prazo.

Segundo DNPM (2018), em 2017, a produção brasileira de gipsita bruta alcançou 2,1Mt (Tabela 1), uma redução de 21,9 % em relação ao ano anterior. Pernambuco como principal estado produtor de gipsita do Brasil, foi responsável, em 2017, por 79,7 % do total produzido.

No ano de 2017, 39 empresas declararam ter produzido gipsita. As empresas que mais produziram gipsita no Brasil foram: Mineradora São Jorge, Gesso Integral, Rocha Nobre Mineração, Mineração Alto Bonito, Votorantim Cimentos N/NE, Mineradora Sombra da Serra, Mineração Puluca, Alencar e Parente Mineração, Indústria de Gessos Especiais e Royal Gipso. Em conjunto essas empresas foram responsáveis por 83,3 % da produção nacional em 2017 (DNPM, 2018). A Tabela 1 apresenta a reserva e produção mundial de gipsita.

Tabela 1 – Reserva e produção mundial.

Discriminação	Reservas (10 <sup>3</sup> t)	Produção (10 <sup>3</sup> t)		
		2016	2017	(%)
<b>Países</b>	<b>2016</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>(%)</b>
Brasil	450.000	2.674	2.113	0,8
China	nd	130.000	130.000	50,0
Estados Unidos da América	700.000	17.000	17.500	6,7
Irã	1.600	16.000	16.000	6,2
Turquia	170.000	9.000	9.000	3,5
Espanha	nd	7.000	7.000	2,7
Tailândia	nd	11.300	11.000	4,2
Japão	nd	4.670	4.700	1,8
Rússia	nd	4.400	4.400	1,7
México	nd	5.380	5.400	2,1
Itália	nd	8.550	8.600	3,3
Índia	39.000	3.500	3.500	1,3
Austrália	Nd	2.580	2.600	1,0
Egito	nd	2.200	2.200	0,8
Argélia	nd	2.130	2.100	0,8
Arábia Saudita	nb	1.860	1.900	0,7
Alemanha	nd	1.800	1.800	0,7
Paquistão	nd	1.660	1.700	0,7
Canadá	450.000	1.630	1.600	0,6
Argentina	nd	1.500	1.500	0,6
Reino Unido	30.000	1.200	1.200	0,5
Omã	4.900	6.050	6.000	2,3
França	nd	3.280	3.300	1,3
Outros países	nd	15.636	14.887	5,7
<b>TOTAL</b>	<b>nd</b>	<b>261.000</b>	<b>260.000</b>	<b>100,0</b>

nd – dado não disponível.

p – preliminar

r - revisado

(Fonte: DNPM, 2018)



### 3. POTENCIAL DE CRESCIMENTO

O Brasil se destaca mundialmente na produção de minerais não-metálicos e produtos derivados, como cimento, cal e caulim, além de produzir e consumir grande volume de agregados para concreto (ARAÚJO, 2004). Dias e Cincotto (1995) já afirmavam que o consumo de gesso no Brasil é insignificante, quando comparado aos demais aglomerantes.

Contudo, tal deficiência pode ser vista como um interessante potencial de crescimento, uma vez que a penetração dos produtos de gesso no setor de construção civil pode crescer com facilidade. As edificações do Brasil são parecidas às encontradas na Europa e nos Estados Unidos, dando indícios que os produtos de gesso podem atingir o mesmo nível de difusão encontrado nestas regiões (PROAPL, 2009). Acrescenta-se ainda que, consumo per capita de gesso dos EUA, Europa e Chile em 2005 foi de 82, 60 e 41 kg/habitante (2005), o estudo de gesso na construção civil é uma área de estudos, que oferece muitas opções para linhas de pesquisa e gera inúmeras possibilidades para atividades de extensão no campo da Engenharia a fim de aperfeiçoar processos ou de capacitar mão de obra especializada. Desse modo, pode-se afirmar que há necessidade de se potencializar a exploração e uso de gesso no Brasil, como forma de movimentar a economia nacional, bem como pela possibilidade de se conhecer mais o material e utilizá-lo em aplicações de maior valor agregado.

### 4. ASPECTOS MINERALÓGICOS

Nas jazidas do Araripe, em Pernambuco, ocorrem as variedades mineralógicas de gipsita, conhecidas na região com os nomes de Johnson, cocadinha, rapadura, estrelinha, selenita e alabastro, além da anidrita e do boro (Baltar et al., 2004b apud Baltar, Bastos, Luz, 2005). Baltar, Bastos e Borges (2004) apresentam as variedades mineralógicas da gipsita da região como:

- Pedra Johnson, que é a mais pura, de coloração variando de branco a creme estruturada com “nódulos” e “estrelas”;
- Cocadinha, que é estratificada com filmes de argila verde raros;
- Rapadura, que é estratificada com filmes milimétricos de argila verde;
- Estrelinha, que apresenta cristais radiados em forma de estrela;
- Selenita, que é variedade placosa, incolor e transparente;
- Alabastro, que é transparente e maciça. A variedade apresenta problemas na calcinação por seu caráter fibroso, que causa anisotropia.

A anidrita natural ou pedra ruim se apresenta com várias cores (RIBEIRO, 2011) e o boro é a gipsita misturada com argila.

Para a produção do hemi-hidrato  $\alpha$ , utiliza-se a variedade mineralógica de gipsita conhecida por pedra Johnson e para o hemi-hidrato  $\beta$ , utilizam-se as variedades cocadinha, rapadura e estrelinha, todas com teores de pureza acima de 90 % (BALTAR, BASTOS, BORGES, 2004). O boro é utilizado como “gesso” agrícola (BALTAR, BASTOS, DA LUZ, 2005).

### 5. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DO GESSO DE CONSTRUÇÃO

A NBR 13207 - Gesso para construção civil - Requisitos (2017a) define o gesso para construção como um material proveniente da gipsita ou resíduos de gesso, constituído predominantemente de sulfato de cálcio di-hidratado, calcinado e reduzido a pó, podendo conter adições e/ou aditivos.

Essa norma brasileira fixa os requisitos para a caracterização, inspeção, e recebimento do gesso utilizado na construção civil para fabricação de elementos, componentes e revestimento de superfícies, por meio de requisitos físico-químicos e mecânicos, como tempo de pega, granulometria, quantidades de água livre e de cristalização, óxido de cálcio e anidrido sulfúrico, aderência, dureza e massa unitária. Esta nova edição da NBR 13207 (2017a) não faz indicação das normas de método de ensaio que devem ser utilizadas para determinação dos valores por ela requisitados. As normas de método de ensaio para determinação desses valores são:

- NBR 12127 – Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas do pó;
- NBR 12128 – Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso;
- NBR 12129 – Gesso para construção civil – Determinação das propriedades mecânicas;
- NBR 12130 – Gesso para construção – Determinação de água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico.

## 5.1. Metodologia de avaliação

Para avaliação da qualidade do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe, foram selecionados dois gessos para revestimento, produzidos na região, coletados aleatoriamente em empresas de portes variados (pequeno a grande porte).

Esses gessos foram caracterizados nos estados anidro, fresco e endurecido, quanto à granulometria e massa unitária (NBR 12127, 2019a), massa específica (NM 23, 2000), teores de água livre e água de cristalização (NBR 12130, 2017b), consistência normal e tempo de pega (NBR 12128, 2019b), dureza (NBR 12129, 2019c), resistência à compressão (NBR 12129, 1991) e resistência de aderência à tração em substrato de bloco cerâmico sem tratamento de base (NBR 13528-2, 2019d). Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b) apresentaram a caracterização mecânica de cinco gessos para revestimento produzidos no Polo Gesseiro, seguindo a mesma metodologia proposta.

Em complementação ao estudo mencionado (FERREIRA, SOUSA, CARNEIRO, 2019b) e como forma de comparação, coletou-se o gesso de duas empresas no presente estudo, com portes variados, sendo uma delas, com mais de 21 anos no mercado e com maior número de funcionários. Dessa forma, foram caracterizados os gessos B e C coletados e comparados com os gessos G1 e G4 caracterizados por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b), escolhidos aleatoriamente. É sabido que, a empresa que produz o gesso C executa um grande controle de qualidade de seus produtos; é a empresa de maior tempo e quantidade de funcionários dentre as todas as coletadas.

Dessa forma, são apresentados no Quadro 1 a codificação e a origem dos gessos discutidos no presente texto.

Quadro 1 – Codificação e origem das amostras de gesso.

Codificação do gesso	Cidade de origem	Porte da empresa	Tempo de produção	Tipo de forno de calcinação
G1 <sup>1</sup>	Araripina – PE	-	1 a 5 anos	-
B	Trindade – PE	11 a 30 funcionários	6 a 10 anos	Barriga quente
C	Araripina – PE	Mais de 100 funcionários	Mais de 21 anos	Forno rotativo intermitente
G4 <sup>1</sup>	Araripina – PE	-	11 a 20 anos	Barriga quente

## 5.2. Resultados e discussão

Os resultados de caracterização da granulometria dos gessos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de granulometria dos gessos (NBR 12127, 2017).

Gesso	% passante na peneira de 0,21 mm	Requisito NBR 13207 (2017a)
G1 <sup>1</sup>	96,35	90 % passante na peneira de abertura 0,21 mm
B	96,41	
C	98,69	
G4 <sup>1</sup>	96,02	

<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

A partir da Tabela 2, pode-se verificar que todos os gessos atendem a porcentagem de passante mínima de 90% requisitada pela NBR 13207 (2017a), com valor superior a 96%, independente do porte da empresa. A empresa que fornece o gesso C, de maior porte, apresenta a maior porcentagem passante (98,69%).

Os resultados de caracterização das massas unitárias e massas específicas dos gessos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de massas unitária e específicas dos gessos.

Gesso	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Requisito da norma – NBR 13207 (2017a)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
G1 <sup>1</sup>	0,64±0,01	≥ 0,6 g/cm <sup>3</sup>	2,60±0,01
B	0,74		2,57
C	0,64±0,01		2,59
G4 <sup>1</sup>	0,70		2,54±0,02

<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

A massa unitária mínima requisita pela normatização brasileira (NBR 13207, 2017) é de 0,6 g/cm<sup>3</sup>, e todos os gessos atendem a este valor mínimo. Os gessos estudados no presente trabalho apresentaram valores de massa unitária entre 0,64 e 0,74 g/cm<sup>3</sup>, já os gessos estudados por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b), apresentaram massa unitária entre 0,64 e 0,70 g/cm<sup>3</sup>, ou seja, valores próximos.

A NBR 13207 (2017a) não faz requisição em relação ao valor de massa específica. Os valores encontrados no presente estudo são 2,57 e 2,59 g/cm<sup>3</sup>, e são compatíveis com os valores encontrados por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b) quando analisaram 5 gessos para revestimento produzidos no Polo Gesseiro do Araripe e com os valores obtidos por Cincotto, Agopyan e Florindo (1985) quando os autores analisaram 15 gessos comercializados em São Paulo, em 1988. Bardella (2011) atribui essas variações de massa unitária e massa específica ao arranjo dos cristais e à estrutura cristalina do material, dependente das condições de produção.

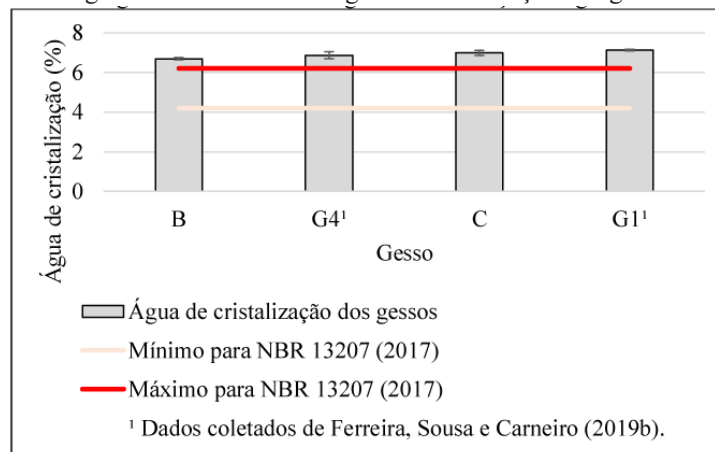
Os resultados de caracterização de água livre e de água de cristalização estão apresentados na Tabela 4 e Figura 2, respectivamente.

Tabela 4 – Resultados de água de livre dos gessos.

Gesso	Água livre (%)	Limite água livre (%) NBR 13207 (2017a)
G1 <sup>1</sup>	0,73 ± 0,01	≤ 1,3%
B	0,54	
C	0,30	
G4 <sup>1</sup>	0,08	

<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

Figura 2 - Resultados de água de cristalização dos gessos.



Na Tabela 4, são apresentados os teores de água livre dos gessos; este valor depende das condições ambientes. Todos os gessos atendem ao valor máximo de 1,3% requisitado pela NBR 13207 (2017a), e estão dentro do intervalo de 0,08 a 0,73% verificados por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b). A partir da Figura 2, pode-se verificar que os valores de água de cristalização variaram entre 6,87 e 6,99%, em contrapartida os valores obtidos por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b), variaram 6,5 e 7,4%. A NBR 13207 (2017a) requisita o mínimo 4,2% de água de cristalização e todos atendem a esse requisito. Além disso, a mesma norma requisita o teor máximo 6,2% e todos os gessos coletados ultrapassam esse valor em até 0,79%, para os gessos estudados no presente estudo e em até 1,2% no estudo de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

Segundo Ferreira (2017), a determinação do teor de água de cristalização é de grande importância, pois evidencia a condição de calcinação da gipsita, apresentando relação com a composição do gesso, variando entre a gipsita, hemidrato e anidritas. De acordo com a autora, teores acima de 6,2 % podem indicar a presença de matéria não calcinada e abaixo de 4,2 %, supercalcificada.

Na Tabela 5, são apresentados os resultados de consistência normal dos gessos. Os valores de relação a/g da consistência normal foram entre 0,40 e 0,48. Pode-se afirmar que, a consistência normal é somente um valor de referência para produtores e laboratoristas para avaliação de conformidade do gesso, pois, na prática, não há possibilidade de aplicação de um revestimento com essa relação, devido às condições de trabalhabilidade e tempo de pega reduzidos, exceto com a utilização de aditivos.

Tabela 5 – Resultados de consistência normal dos gessos.

<b>Gesso</b>	<b>Relação a/g da consistência normal</b>
G1 <sup>1</sup>	0,48
B	0,48
C	0,40
G4 <sup>1</sup>	0,44

<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

Na Tabela 6, os resultados de tempo de pega dos gessos com consistência normal são apresentados.

Tabela 6 – Resultados de tempo de pega dos gessos com consistência normal.

<b>Gesso</b>	<b>Tempo de início de pega (min)</b>	<b>Requisito da NBR 13207 (2017) para início de pega (min)</b>	<b>Tempo de fim de pega (min)</b>	<b>Requisito da NBR 13207 (2017) para fim de pega (min)</b>
G1 <sup>1</sup>	18,16±0,08	≥ 10 min	21,57±0,38	≥ 35 min
B	11,78±0,34		13,96±0,65	
C	7,38±0,26		11,75	
G4 <sup>1</sup>	10,18±0,22		13,19±0,04	

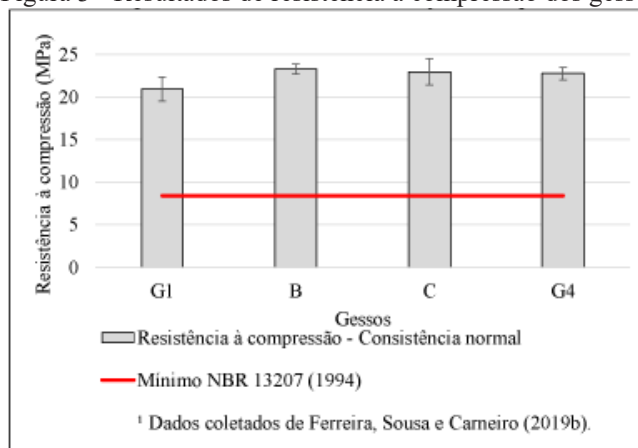
<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

A NBR 13207 (2017a) requisita tempos de início e fim de pega mínimos para as pastas de gesso com consistência normal como forma de garantir que a pasta de gesso tenha um tempo útil para utilização. Quanto ao tempo de início de pega, somente um dos gessos (C) não atendeu ao tempo mínimo de 10 minutos; já para o fim de pega, nenhum dos gessos atende ao tempo mínimo de 35 minutos.

Na prática, são aplicadas pastas de gesso com relação a/g superiores ao valor dado pela consistência normal e, portanto, os tempos de pega serão maiores. Mais água significa um tempo de endurecimento mais longo para obter uma massa rígida (KARNI, KARNI, 1995).

Na Figura 3, os resultados de resistência à compressão dos gessos produzidos com relação água/gesso dada pela consistência normal são apresentados.

Figura 3 - Resultados de resistência à compressão dos gessos.



A nova edição da NBR 13207 (2017a) não trata da avaliação da resistência à compressão do gesso para revestimento. A versão anterior da NBR 13207 (1994) orientava a apresentação de uma resistência à compressão mínima de 8,40 MPa para um gesso de construção produzido com a relação água/gesso de consistência normal. Portanto, todos os gessos estudados atendem a essa normatização, com valores de resistência à compressão superior à 20 MPa. É importante destacar que, a compressão não é uma propriedade muito importante para o revestimento de gesso, mas uma caracterização do material com a resistência à compressão se justifica por ser uma propriedade com menor variação nos resultados, podendo ser utilizada como controle da qualidade.

A importância da determinação da dureza se justifica pela necessidade de se avaliar as qualidades mecânicas do revestimento e a sua capacidade de receber acabamentos como pinturas especiais ou componentes colados (DIAS, CINCOTTO, 1995). O ensaio de dureza (NBR 12129 (2019c)) foi realizado com o método de penetração da esfera em corpos de prova produzidos com a relação a/g dadas pela consistência normal. A dureza dos corpos de prova com a relação água/gesso dada pela consistência normal não pode ser obtida uma vez que, dada a alta quantidade de gesso para certa quantidade de água (baixa relação água/gesso), levou a confecção de material excessivamente rígido com alta resistência mecânica e baixa resistência à deformação, que, durante o ensaio de penetração da esfera, resultou no rompimento dos corpos de prova, de modo semelhante a Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b). Provavelmente, com uma relação a/g maior, como as que ocorrem em pastas para execução de revestimento, isso não ocorreria.

Na Tabela 10, são apresentados os valores de resistência de aderência à tração dos revestimentos executados sobre substrato de bloco cerâmico.

Tabela 7 – Resistência de aderência à tração dos revestimentos executados sobre substrato de bloco cerâmico.

Gesso	Resistência de aderência à tração (MPa)	Requisito da NBR 13207 (2017a)
G1 <sup>1</sup>	0,43 ± 0,19	≥ 0,2 MPa
B	0,66 ± 0,23	
C	0,41 ± 0,17	
G4 <sup>1</sup>	0,49 ± 0,11	

<sup>1</sup> Dados coletados de Ferreira, Sousa e Carneiro (2019b).

Observa-se que a aderência dos revestimentos, independentemente do tipo de gesso, alcança o valor mínimo solicitado pela NBR 13207 (2017a) de 0,2 MPa. Os valores de resistência de aderência à tração estão entre 0,41 e 0,66 MPa e estão próximos aos valores obtidos por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019a, 2019b).

O ensaio de aderência apresentou grande variação dos resultados. Entretanto, mesmo com essa variação, comentada e investigada por outros autores na literatura (COSTA, 2007; COSTA, CARASEK, 2009; GONÇALVES, 2004; SARAIVA, BAUER, GONÇALVES, 2010), é o mais indicado para avaliação do desempenho de revestimentos. Os resultados de aderência do revestimento estão compatíveis com os de Almeida (2014), Delgado e Pires Sobrinho (1997), Dias e Cincotto (1995) e Hincapie et al. (1997).

Verifica-se que, independentemente, do porte da empresa produtora de gesso e seu respectivo controle de produção, deficitário ou bastante avançado, o hemidrato obtido apresenta características e propriedades semelhantes, o que se atribui a alta qualidade da matéria prima. Todavia, é necessário cuidado e intervenção para a produção racional desse material, de forma a garantir a qualidade do produto.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo, podem-se obter as seguintes conclusões:

1- O Polo Gesseiro do Araripe pode ser visto como uma região com grande potencial de crescimento quando se verifica o baixo consumo per capita de gesso no Brasil, a importação de manufaturados de gesso ao Brasil que poderiam ser produzidos no próprio país, a grande quantidade de empresas na região, as várias alternativas de escoamento da Chapada do Araripe e o apoio de instituições de pesquisa e ensino próximas que podem conhecer mais o gesso e utilizá-los em aplicações de maior valor agregado;

2- O presente estudo foi uma ampliação dos estudos realizados por Ferreira, Sousa e Carneiro (2019a, 2019b), considerando mais empresas produtoras de gesso, inclusive com maior porte e tempo de mercado; as características dos gessos de todos esses estudos foram bastantes semelhantes.

3- A gipsita do Polo Gesseiro do Araripe é de grande qualidade, uma vez que, independente do porte da empresa e do seu respectivo controle de produção, as propriedades dos gessos foram semelhantes;

4- Embora muitas empresas tenham um sistema de produção pouco industrial, com controle de qualidade incipiente o material obtido é de qualidade. Contudo, é preciso que haja intervenção para a produção racional desse material, de modo a garantir a qualidade do produto.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Y. K. R.. Estudo de resistência de aderência de revestimento executados com pasta de gesso, considerando diferentes substratos. 2014. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Fundação Universidade Federal Vale do São Francisco.

ARAÚJO, A. P. R.; PERES, L. S.; QUEIROZ, A. B.; SERPA, F. G.. Gipsita do Araripe: alternativas e perspectivas da exploração mineral e industrialização. Recife, R. Pernambuco Tecnol, 1983. 30 p.

ARAÚJO, S. M. S.. O pólo gesseiro do Araripe: unidades geo-ambientais e impactos da mineração. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2004, 259 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12127: Gesso para construção: Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2019a. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12128: Gesso para construção: Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2019b. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: Gesso para construção: Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2019c. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: Gesso para construção: Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12130: Gesso para construção - Determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido. Rio de Janeiro, 2017b. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017a. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 1994. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528-2: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração - Parte 2: Aderência ao substrato. Rio de Janeiro, 2019d. 10p.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMATIZAÇÃO. NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. 11p.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. de F.; LUZ, A. B.. Gipsita. In: Adao Benvindo da Luz; Fernando Antonio Freitas Lins. (Org.). Rochas & Minerais Industriais. 1ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2005, v. 1 c21, p. 449-470.

BALTAR, C. A. M.; FREITAS, E. J. G.. A Produção de Gesso no Brasil: Mineração e Calcinação de Gipsita. In: Congresso Internacional de Geociências na CPLP, 2012, Coimbra. I Congresso Internacional de Geociências na CPLP. Coimbra: Centro de Geociências & Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra, Anais... 2012. v. 1. p. 85-85.

BARDELLA, P. S.. Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2011. Tese (Doutorado). 235 p.

CINCOTTO, M.A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M.C. O gesso como material de construção – propriedades físicas e mecânicas (2ª parte). In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Tecnologia das Edificações. São Paulo, 1985b. p. 17-20, 1985.

COSTA, E. B. C.; CARASEK, H. Influência dos parâmetros de ensaio na determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 17-35, out./dez. 2009.

COSTA, E. Investigação do método de ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa. 2007. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007. 205p.

COSTA, W. D., ANJOS, N. da F. R., Gipsita no estado de Pernambuco. Comissão de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco. Recife - 1962. 60 p.

DELGADO, C. B.; PIRES SOBRINHO, C. W. A.. Revestimentos de gesso (pasta e argamassa) determinação das propriedades mecânicas. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Anais... Salvador – BA, 11 p. 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Sumário Mineral 2018: gipsita. Brasília: DNPM, 2018, 3 p.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. Revestimento à Base de Gesso de Construção. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. Revestimento à Base de Gesso de Construção. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A.. Revestimento à base de gesso de construção. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

FERREIRA, F. C.. Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2017. 204 f.

FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G.; CARNEIRO, A. M. P. Caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe. *Ambient. constr.* vol.19 no.4 Porto Alegre out./dez. 2019b.

FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G.; CARNEIRO, A. M. P. Study of properties of gypsum plasters of Araripe's Pole for application in restoration mortars. In: 5th Historic Mortars Conference, 2019, Pamplona. Proceedings of the 5th Historic Mortars Conference, PRO 130, 2019a.

GONÇALVES, S. R. C. Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – Estudo de caso. 2004. 148p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

HINCAPIE, H.; ANGELA, M.; OLIVEIRA, C. T. A.; TAKEASHI, M. S.; CINCOTTO, M. A.; SELMO, S. M. S. Revestimento de gesso liso-Avaliação da aderência e dureza superficial, sobre diversos substratos. *Gypsum Fair*, 97. Olinda, PE, 1997. p. 119-126.

KARNI, J.; KARNI, E. Gypsum in Construction: origin and properties. *Materials and Structures*, v. 28, n. 176, p.92-100, 1 mar. 1995.

LEITÃO, M. A. S. . Gesso: Conhecimento e Uso na Engenharia. In: XXXIII Cobenge - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2005, Campina Grande. Anais do XXXIII COBENGE- Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Anais... 2005. v. 1.

MIRANDA NETO, L. L.. Localização industrial e custos logísticos: uma abordagem da multimodalidade de transportes do Polo Gesseiro da Região do Araripe Pernambucano. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. 2012. 85 p.

NUNIS, M. B.. Quantificação dos depósitos de gipsita do Araripe (Área Casa de Pedra – Ouricuri – PE). Ministério do Interior. SUDENE. DNPM. Recife. 1971. 31p.

PROAPL. APL de GESSO DO ARARIPE. PMC do APL de GESSO Revitalizado. Programa de Produção e Difusão de Inovações para a Competitividade de APLs do Estado de Pernambuco – BID. 2009. Disponível em: Acesso em: 15.07.16.

SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; GONCALVES, S. R. C.. Variabilidade de Aderência de Revestimentos de Argamassa. *Téchne: Revista de Tecnologia da Construção*, São Paulo, v. 6, p. 70-74, 2010.

SINDUSGESSO. Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcários, Derivados de Gesso e de Minerais Não-Metálicos do Estado de Pernambuco. <http://www.sindusgesso.org.br>. Informações gerais sobre a Indústria do gesso da Bacia do Araripe: 2017.



# PRODUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE GESSO POR Prensagem Mecânica Uniaxial

JOÃO CARLOS CÔRTE REAL<sup>1,2</sup>;  
LEONARDO BANDEIRA DOS SANTOS<sup>1,5</sup>;  
BRUNO CRISTOVÃO DUCLERC VERÇOSA<sup>3</sup>;  
VALDEMIR ALEXANDRE SANTOS<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela UNICAP;

<sup>2</sup>Supervisor de Segurança do Trabalho da Moura Dubeux;

<sup>3</sup>Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP;

<sup>4</sup>Docente dos Mestrados de Engenharia Civil e de Desenvolvimento de Processos Ambientais – UNICAP;

<sup>5</sup>Pesquisador Associado do IATI - Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação

## Resumo

Os pré-moldados convencionais de gesso têm como características básicas as de um material de baixa resistência mecânica e alta absorção de água. Para melhorar tais características foi desenvolvida pesquisa de produção de blocos de gesso, moldados por prensagem uniaxial. Utilizando-se planejamentos experimentais foram determinadas condições operacionais adequadas para obtenção de pré-moldados por prensagem uniaxial de corpos de prova de gesso e água estequiometricamente necessária. Os efeitos na microestrutura dos corpos de prova foram acompanhados com observações em um MEV. A prensagem provocou um alongamento e arrumação dos cristais em forma de feixes paralelos e uma redução significativa da porosidade do material. Os corpos de prova prensados com carga em torno de 301 kN e relação água/gesso de 0,42 m/m apresentaram as melhores propriedades mecânicas. A relação estequiométrica água/gesso, aplicada à confecção dos corpos de prova contribuiu para um aumento da resistência mecânica dos mesmos, uma grande redução na absorção de água e contribuiu para aumentar a possibilidade de produção de um gesso hidratado, com características de material estrutural – um novo componente construtivo sustentável.

**Palavras-chave:** Gesso, Prensagem uniaxial, Resistência mecânica, Absorção de água, MEV.

## 1. INTRODUÇÃO

Pré-moldados de gesso são largamente utilizados na construção civil para o acabamento do interior devido a interessantes propriedades acústicas, térmicas, elétricas e, principalmente, por ser um produto de custo relativamente baixo (HELOÍSA; CAGNONI; FERREIRA, 2019). O pré-moldado de gesso é um material de baixas resistências mecânicas e de alta absorção de água. Contudo, sabe-se que as características mecânicas dos pré-moldados de gesso dependem de diversos fatores, tais como: a natureza do gesso utilizado (gesso- $\alpha$  e  $\beta$ ) e ao processo da preparação: consistência (relação de água/gesso, em peso) e a presença de aditivos. Visando uma melhoria das propriedades mecânicas dos pré-moldados de gesso, particulados, fibras naturais e sintéticas, e aditivos químicos são adicionados como práticas atuais de fabricação (DJAMEL-EDDINE; KAID-HARCHE, 2021). No entanto, a introdução dessas novas substâncias nos pré-moldados de gesso reflete na elevação de dificuldades de reciclagem dos pré-moldados, após o respectivo ciclo de vida (SAYONARA; CAMARINI, 2015).

A maioria das aplicações para o gesso envolve a adição de água para a moldagem da pasta e obtenção de peças pré-moldadas. A adição dessa água encontra-se diretamente ligada a sua microestrutura. Cristais bem formados requerem menor quantidade de água, enquanto que aqueles mal formados requerem mais água (WAHAB et al., 2017). Durante o endurecimento da pasta o aquecimento provoca evaporação da água excedente, comparada com a quantidade estequiometricamente necessária. Em consequência disto, quanto maior a quantidade de água para formação da pasta maior a porosidade formada e, conseqüentemente, menor a resistência mecânica do produto pré-moldado. Entretanto, a redução da quantidade de água fica condicionada à obtenção da qualidade de detalhes do pré-moldado. Pouca água reduz a fluidez da pasta e a possibilidade de se obter moldes menos precisos, embora o material resultante passe a apresentar uma maior resistência mecânica (MOGHADAM et al., 2019).

A conformação de peças cerâmicas por prensagem uniaxial de material granulado é amplamente utilizada no setor produtivo, em especial em cerâmicas, por proporcionar alta produtividade, automatização e por permitir a confecção de peças com tamanho e geometrias variadas (AMORÓS et al., 2008). Consiste em se preencher a cavidade de um molde rígido com o material granulado e aplicar uma pressão uniaxial até que o pré-moldado atinja características mecânicas adequadas para a sua extração do molde.

O grande problema técnico com os pré-moldados de gesso tem sido a escala de dureza alcançada pelo gesso ao se reidratar, alcançando o valor máximo de 2 (configuração cristalina da microestrutura do minério de gipsita). Dessa forma, tem sido objetivo de alguns trabalhos de desenvolvimento tecnológico a modificação da microestrutura do gesso durante a etapa de sua reidratação, eliminando-se, ao máximo, os espaços vazios deixados pela saída da água de hidratação em excesso. O presente trabalho tem como objetivo produzir um pré-moldado de gesso por prensagem uniaxial.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Confecção dos Corpos de Prova**

Para melhorar o desempenho do gesso, através de modificações de sua microestrutura, a proposta foi preparar corpos de prova com uma quantidade menor possível de água (baixa razão água/pó), de modo a reduzi a porosidade, aumentando a resistência mecânica do corpo de prova e a resistência à absorção de água. Posteriormente, em razão das dificuldades de preparar uma pasta de gesso que apresentasse fluidez necessária ao preenchimento adequado de um molde, como se faz convencionalmente. Dessa forma, antes de ser submetido à prensagem uniaxial o gesso foi umedecido com uma quantidade de água próxima à estequiometricamente necessária. Foi então utilizada uma prensa hidráulica para se obter corpos de prova.

Na prática, a quantidade de água utilizada na preparação da pasta convencional de gesso é de cerca de 0,7 kg de água para cada quilograma de gesso. Essa relação cai para um valor em torno de 0,209, relação que equivale à quantidade estequiométrica, ou seja:

As prensagens dos corpos de prova foram realizadas no Laboratório de Geotecnia da UNICAP.

### **2.2 Seleção dos Fatores Necessários**

Um planejamento experimental deve envolver na investigação um número adequado de fatores, para determinar quais os que mais influenciam e/ou otimizam uma variável resposta e reduzem a variabilidade no processo. O planejamento fatorial fracionário de dois níveis é útil nos estágios iniciais de um planejamento experimental para identificar os fatores mais importantes no processo.

O uso de um gesso com teor de semi-hidrato acima de 85% e a aplicação de um planejamento fracionário do tipo 2<sup>5</sup>-2 envolveram os fatores: Relação água/gesso, carga de prensagem, temperatura da água de hidratação, tempo de hidratação e pH da mistura. Como resultado foram selecionados os fatores relação água/gesso e carga de prensagem, para as variáveis respostas: resistência à compressão, resistência à flexão e absorção de água. Após a seleção dos fatores estatisticamente importantes foi aplicado um delineamento composto central rotacional – DCCR (KHIDHIR; HAMADI, 2018), o qual indicou prováveis condições otimizadas para o processo de conformação por prensagem uniaxial do gesso.

No caso das condições experimentais deste trabalho, utilizou-se um delineamento composto central rotacional para as duas variáveis – carga de prensagem e relação água gesso. A Tabela 1 apresenta os valores dos fatores correspondentes aos valores desses mesmos fatores codificados.

Tabela 1 – Valores das variáveis codificadas e reais para o DCCR adotado

Fator/Nível	-1,41	-1	0	1	1,41
Carga de prensagem, kN	238	250	280	310	322
kg água/kg gesso, -	0,21	0,25	0,35	0,45	0,49

Com a adoção do delineamento do tipo DCCR para as duas variáveis independentes o número de experimentos foi estimado em 12, assim distribuídos: 4 pontos fatoriais, 4 pontos centrais e 4 pontos axiais. As variáveis dependentes observadas foram: (i) Resistência à compressão; (ii) Resistência à flexão e; (iii) Absorção de água.

### 2.3 Semi-hidrato Utilizado

Os semi-hidratos utilizados nos experimentos tinham níveis de água de hidratação da ordem de 5,89 %, determinada com auxílio de um analisador de umidade por infravermelho, modelo IV2002 com impressora, de marca GEHAKA. Para observar a microestrutura do semi-hidrato produzido foram preparadas amostras e observadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV: JSM 5600 LV JEOL) pertencente à Universidade Católica de Pernambuco. As amostras do gesso antes e após a prensagem foram observadas ao MEV, fixadas ao suporte do microscópio apenas por uma cola de carbono.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz do delineamento experimental aplicado, com as respostas obtidas de resistências à compressão e à flexão, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de planejamento dos experimentos resultante da aplicação de um DCCR aos corpos de prova confeccionados por prensagem

N°	Carga de prensagem (kN)	Relação água/gesso kg/kg	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à flexão (MPa)	Absorção de água (%)
1	-1	-1	8,5	4,51	4,91
2	+1	-1	12,4	4,82	4,72
3	-1	+1	16,6	5,32	4,63
4	+1	+1	18,0	5,49	4,59
5	-1,41	0	14,4	4,88	4,69
6	1,41	0	22,3	6,22	4,55
7	0	-1,41	15,2	5,11	4,44
8	0	1,41	20,1	6,33	4,41
9	0	0	26,5	7,80	3,81
10	0	0	26,8	7,74	4,13
11	0	0	26,4	7,78	3,92
12	0	0	26,5	7,79	4,03

Para observar as variações sofridas pela microestrutura dos corpos de prova foram levadas ao MEV amostras hidratadas do semi-hidrato utilizado moldadas com auxílio da formação de uma pasta com 70 % de água em peso em relação ao gesso (Figura 1) e com auxílio de prensagem (Figura 2). A Figura 1 ilustra a microestrutura do gesso hidratado, caracterizada por cristais longos do processo de fabricação sob controle de pressão e temperatura, porém apresenta significativo espaçamento entre cristais o que caracteriza considerável porosidade do material. A Figura 2 ilustra a microestrutura de uma amostra de gesso hidratado, prensada e observada ao MEV com fator de ampliação semelhante à micrografia mostrada pela Figura 1 (3700 vezes). Neste caso pode-se observar cristais muito mais alongados e conformados em forma de feixes, reduzindo os espaços entre cristais, configurando um material com baixíssima porosidade.

Figura 1 – Micrografia dos cristais do gesso hidratado utilizado nos experimentos e observados com auxílio do MEV

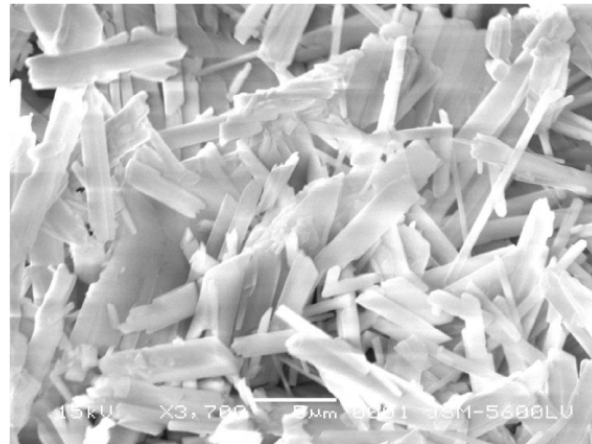
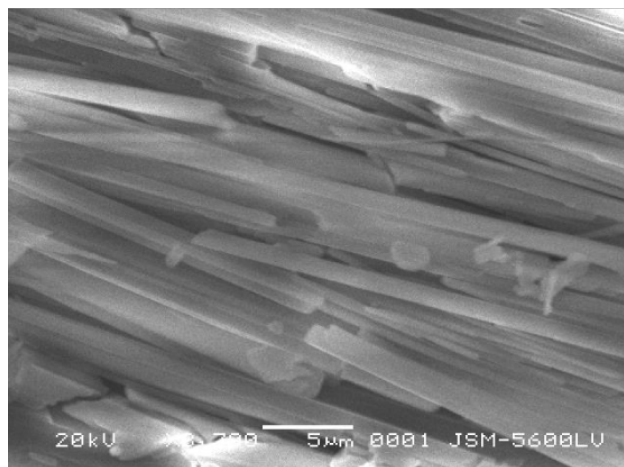


Figura 2 – Micrografia dos cristais dos corpos de prova produzidos por prensagem uniaxial e observados com auxílio do MEV



Com auxílio do software STATISTICA, Versão 10, foram obtidos dados da análise do delineamento experimental proposto (DCCR). As Tabelas de 2 a 4, de análises de variâncias (ANOVA), são relativas às variáveis resposta dos corpos de prova prensados. Na tabela 2 todos os termos deverão ser utilizados em um modelo de previsão, mesmo havendo se confirmada uma falta de ajuste (Lack of fit). É que todos os parâmetros de avaliação contribuíram para a doção do referido modelo: como variância explicada (R2), erro experimental (Pure Error), constante de Fisher calculada ( $F > 16$ ) e p-value ( $p < 0,05$ ). Na Tabela 3 repetiu-se o comportamento da Tabela 2, a exceção do termo de interação entre as variáveis independentes não se confirmou válido para a resistência à flexão. Significando que qualquer dos fatores independentes pode variar sem prejuízo para o efeito principal do outro fator.

Tabela 2 – Coeficientes significativos da resistência à compressão dos corpos de prova em um nível de confiança de 95% com R2 de 91,87%

Fator	SS	df	MS	F	p
(1)A (L)	77,3288	1	77,3288	2577,628	0,000017
A (Q)	168,5103	1	168,5103	5617,008	0,000005
(2)B (L)	18,6955	1	18,6955	623,184	0,000141
B (Q)	192,2822	1	192,2822	6409,408	0,000004
1L by 2L	1,5625	1	1,5625	52,083	0,005485
Lack of Fit	35,1619	3	11,7206	390,688	0,000219
Pure Error	0,0900	3	0,0300		
Total SS	433,6625	11			

Tabela 3 - Coeficientes significativos da resistência à flexão dos corpos de prova em um nível de confiança de 95% com R2 de 95,04

Fator	SS	df	MS	F	p
(1)A (L)	1,42387	1	1,42387	2058,60	0,000024
A (Q)	10,22121	1	10,22121	14777,65	0,000001
(2)B (L)	0,60794	1	0,60794	878,95	0,000084
B (Q)	8,89249	1	8,89249	12856,61	0,000002
1L by 2L	0,00490	1	0,00490	7,08	0,076232
Lack of Fit	0,93539	3	0,31180	450,79	0,000177
Pure Error	0,00207	3	0,00069		
Total SS	18,91189	11			

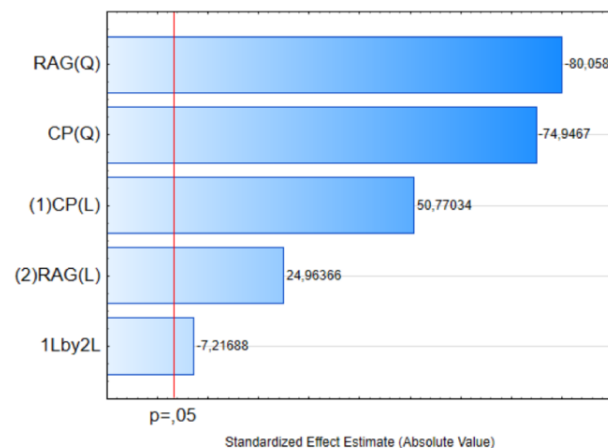
Na Tabela 4, apesar de apenas 2 efeitos principais quadráticos serem válidos, um modelo de previsão foi obtido sem evidências estatísticas de falta de ajuste e uma variância explicada de 89,65%. As restrições para este modelo ficaram para o erro experimental, indicando uma necessidade de repetição destes testes em trabalhos futuros em função de uma incerteza experimental da ordem de 13,7%.

Tabela 4 - Coeficientes significativos da absorção de água pelos corpos de prova em um nível de confiança de 95% com R2 de 89,65%

Fator	SS	df	MS	F	p
(1)A (L)	0,046206	1	0,046206	2,42024	0,217628
A (Q)	0,882090	1	0,882090	46,20288	0,006511
(2)B (L)	0,009277	1	0,009277	0,48592	0,535915
B (Q)	0,479610	1	0,479610	25,12143	0,015291
1L by 2L	0,005625	1	0,005625	0,29463	0,624998
Lack of Fit	0,082217	3	0,027406	1,43547	0,386780
Pure Error	0,057275	3	0,019092		
Total SS	1,348025	11			

Graficamente, os diagramas de Pareto mostrados pela Figura de 3 a 5 demonstram proporcionalmente as importâncias de cada termo dos modelos a serem utilizados na previsão de propriedades dos corpos de prova. Na Figura 3 observa-se que o diagrama de Pareto valida estatisticamente todos os termos do modelo quadrático de previsão para a resistência à compressão.

Figura 3 – Diagrama de Pareto para a resposta da resistência à compressão dos corpos de prova às variações da carga de prensagem e da razão água/gesso



Na Figura 4 o diagrama de Pareto ilustra a reprovação do termo de interação entre a carga de pressão e a razão ponderal água/gesso. Na Figura 5 apenas os termos quadráticos das variáveis independentes fazem parte do modelo de previsão para a absorção d'água pelos corpos de prova.

Figura 4 – Diagrama de Pareto para a resposta da resistência à flexão dos corpos de prova às variações da carga de prensagem e da razão água/gesso

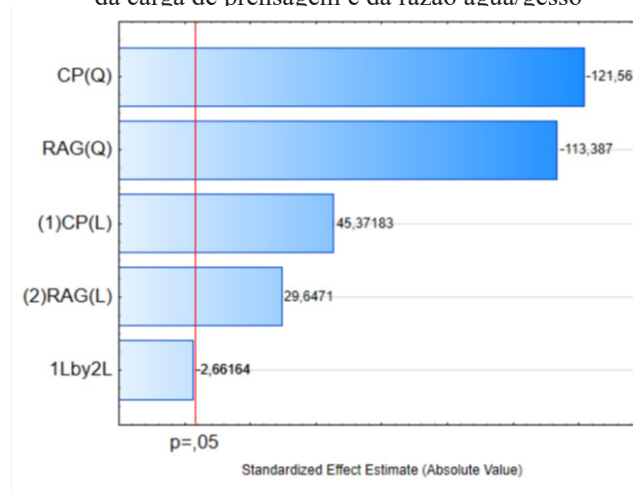
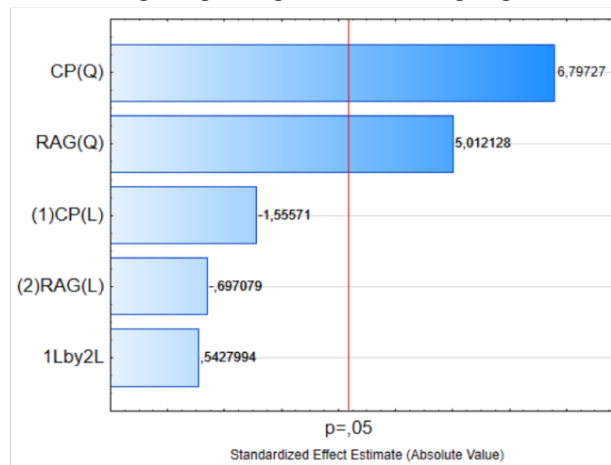


Figura 5 – Diagrama de Pareto para a resposta da absorção de água pelos corpos de prova às variações da carga de prensagem e da razão água/gesso



Com base nas premissas apresentadas, as Equações de (2) a (4), resultantes de processos de regressão não-linear, tiveram seus coeficientes gerados para a obtenção dos seguintes modelos de previsão:

Modelo de previsão para resistência à compressão (RC):

$$RC \text{ (Mpa)} = 26,55 + 6,22.CP - 10,26.(CP)^2 + 3,06.R_{AG} - 10,96.(R_{AG})^2 - 1,25.CP.R_{AG} \quad (2)$$

Modelo de previsão para resistência à flexão (RF):

$$RF \text{ (Mpa)} = 7,78 + 0,84.CP - 2,53.(CP)^2 + 0,55.R_{AG} - 2,36.(R_{AG})^2 \quad (3)$$

Modelo de previsão para absorção de água (AA):

$$AA \text{ (%)} = 3,97 + +0,74.(CP)^2 + 0,47.(R_{AG})^2 \quad (4)$$

Para ilustrar os comportamentos das variáveis respostas em função dos efeitos provocados pelas variáveis independentes as Figuras de 6 a 8 mostram as superfícies de resposta obtidas.

Para ilustrar os comportamentos das variáveis resposta em função dos efeitos provocados pelas variáveis independentes as Figuras de 6 a 8 mostram as superfícies de resposta obtidas.

Figura 6 – Superfície de resposta da resistência à compressão para carga de prensagem versus relação água/gesso

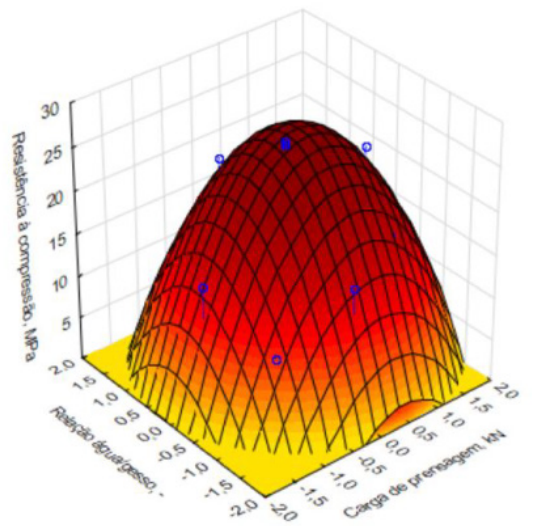


Figura 7 – Superfície de resposta da resistência à flexão para carga de prensagem versus relação água/gesso

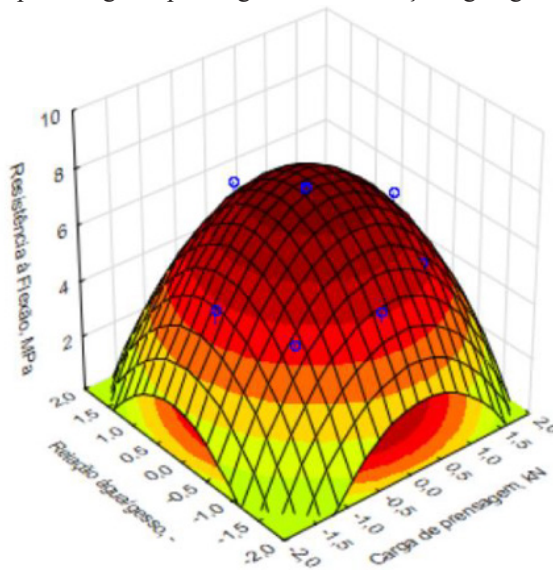
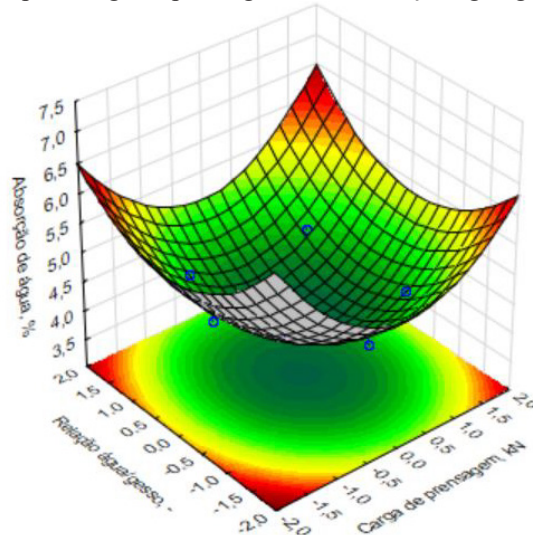


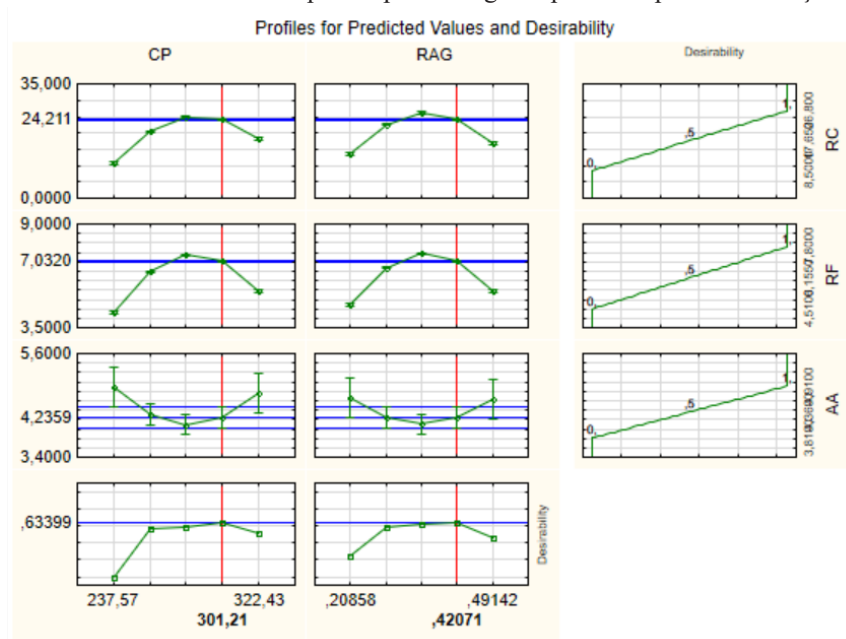
Figura 8 – Superfície de resposta da absorção percentual de água para carga de prensagem versus relação água/gesso



Com base nas condições de otimização mostradas pelas Figuras de 6 a 8, a etapa subsequente do estudo foi a utilização da função de desejabilidade (PANDEY et al., 2021). Utilizou-se a referida ferramenta estatística para identificar uma condição global adequada de processo para produção pré moldado de gesso pro prensagem uniaxial.

A Figura 9 mostra o perfil de desejabilidade global, acompanhados dos valores individualizados. Tais valores foram calculados de acordo com as Equações de (2) a (4), tendo ficado demonstrado que a partir das quais os valores de 301,21 kN, para a carga de prensagem e, uma razão água/gesso de 0,42 pode levar a uma condição de operação otimizada.

Figura 9 - Perfis de desejabilidades individuais e globais das condições estabelecidas para os experimentos realizados com os corpos de prova de gesso prensado por conformação uniaxial



## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Foi possível confeccionar corpos de prova de gesso por prensagem uniaxial e determinar condições experimentais otimizadas, específicas e global para o referido processo com auxílio de planejamentos experimentais adequadamente sequenciados. A função de desejabilidade, ferramenta de delineamento composto central rotacional (DCCR) foi utilizada para identificar a condição otimizada global.

O valor da relação água/gesso que mais favoreceu à resistência do pré-moldado foi de 0,42 %, em peso, e a carga associada que compõe o conjunto ótimo de variáveis independentes foi de 301 kN. Estimou-se que a absorção de água deva ser uma etapa do processo produtivo apresentado que deva ser refeita, em função de redução do erro experimental e comprovação de valores mais precisos.

Como sugestão para novos trabalhos tem-se a incorporação de substâncias hidrófobas ao processo de preparação da mistura água-gesso, anterior à prensagem, tais como baba de cupim sintética ou silicone, ambas em dosagens abaixo de 0,5% m/m, o que não encareceria a produção do referido material de construção.

## Agradecimentos

Os autores deste estudo são gratos à Fundação de Amparo à Pesquisa em Pernambuco – FACEPE, ao Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia Desenvolvimento (CNPq), à Coordenação de Promoção de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Católica de Pernambuco, ao Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI) e à Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO.



## REFERÊNCIAS

- AMORÓS, J.L.A.; CANTAVELLA, V.; JARQUE, J.C.; FELÍU, C. Green strength testing of pressed compacts: an analysis of the different methods. *Journal of the European Ceramic Society*. V. 28, p. 701-710, 2008.
- DJAMEL-EDDINE, A.; KAID-HARCHE, M. Mechanical Behavior of Gypsum Composites Reinforced with Retama monosperma Fibers. *Proceedings 2021*, 63, 40; doi:10.3390/proceedings2020063040
- HELOÍSA, H.C.F.; CAGNONI, F.C.; FERREIRA, F.F.S. Comparison of physical and mechanical properties of civil construction plaster and recycled waste gypsum from São Paulo, Brazil. *J. Build. Eng.*, 22 (2019), pp. 504-512
- KHIDHIR, A.G.; HAMADI, A.S. Central Composite Design Method for the Preparation, Stability and Properties of Water-in-Diesel Nano Emulsions. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2018, 8, 176-189 <http://www.scirp.org/journal/aces>
- MOGHADAM, H. A., MASIR, M. J., TORSHAKI, Z. B., DEHGHAN, A. (2019). Effect of Mixing Rate of Plaster with Water on Properties of Gypsum Plaster. *Advanced Researches in Civil Engineering*, Vol. 1, Issue 1, pp. 42–48. doi.org/10.30469/arce.2019.82738.
- PANDEY, N.; THAKUR, C.; GHOSH, P.; HIWARKAR, A.D., Desirability Analysis of Multiple Responses for Electrocoagulation Remediation of Paper Mill Wastewater by Using a Central Composite Design, *Journal of The Institution of Engineers: Series E*, 10.1007/s40034-021-00205-5, (2021).
- SAYONARA, M.M.P.; CAMARINI, G. Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles. *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 7, No. 3, June 2015.
- WAHAB, N.H.A., SAAD, N.H., SAHAB, A.R.M., NASIR, N., RASHID, A.A. (2017). The effect of water/plaster ratio variation on absorption properties and flexure strength of gypsum plaster for ceramic slip rotary moulding. *Sci. Int. (Lahore)*, Vol. 29, No. 4, pp. 843–846., ISSN 1013-5316

# **ASPECTOS EMPRESARIAIS DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**JOSIAS INOJOSA DE OLIVEIRA FILHO**

Engenheiro Civil, Sócio Administrador da Indústria de Gessos Especiais Ltda. - IGE

josiasfilho@ige.ind.br

## **Resumo**

Neste trabalho são apresentados um breve histórico da Indústria de Gessos Especiais Ltda., detentora da marca SUPERGESSO®, sua atuação no mercado, os produtos de gesso por ela comercializados e os princípios que a norteiam na organização da empresa, na relação com os seus clientes, com seus colaboradores, posturas éticas, espírito de equipe, foco empresarial, respeito pela Terra e pelo meio ambiente.

**Palavras-chave:** gesso, construção civil, elementos construtivos.

## **INTRODUÇÃO**

A Indústria de Gessos Especiais Ltda. é uma empresa brasileira, com sede em Araripina-PE, que investe nos ramos de gesso para construção civil e gessos industriais, iniciou sua atividade em 13 de setembro de 1988, como sucessora da Mineradora Rancharia Ltda., criada pelo patriarca Josias Inojosa de Oliveira em 1966, na atividade empresarial da lavra e extração do minério de Gipsita, abundante na região do Araripe Pernambucano. Em dezembro de 2014, a Indústria de Gessos Especiais Ltda. – IGE, arrenda o parque fabril e a marca SUPERGESSO®, da empresa Supergesso S.A. Indústria e Comércio, criada em 07 de abril de 1982, também pelo patriarca Josias Inojosa de Oliveira e seu irmão Josival A. Inojosa de Oliveira, e teve seu projeto aprovado pela SUDENE, sendo incentivada com recursos do FINOR.

Com o desenvolvimento da empresa de mineração, em 1976 em razão de uma forte crise hídrica que provocou a quebra da safra de mandioca na região do Araripe, uma das maiores produtoras de farinha de mandioca do Brasil, as casas de farinha tiveram a produção paralisada. Percebendo a grande crise com a paralisação das fábricas de farinha, um grande minerador de gipsita, o Sr. Teotônio Pinto, que visitava os seus clientes instalados no sudeste do país, propôs um grande desafio a um dos fabricantes de farinha com fábrica instalada na cidade de Araripina: realizar um teste para fabricar gesso num dos fornos de farinha.

Desafio aceito, realizado o teste aos olhares curiosos de alguns convidados, constatou-se o sucesso na fabricação de gesso. A partir deste teste exitoso, a região do Araripe Pernambucano inicia uma verdadeira revolução industrial, com o surgimento de fábricas de gesso utilizando os mesmos fornos das casas de farinha.

Com o início da produção do gesso na região do Araripe, as fábricas situadas no Sudeste e em algumas capitais do Nordeste não suportaram a concorrência e encerraram as atividades, mudando assim, definitivamente, o eixo de produção de gesso no Brasil e surgindo em contínuo o Pólo Gesseiro do Araripe, hoje responsável por 97% do gesso produzido no país.

A IGE – Indústria de Gessos Especiais Ltda., desde a sua concepção, passou a investir no processo de produção de gessos especiais e derivados.

Com o desenvolvimento tecnológico dos processos produtivos, a IGE passou a investir mais fortemente nos mercados de construção civil, convencional, cerâmico, alpha e odontológico. Atuando em todo território nacional e iniciando sua trajetória em direção a toda América Latina e Europa, a IGE agregando a marca SUPERGESSO® vem se consolidando no mercado, como empresa de renome internacional, de vanguarda tecnológica, sendo assim, sinônimo de qualidade.

A Supergesso S.A. foi a primeira empresa no segmento de fabricação de gesso no Brasil a receber a Certificação Internacional de Gestão da Qualidade ISO 9001 em 1997, e em 2011, a Indústria de Gessos Especiais Ltda. foi a primeira a receber a Certificação Internacional de Gestão Ambiental ISO 14001.

Almejando chegar sempre a níveis mais altos, a IGE investe sempre em tecnologia, qualificação constante do pessoal e na qualidade dos seus produtos.

Pela necessidade de padronizar soluções, foram efetuadas interações entre o Sindicato das Indústrias do Gesso - Sindusgesso, comandado na época por Josias Inojosa de Oliveira Filho, o Ministério de Ciências e Tecnologia e a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT objetivando a confecção de normas. Em outubro de 2010, foi aprovado projeto na FINEP, apoiando a ABNT e o ITEP, com o objetivo de imprimir esforços para elaboração das normas técnicas do gesso, criando assim o CEE-205, Comissão Especial de Estudos de normas técnicas, única instalada em solo Pernambucano, no ITEP, que até o presente produziu e publicou na ABNT dezoito normas técnicas e outras três se encontram em desenvolvimento.

A Figura 1 mostra as instalações fabris da Indústria de Gessos Especiais Ltda. – IGE / SUPERGESSO®, situada em Araripina PE.

Figura 1 – Unidade industrial da IGE / SUPERGESSO® em Araripina - PE



## **MATÉRIA PRIMA**

Nos municípios de Araripina, Ipubi, Ouricuri e Trindade tem-se jazidas de gipsita com elevado nível de pureza, atingido 95% ou valores superiores.

O minério de gipsita ou sulfato de cálcio bi-hidratado, representado na fórmula química  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (gipsita), após o processo de desidratação em fornos, onde retira-se uma e meia molécula de água, dá origem ao gesso, representado pela fórmula química  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  (gesso).

Figura 2 – Jazidas de gipsita e nível de pureza



(a) Jazidas de Minério de Gipsita localizadas na região do Araripe | (b) Pureza superior a 95%

## PRODUTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

### 1- SISTEMA CONSTRUTIVO SUPERWALL

- Solução racional em divisão de ambientes.
- Simples, prático, leve e fácil de montar
- Eleva um metro quadrado de parede divisória com três EcoBlocos de gesso, a SuperCola e a SuperMassa de acabamento, basta encaixar um bloco no outro com a SuperCola de gesso.
- Eleva a parede por inteiro sem risco de deformação
- Mais área útil ao seu cliente, um diferencial de 3% a 4% de espaço

Diversos estudos comparativos entre a alvenaria elevada com o Sistema SuperWall (blocos de gesso) e a alvenaria com tijolo cerâmico, mostram resultados surpreendentes não apenas em relação a redução de custos diretos, quanto na produtividade, racionalização do canteiro de obras, etc.

Dentre estes estudos, podemos citar CIARLINI, A.G.C. PINTO, D.I C., OSÓRIO, A.P. Gesso, tecnologia que reduz cargas e custos na construção civil. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2001 e Carlos Welligton de Azevedo Pires Sobrinho . Msc Eng Civil CREA 50.986-D RJ, MAT 598-ITEP no Documento Técnico 001-09/LTH/ITEP - VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA DE BLOCOS DE GESSO PARA ESTRUTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO-projeto, execução e desempenho.

Os estudos fazem um comparativo da influência dos dois tipos de alvenaria divisória interna em edifícios e analisam as alterações na estrutura da edificação no que diz respeito as armaduras de pilares e vigas, e o volume de concreto da fundação de um mesmo edifício com mesma planta.

#### As conclusões destes estudos mostram que:

- É possível reduzir em média 15% nas cargas totais da fundação com a utilização de paredes internas em alvenaria de blocos de gesso em substituição as paredes tradicionais.
- No que se refere a economia na estrutura, é possível reduzir entre 11,8% à 14,3% dos custos com a armadura da superestrutura e entre 29,8% à 35,6% nas fundações.
- No que se refere a produção das alvenarias internas, a produtividade dos serviços de construção de paredes acabadas em alvenaria de blocos de gesso é 67% maior que a soma dos serviços necessários a conclusão das paredes com a tecnologia tradicional, além disso, a alvenaria em blocos de gesso apresenta um número de atividades, uma movimentação de material no canteiro, e o tempo total das atividades para conclusão dos serviços bem menor.

Sistema	Serviços envolvidos	Produtividade (hora / m <sup>2</sup> )	Tempo de serviço acabado (hora / m <sup>2</sup> )
Alvenaria em bloco cerâmico	Elevação(marcação, elevação, tubulação e cxs elétricas)	0,45	<b>1,13</b>
	Chapisco	0,08	
	Emboço	0,45	
	Aparelhamento e pintura	0,15	
Alvenaria de blocos de gesso	Elevação	0,36	<b>0,68</b>
	Colocação de tubulação e cxs elétricas	0,20	
	Aparelhamento e pintura	0,12	

(\*)Levantamento realizado em obra de edf. no Recife, jan/09 (MENDONÇA 2008)

## 1.1 – Os produtos componentes do Sistema SuperWall

A Indústria de Gessos Especiais Ltda. desenvolveu e fabrica em Araripina-PE a linha completa de produtos que compõem o Sistema SuperWall. Produzidos sob rigoroso sistema de gestão da qualidade, a partir de gessos alfa e beta de alta pureza, materiais recicláveis tratados e componentes químicos especiais.

Destacam-se no Sistema SuperWall a linha EcoBlocos, a linha SuperBlocos, as SuperColas e a SuperMassa de acabamento.

### 1.1.1 – A linha EcoBloco:

São os blocos de gesso fabricados com Reforço de Fibras Recicladas (RFR). Os EcoBlocos incorporam sustentabilidade, tecnologia e inovação. São cerca de 25% mais leves que os blocos tradicionais, ficando na vanguarda no quesito economia.

A tecnologia dos EcoBlocos garante conforto termo-acústico, maior resistência a impactos e ao fogo, sem contar com a facilidade e rapidez na execução das alvenarias.

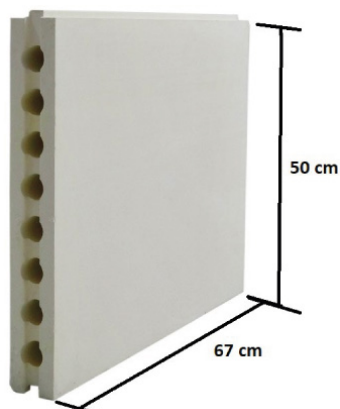


### ECOBLOCO STANDARD e HIDROFUGADO

O elemento básico empregado para vedações verticais é o bloco de gesso, reforçado com fibras recicláveis. As dimensões altura e comprimento são fixas conforme Figura 3. A espessura varia com os EcoBlocos de 7 cm e 10 cm, podendo ser vazado (com furos longitudinais) nos EcoBlocos de 7 cm e vazados ou maciços nos EcoBlocos de 10 cm.

Os EcoBlocos Standard têm o uso recomendado para elevação do vedações verticais onde não há incidência de água. Os EcoBlocos Hidrofugados, fabricados com compostos hidro-repelentes e têm o uso recomendado para elevação das vedações verticais onde há incidência de água, ou seja, em áreas molháveis, como as primeiras fiadas nas paredes internas para evitar a água de ascensão de lavagem de pisos, nos espelhos de lavatórios e pias e nas áreas de banho. Bem como nas alvenarias externas na construção de casas, galpões e pequenas edificações.

Figura 3 - EcoBloco de gesso para vedações verticais



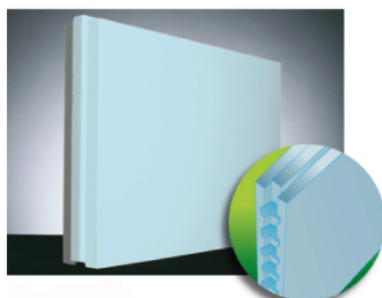
A IGE produz os EcoBlocos para aplicações na construção de residências tanto de padrões populares quanto de elevado padrão. As figuras seguintes ilustram casos de aplicações de blocos a diferentes tipos de construções habitacionais e comerciais.

### 1.1.2 – A linha SuperBlocos:



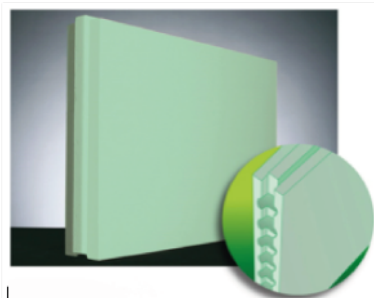
#### SuperBloco Standard

São os blocos brancos. Devem ser utilizados em substituição aos materiais convencionais, como tijolos de cimento ou tijolos cerâmicos, na construção de paredes internas, como: divisórias de quartos, salas, escritórios e espaços semelhantes. Utilizados apenas em áreas secas.



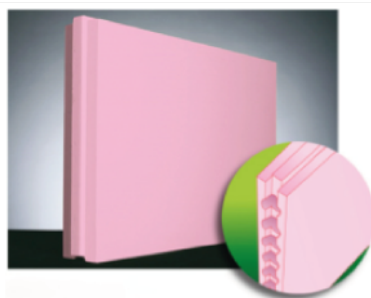
#### SuperBloco Hidrofugado ou Hidro

São os blocos azuis, fabricados com gessos especiais e aditivos hidrofugantes, conhecidos como **HIDRO**. Devem ser utilizados para construção de paredes em áreas molhadas, como: cozinhas, lavabos, áreas de serviço, banheiros, copas e espaços semelhantes. Recomendada a utilização na execução das primeiras fiadas de paredes construídas em todas as áreas internas da edificação sujeitas ou não ao contato com água de limpeza.



#### SuperBloco GRG

São os blocos verdes, fabricados com gessos especiais e fibras de vidro, conhecidos pela sigla **GRG** (Glass Reinforced Gypsum). Devem ser utilizados para construção de paredes em ambientes onde ocorrem aglomerações de pessoas devido ao seu excelente desempenho ao impacto e a ação de fogo, sendo um elemento corta fogo, como: cinemas, boliches, hospitais, corredores, lanchonetes, shopping centers, lojas, etc. Recomenda-se a utilização para elevação de paredes que necessitem de maior resistência a fixação de cargas suspensas, como: armários, decks para circuito interno, fixação de redes de dormir, etc. Utilizados apenas em áreas secas.



#### SuperBloco GRG - Hidrofugado

São os blocos Lilás, fabricados com gessos especiais, fibras de vidro e aditivos hidrofugantes, conhecidos **GRG-H**. Devem ser utilizados para construção de paredes em áreas que necessitam de desempenho especial, somado as características dos blocos reforçados com fibras de vidro GRG e a dos blocos hidrófugos, em ambientes onde ocorrem aglomerações de pessoas, como: banheiro de cinemas, boliches, hospitais, lanchonetes, shopping centers, lojas, etc.

As dimensões altura e comprimento são fixas conforme Figura 3 acima. A espessura varia com os SuperBlocos de 7 cm e 10 cm, podendo ser vazado (com furos longitudinais) nos SuperBlocos de 7 cm e vazados ou maciços nos SuperBlocos de 10 cm.

Os SuperBlocos Standard têm o uso recomendado para elevação das vedações verticais onde não há incidência de água.

Os SuperBlocos Hidrofugados, fabricados com compostos hidrorrepelentes e têm o uso recomendado para elevação das vedações verticais onde há incidência de água, ou seja, em áreas molháveis, como as primeiras fiadas nas paredes internas para evitar a água de ascensão de lavagem de pisos, nos espelhos de lavatórios e pias e nas áreas de banho. Bem como nas alvenarias externas na construção de casas, galpões e pequenas edificações.

Na tabela abaixo, pode-se observar as características dos diferentes tipos de blocos:

CARACTERÍSTICAS DOS SUPERBLOCOS E ECOBLOCOS									
Denominação	Unid.	SuperBloco Vazado	SuperBloco Maciço	SuperBloco Maciço	SuperBloco Vazado	ECOBLOCO Vazado	ECOBLOCO Maciço	ECOBLOCO Maciço	ECOBLOCO Vazado
Espessura	mm	70±0,5 V	70±0,5 M	100±0,5 M	100±0,5 V	70±0,5 V	70±0,5 M	100±0,5 M	100±0,5 V
Comprimento	mm	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3	666 ± 3
Altura	mm	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2	500 ± 2
Peso médio por bloco	Kg/ud	19 ± 5%	24 ± 5%	34 ± 5%	24,5 ± 5%	16 ± 5%	21 ± 5%	27 ± 5%	23 ± 5%
Massa específica	kg/m <sup>3</sup>	≥800 e <1000	≥800 e <1000	≥800 e <1000	≥800 e <800	≥800 e <800	≥800 e <1000	≥800 e <1000	≥800 e <800
Dureza-Solidez superficial	u.s.c.	≥ 55 e >80	≥ 55 e >80	≥ 55 e >80	≥ 55	≥ 55 e <80	≥ 55 e <80	≥ 55	≥ 55 e <80
Resistência ao Fogo	minuto	120	180	240	240	120	180	240	240
Índice de redução acústica	Db(A)	32	34	38	38	32	34	40	40
Resistência térmica	m <sup>2</sup> °C/W	0,20	0,23	0,29	0,26	0,20	0,23	0,35	0,35
Transmitância térmica	W/m <sup>2</sup> °C	5	4,35	3,45	3,85	5	4,35	2,86	2,86
Produtividade (m <sup>2</sup> /homem/8h)	.....	30 a 50	30 a 50	20 a 30	25 a 35	30 a 50	30 a 50	25 a 35	25 a 35
Resistência a Flexão	MPa	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,5	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,5	≥ 1,2
Absorção de água (Hidrofugado)	%	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5

### 1.1.3 – A linha SuperCola:

O casamento perfeito com o EcoBloco e o SuperBloco.

A aderência e resistência da SuperCola é tão grande que a parede se comporta como um único elemento.

Utilizada também na fixação de placas, molduras e sancas de gesso, bem como para colagem de cerâmica nas paredes.

Disponível em duas versões, a SuperCola S (Standard) e a SuperCola Hidro (Hidrofugada), para serem utilizadas na colagem dos EcoBlocos e SuperBlocos de mesma composição.

#### Vantagens com o uso da linha SuperCola:

- Rapidez na execução de paredes e tetos
- Excelente trabalhabilidade
- Elimina o desperdício
- Acabamento perfeito
- Excelente aderência
- Inodora (não tem cheiro)
- Fácil de usar



Na tabela abaixo, pode-se observar as características da linha SuperCola:

Variáveis	Unid.	Tipo			
		Standard (S)		Hidrofugada (H)	
		Resultado	Crítérios	Resultado	Crítérios
Relação água/pó	-	0,67	0,63 a 0,67	0,67	0,63 a 0,67
Resistência ao arrancamento	MPa	0,75	≥ 0,3	0,64	≥ 0,3
Tempo de fim de aplicação	h	3,28	> 1h	3,38	> 1h
Absorção de água	%	-	-	3,6	> 5%
Aplicação	-	Assentamento de blocos standard (branco)		Assentamento de blocos hidrofugado (azul)	

#### 1.1.4 – A SuperMassa de Acabamento:

Perfeição no acabamento das paredes e tetos.

Substitui com grande vantagem as massas corridas existentes no mercado.

Preparação e mistura lembra a de um mousse, tamanha a maciez na aplicação sobre a superfície do pré-moldado de gesso ou mesmo da argamassa de cimento.

Pode ser utilizado em acabamento liso ou texturizado.

Vantagens com o uso da SuperMassa:

- Inodoro (sem cheiro)
- Pode ser pigmentada na cor desejada antes da preparação, reduzindo o consumo da tinta.
- Fácil preparação e aplicação
- Secagem rápida, permitindo uma segunda demão em pouco tempo
- Alto rendimento. Um saco de 20 kg, adicionado a água, equivale a um latão de 18 litros de massa corrida PVA
- Maior economia no sistema de pintura.

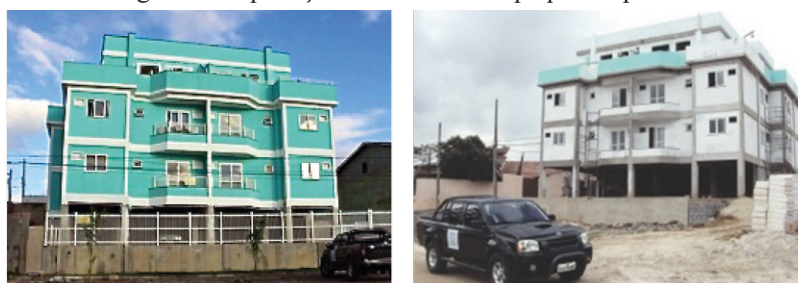
Figura 4 – Aplicações a residências (Sistema Superwall)



(a) Uso em casas populares | (b) Uso em residências de elevado padrão

A Figura 5 mostra o seu uso em edifícios de pequeno porte, no caso de quatro pavimentos.

Figura 5 – Aplicações a alvenaria de pequenos prédios



(a) Uso em prédios de pequeno porte | (b) Prédio em Maricá, RJ



A Figura 6 ilustra aplicações do Sistema SuperWall, com o uso dos EcoBlocos de gesso, a SuperCola e a SuperMassa de acabamento em gesso, em edifícios de múltiplos andares, na confecção de paredes de vedação.

Figura 6 – Aplicações a alvenaria de vedação de grandes edifícios



**Destacam-se outras vantagens com o uso do Sistema Construtivo SuperWall**

I- Aumento da área útil do Ambiente, pode-se obter um ganho de área útil na ordem de 3 a 7%, a depender da configuração das paredes da edificação.

Nas figuras abaixo, pode-se observar um comparativo num mesmo projeto arquitetônico utilizando-se as vedações verticais com alvenaria convencional e alvenaria em Blocos de Gesso.



II- Maior facilidade para se manter um ambiente da obra limpo:



III- Para o atendimento do requisito de Desempenho Acústico em conformidade com a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-4/2013, pode-se elevar as alvenarias em diversas configurações, obtendo-se excelentes resultados para cada elemento construtivo nas edificações, como pode-se observar nas tabelas abaixo:

Item	Elemento	Rw dB (Tabela F.12)	Nível de desempenho	Tipos de Blocos Vazado(V) e Maciço(M)	Configuração e Espessura da Parede (mm)	Isolamento Acústico Rw dB	Peso da Alvenaria (kg/m <sup>2</sup> )	Relatório de Ensaio
1	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	Mínimo	SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EV) Standard ou Hidrofugado	100	38	105 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) SuperBloco 100 mm maciço ou 81 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) EcoBloco 100 mm maciço	IPIT
		40 a 44	Intermediário	SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado	190 (70EBV+50AR+70EBV)	40	96 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado ou 114 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) SuperBloco 70 mm vazado	ITEP 186.447
				SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado	150 (70EBV+10AR+70EBV)	41	96 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado ou 114 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) SuperBloco 70 mm vazado	ITEP 143.537
				SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado	210 (100EBV+10AR+100EBV)	43	138 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado ou 147 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) SuperBloco 70 mm vazado	ITEP 178.491-R1
≥ 45	Superior							
2	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	45 a 49	Mínimo					
		50 a 54	Intermediário	SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + manta de lã de vidro (LV)	190 (70EBV+50LV+70EBV)	51	96,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm ou 114,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm	ITEP 142.132
	EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + folha de EPS (EPS)			160 (70EBC+20EPS+70EBV)	52	96,2 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm ou 114,2 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm	TECOMAT	
	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w - obtida entre as unidades)	≥ 55	Superior	EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + folha de EPS (EPS) + manta de lã de vidro (LV)	190 (70EBV+20EPS+30LV+70EBC)	55	96,7 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm ou 114,7 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm	TECOMAT
SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + manta de lã de vidro (LV)				210 (70EBV+40LV+100EBV)	55	117,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 01 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm+ 01 EcoBlocos 100 mm vazado ou 131,0 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 01 SuperBloco 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm+01 SuperBloco 100 mm vazado	ITEP 141.334	
3	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	50 a 54	Mínimo	SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + manta de lã de vidro (LV)	190 (70EBV+50LV+70EBV)	51	96,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm ou 114,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm	ITEP 142.132
				EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + folha de EPS (EPS)	160 (70EBC+20EPS+70EBV)	52	96,2 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm ou 114,2 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm	TECOMAT
	Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	55 a 59	Intermediário	EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + folha de EPS (EPS) + manta de lã de vidro (LV)	190 (70EBV+20EPS+30LV+70EBC)	55	96,7 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm ou 114,7 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 02 SuperBloco 70 mm vazado+01 Placa de EPS Antichamas 20mm+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm	TECOMAT
				SuperBlocos (SB) ou EcoBlocos (EB) Standard ou Hidrofugado + manta de lã de vidro (LV)	210 (70EBV+40LV+100EBV)	55	117,5 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 01 EcoBlocos 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm+ 01 EcoBlocos 100 mm vazado ou 131,0 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) - 01 SuperBloco 70 mm vazado+01 Lã de vidro Feltro WF4POP 50mm+01 SuperBloco 100 mm vazado	ITEP 141.334
≥ 60	Superior							
Referência informativa para as paredes internas na habitação		Sem critério estabelecido pela norma de desempenho		EcoBlocos (EM) Standard ou Hidrofugado	70	32	60 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) EcoBloco 70 mm maciço	TECOMAT
				EcoBlocos (EV) Standard ou Hidrofugado	70	33	48 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) EcoBloco 70 mm vazado	TECOMAT
				SuperBloco (SBV) Standard ou Hidrofugado	70	34	57 kg/m <sup>2</sup> (± 5%) SuperBloco 70 mm vazado	IPIT

IV- O atendimento do requisito Estanqueidade das vedações verticais produzidas com os EcoBlocos e SuperBlocos Hidrofugados, ensaios realizados evidenciam o não surgimento de manchas de umidade após 7 horas constantes molhamento, resultando numa vedação considerada Estanque, conforme imagens abaixo:



Fotos 03 e 04- CP' bloco Hidro- sem manchas de umidade após 7 horas de ensaio

#### 4-RESULTADOS

A tabela 01 apresenta as características, os resultados e as observações pertinentes a cada tipo de tratamento e comportamento das pinturas analisadas:

Corpo de prova	Tratamento	% de manchas por hora	Observações complementares
Bloco Hidro	Sem tratamento	Sem apresentar qualquer mancha após 7 h de ensaio	Fotos 03 e 04

V- O Atendimento do requisito normativo de Segurança Contra o Fogo, pode ser verificado em ensaios nos diferentes tipos de blocos de gesso, realizados no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, cujos resultados foram de atendimento aos requisitos de Estabilidade e Estanqueidade para os Blocos de 7 cm de espessura em 120 minutos de ensaio, bem como o atendimento aos requisitos de Estabilidade, Estanqueidade e Isolamento Térmico para os Blocos de 10 cm de espessura em 240 minutos de ensaio, como pode ser observado nas imagens abaixo:

V.a – Nos blocos de 7 cm de espessura:

**IPT**  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Relatório de Ensaio Nº 906 845 4/5

**6.1 Estabilidade**

Aos 117 minutos realizou-se o choque mecânico para a verificação da estabilidade da amostra para o tempo de 120 minutos. O resultado mostrou-se satisfatório para este critério.

A amostra manteve-se estável durante os 120 minutos de ensaio.

**6.2 Estanqueidade**

A amostra manteve-se estanque durante os 120 minutos de ensaio

V.b – Nos blocos de 10 cm de espessura:

**6.1 Estabilidade**

Aos 237 minutos realizou-se o choque mecânico para a verificação da estabilidade da amostra para o tempo de 240 minutos. O resultado mostrou-se satisfatório para este critério.

A amostra manteve-se estável durante os 240 minutos de ensaio.

**6.2 Estanqueidade**

A amostra manteve-se estanque durante os 240 minutos de ensaio

**6.3 Isolamento térmico**

O limite de elevação de temperatura da face não exposta ao fogo da amostra, ou seja,  $140^{\circ}\text{C} + T_0$  ( $167^{\circ}\text{C}$ ) na média, ou  $180^{\circ}\text{C} + T_0$  ( $207^{\circ}\text{C}$ ) em qualquer ponto de medida, não foi ultrapassado durante os 240 minutos de ensaio.

Imagens do Ensaio no IPT-SP



VI- O Atendimento do requisito normativo de Resistência ao Impacto de corpo mole com ou sem função estrutural da vedação, os ensaios evidenciaram que as vedações atenderam em nível intermediário a superior aos esforços aplicados, como pode ser observado nas imagens abaixo:



VI.a - Ensaio realizado em vedações com a elevação da alvenaria em EcoBloco de 7 cm vazado

Tabela 2 – Critério de avaliação para impacto de corpo mole em vedações verticais internas.

Sistema	Energia de impacto (J)	Critérios de desempenho	Avaliação de desempenho	Nível de desempenho
SVVI sem função estrutural	240	Não ocorrência de ruína	Não houve o surgimento de novas fissuras	Atende em nível Intermediário/ Superior
	180	São permitidas falhas localizadas	Surgimento de fissuras em algumas juntas verticais	
	120	Não ocorrência de falhas. Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$ $d_{hr} \leq h/625$	Não houve falhas $d_h \leq 2590/125$ (1,4 ≤ 20,72) $d_{hr} \leq 2590/625$ (0,02 ≤ 4,14) Os deslocamentos atendem o critério de desempenho	
	60	Não ocorrência de falhas	Não houve danos	

Legenda:  
h – altura do elemento parede;  
 $d_h$  – deslocamento horizontal;  
 $d_{hr}$  – deslocamento residual.

VI.b - Ensaio realizado em vedações com a elevação da alvenaria em SuperBloco de 10 cm maciço

Tabela 3 – Ensaio de impacto de corpo mole

Elemento	M (kg)	H (m)	E (J)	Critério de Aceitação (NBR 15.575-4:2012)	Avaliação
Vedação vertical externa submetida a impacto externo	40	1,80	720	Não ocorrência de ruína	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
		1,20	480	Não ocorrência de ruptura	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
		0,90	360	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $D_h \leq h/250$ $D_{hr} \leq h/1250$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $D_h = 0,61 \text{ mm} < h/250=10,4 \text{ mm}$ $D_{hr} = 0,000 \text{ mm} < h/1250=2,08 \text{ mm}$ Menores que os recomendados na norma de referência.
		0,60	240		
		0,45	180	Não ocorrência de falhas	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
0,30	120				
Vedação vertical externa submetida a impacto interno	40	1,20	480	Não ocorrência de ruína e transpasse da parede pelo corpo percussor de impacto	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
		0,60	240	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $D_h \leq h/250$ $D_{hr} \leq h/1250$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $D_h = 0,4 \text{ mm} < h/250=10,4 \text{ mm}$ $D_{hr} = 0,000 \text{ mm} < h/1250=2,08 \text{ mm}$ Menores que os recomendados na norma de referência.
		0,45	180		Não ocorrência de falhas
		0,30	120		
		0,15	60	Não ocorrência de falhas	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.

Onde:  $d_h$  – deslocamento horizontal e  $d_{hr}$  – deslocamento horizontal residual

VII- O Atendimento do requisito normativo de Resistência ao Impacto de corpo Duro, os ensaios realizados em vedação com elevação da alvenaria em EcoBlocos de 7 cm vazados, evidenciaram que as vedações atenderam em nível superior aos esforços aplicados, como pode ser observado na imagem abaixo:

*Resistência a impactos de corpo duro em vedações verticais internas.*

Energia de impacto de corpo duro (J)	Nível de desempenho	Critérios de desempenho	Ocorrências (Ver fotos no Anexo C)	Avaliação
2,5	M	Não ocorrência de falhas	Não ocorrência de falhas	Atende ao nível superior
	I; S	Não ocorrência de falhas	Profundidade das mossas variou entre 1,2mm e 1,9mm;	
Profundidade da massa $\leq 2,0$ mm				
10	M	Não ocorrência de ruptura nem traspasse	Nenhuma ocorrência	
	I; S			

VIII- O atendimento do requisito normativo de Resistência a Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas – Mão francesa padrão, os ensaios realizados em vedação com elevação da alvenaria em EcoBlocos de 7 cm vazados, evidenciaram que as vedações atenderam em nível superior aos esforços aplicados, como pode ser observado nas imagens abaixo:

Imagem do ensaio sendo realizado



Imagem do resultado do ensaio

*Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas - Mão francesa padrão*

Carga de ensaio aplicada, considerando dois pontos		Critério de desempenho	Ocorrências (Ver fotos no Anexo D)	Avaliação
kN	kg			
1,2	120	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço	Não foram observadas falhas	Atende ao nível de desempenho Superior
		Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2500$	Deslocamentos: $d_h = 0,3\text{mm} < 5,22\text{mm}$ $d_{hr} = 0,09\text{mm} < 1,04\text{mm}$	

Legenda:  
h – altura do elemento parede;  
 $d_h$  – deslocamento horizontal instantâneo;  
 $d_{hr}$  – deslocamento horizontal residual.

IX- O atendimento ao desempenho de resistência mecânica para a Fixação de peça suspensa – Rede de Dormir, com a utilização de bucha de fixação tipo S10, os ensaios realizados em vedação com elevação da alvenaria em EcoBlocos de 7 cm vazados, evidenciaram que as vedações atenderam aos esforços aplicados, como pode ser observado nas imagens abaixo:



*Tabela 1 – Resultados e avaliação de fixação de peça suspensa – rede de dormir*

Bucha utilizada	Critério de desempenho	Carga máxima aplicada (Kg)	Carga de uso (Kg)	Avaliação de desempenho	Nível de desempenho
S10	Não pode haver ocorrência de destacamento do dispositivo de fixação.	200	100	Não ocorrência de destacamento do dispositivo de fixação ou falhas.	Atende

Outros produtos para Construção Civil

- SUPERJETe – argamassa para revestimento projetado, para revestir superfícies de concreto, bloco cerâmico e bloco de concreto com aplicação mecanizada.

- SUPERMASSA – Massa em pó para acabamento interior

- SUPERGESSO REVESTIMENTO MANUAL – Para revestir superfícies de concreto, bloco cerâmico e bloco de concreto com aplicação manual

- SUPERREVEST – Para revestir superfícies de concreto, bloco cerâmico e bloco de concreto com aplicação manual, com tempo de trabalhabilidade alongado, proporcionando melhor produtividade, menor esforço para o aplicador e, consequentemente a eliminação de desperdícios e resíduos na obra.

- SUPERCONTRAPISO AUTONIVELANTE AN12 – Para nivelar superfícies como lages de concreto, preparando os ambientes para receber o piso. De alta resistência a compressão com 12 Mpa, proporciona alta produtividade e excelente desempenho, para obras que precisam de rapidez na colocação do piso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Princípios e Valores
- Confiança e transparência
- Foco em resultados

- Qualidade no produto e no atendimento
- Segurança e saúde dos colaboradores
- Postura ética e moral
- Espírito de equipe
- Paixão pelo que faz
- Valorização de talentos
- Responsabilidade social
- Respeito pela Terra da qual dependemos.
- Criatividade e simplicidade nas soluções

## REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 16657:2017 Blogo de gesso – Alvenaria de vedação – Execução, inspeção e controle.

ABNT, NBR 16494:2017 Blogo de gesso para vedação vertical – Requisitos.

ABNT, NBR 16495:2016 Blogo de gesso para vedação vertical – Método de ensaio.

ABNT, NBR 16575:2017 Gesso-cola – União de elementos pré-fabricados de gesso – Requisitos.

ABNT, NBR 16574:2017 Gesso-cola – União de elementos pré-fabricados de gesso – Método de ensaio.

ABNT, NBR 16618:2017 Revestimento interno de gesso em paredes e tetos – Procedimento.

ABNT, NBR 13207:2017 Gesso para a construção civil – Requisitos.

ABNT, NBR 12127:2017 Gesso para a construção civil – Determinação das propriedades físicas do pó.

ABNT, NBR 12128:2017 Gesso para a construção civil – Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso.

ABNT, NBR 12129:2017 Gesso para a construção civil – Determinação das propriedades mecânicas.

ABNT, NBR 12130:2017 Gesso para a construção – Determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico.

ABNT, NBR 16382:2015 Placas de gesso para forros – Requisitos.

ABNT, NBR 16591:2017 Execução de forro autoportante com placas de gesso – Procedimento.

ABNT, NBR 16497:2016 Placa mineralizada de gesso para forro removível modular – Requisitos.

ABNT, NBR 16519:2016 Placa mineralizada de gesso para forro removível modular suspenso – Métodos de ensaio.

ABNT, NBR 16654:2017 Placa mineralizada de gesso para forro removível modular suspenso – Procedimento.

ABNT, NBR 12775:1992 Placas lisas de gesso para forro – Determinação das dimensões e propriedades físicas – Método de ensaio.

ABNT, NBR 13867:1997 Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – Materiais, preparo, aplicação e acabamento.

ABNT, NBR 15575-4:2021 Edificações habitacionais — Desempenho, Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.

<http://www.supergesso.com/produtos/>





# REALIZAÇÃO:



**CREA-PE**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia de Pernambuco



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE  
FEDERAL RURAL  
DE PERNAMBUCO



**Embrapa**

# APOIO:



**Clube de  
Engenharia de  
Pernambuco**



**Rotary**



Academia Pernambucana  
de Ciência Agrônoma

**FIEPE**



Os cadernos estão disponíveis online, através do site:  
<http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/>

## MENSAGEM DO GOVERNADOR GILSON EDMAR DISTRITO 4500

Considero extremamente louvável a iniciativa do Decano de Diretores Internacionais de Rotary, do Brasil, o Prof. Mário de Oliveira Antonino de criar os Cadernos do Semiárido, em parceria com o CREA.

O companheiro Mário Antonino é associado representativo do RCR Largo da Paz, clube que faz parte do nosso Distrito 4500 do Rotary International. Como rotariano, tem uma enorme história de atuação em benefício da sociedade, cumprindo o lema rotário 21-22: "servir para transformar vidas".

Na sua busca para levar conhecimento aos seus semelhantes, fez surgir os Cadernos do Semiárido, com o objetivo de mostrar ao mundo o potencial existente nesta área geográfica e sua participação na economia regional e nacional.

Neste número, os autores se voltaram para o Polo Gesseiro do Estado de Pernambuco, que tem um elevado potencial econômico, através dos produtos oriundos da matéria prima, o gesso. A sua importância começa com a sua extração, fonte de trabalho para os que vivem no Sertão do Araripe.

Foi identificada a excelente qualidade do produto, o que leva a múltiplos usos, como veremos na leitura deste número dos Cadernos. Se anteriormente sua aplicabilidade era reduzida, hoje com a evolução tecnológica, evidenciou-se que a utilização do gesso supera outras alternativas na construção civil. É utilizado como parede para separar ambientes, para revestimento, forros e outras utilizações, além de ser usado na construção de pré-moldados, agilizando a entrega da obra.

A qualidade físico-química do produto do polo gesseiro o faz ser procurado para o uso cada vez maior, tanto nas construções em geral como em outras atividades, como por exemplo na área da saúde.

Quero me congratular com os organizadores pela iniciativa e pela continuidade do projeto, que dará visibilidade às Empresas e ao potencial desta área, promovendo o desenvolvimento econômico-social da região.



**Gilson Edmar Gonçalves e Silva**  
Governador do Distrito 4500

