



MAXWELL ONAJART ABIDIEL JÚNIOR DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BLOCOS DE GESSO  
ECOLÓGICOS DOSADOS COM RESÍDUOS DE CALCÁRIO  
LAMINADO**

MAXWELL ONAJART ABIDIEL JÚNIOR DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BLOCOS DE GESSO  
ECOLÓGICOS DOSADOS COM RESÍDUOS DE CALCÁRIO  
LAMINADO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Cicero Joelson Vieira Silva.

Cajazeiras-PB, 2020

Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

S729a

Souza, Maxwell Onajart Abidiel Júnior de

Avaliação do desempenho de blocos de gesso ecológicos dosados com resíduos de calcário laminado / Maxwell Onajart Abidiel Júnior de Souza; orientador Cicero Joelson Vieira Silva.- 2021.

39 f.: il.

Orientador: Cicero Joelson Vieira Silva.

TCC(Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

1. Blocos de gesso ecológicos 2. Pedra Cariri 3. Rochas Ornamentais  
4. Resíduos – Construção civil I. Título

666.9:504.06(0.067)

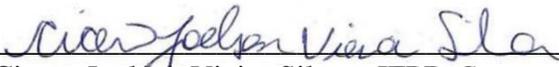
MAXWELL ONAJART ABIDIEL JÚNIOR DE SOUZA

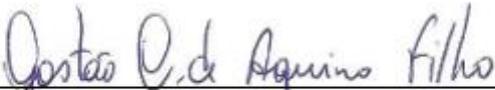
**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BLOCOS DE GESSO ECOLÓGICOS  
DOSADOS COM RESÍDUO DE CALCÁRIO LAMINADO**

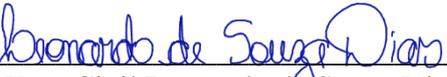
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Civil do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
*Campus Cajazeiras* como parte dos requisitos  
para a obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Aprovado em 14 de dezembro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Cicero Joelson Vieira Silva – IFPB *Campus Cajazeiras*  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. M. Sc. Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB *Campus Cajazeiras*  
Examinador 1

  
\_\_\_\_\_  
Eng. Civil Leonardo de Souza Dias  
Examinador 2

Ao meu Pai e minha Mãe por todo o exemplo de humildade, garra e perseverança. Aos meus irmãos por todo o afeto depositado durante todo esse tempo em que estive ausente dedicado a esse trabalho. A minha sobrinha Melissa por todos os momentos em que pude descontrair ao seu lado.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua infinita misericórdia e graça de ter me concedido chegar até aqui. Diante de tantos problemas e desafios, sobretudo nessa pandemia do Covid-19, Ele tem me protegido e à minha família. Deixo, porém, meu pesar aos que se foram.

Aos meus pais, por sempre estarem comigo em todos os momentos, desde os meus primeiros passos até os dias de hoje.

Ao Instituto Federal de Educação e Tecnologia da Paraíba, pela oportunidade a mim concedida de trilhar mais uma etapa de minha trajetória acadêmica. E todos os meus professores que me ajudaram nessa jornada.

Ao meu professor e orientador – Me. Cícero Joelson Vieira Silva – por todo o suporte conferido na construção do presente trabalho, seja me explicando o assunto, seja me mandando obras para leitura, seja me orientando ou cobrando: Minha gratidão.

À minha namorada por sempre está ao meu lado me apoiando e incentivando a continuar nessa difícil batalha.

Aos meus amigos e familiares pelos momentos de descontração e apoio durante todo esse processo de vida acadêmica e pessoal.

## RESUMO

As rochas ornamentais são minérios comumente utilizados na construção civil em pisos e revestimentos, o que concentra cerca de 75% de sua produção mundial. O Brasil é o 5º maior produtor destes minérios, e na Região Nordeste destacam-se os Estados da Bahia e do Ceará que juntos são responsáveis por 23,9% da produção nacional. No Estado do Ceará uma das principais rochas deste segmento é a Pedra Cariri, um tipo de calcário laminado encontrado na Bacia Sedimentar do Cariri, é usado principalmente na construção civil para a produção de pisos, porém o grande problema na sua extração é a grande quantidade de rejeitos produzidos, chegando à marca de 70% de sua produção e isto implica em danos ambientais como assoreamento de corpos hídricos, alteração de pH da água e zonas de erosão. Outro material bastante usado na construção civil é o gesso, oriundo da gipsita que pode ser usado em revestimentos, forros, alvenarias de vedação, entre outros. No aspecto das alvenarias de vedação, destacam-se os blocos de gesso que são pré-moldados e que em sua composição podem ser adicionados aditivos que gerem melhoras nas suas características. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar blocos de gesso ecológicos a partir da adição de resíduos da extração da Pedra Cariri, com o intuito de dar uma destinação ambientalmente adequada para os rejeitos. Para atingir o foco deste trabalho, foram produzidos blocos com diferentes porcentagens de resíduo, e posteriormente realizou-se os ensaios seguindo a NBR 16495:2016. Os resultados foram satisfatórios, com os blocos de gesso sustentáveis houve melhoras significativas em todos os ensaios realizados, destacando-se o resultado para o ensaio de resistência à flexão, onde o bloco com adição de 15% do rejeito obteve um acréscimo de 20,86% em sua resistência, em comparação ao bloco comercial. Concluiu-se que a adição do rejeito da extração do calcário laminado nos blocos de gesso mostrou-se um resultado satisfatório e que é uma alternativa ambientalmente adequada para a destinação final destes resíduos.

**Palavras-Chave:** Pedra Cariri. Rochas Ornamentais. Blocos de Gesso. Resíduos.

## ABSTRACT

Ornamental rocks are ores commonly used in civil construction in flooring and cladding, which concentrates about 75% of its world production. Brazil is the 5th largest producer of these ores, and in the Northeast region, the states of Bahia and Ceará stand out, which together account for 23.9% of national production. In the state of Ceará, one of the main rocks in this segment is Pedra Cariri, a type of laminated limestone found in the Cariri sedimentary basin, it is used mainly in civil construction for the production of floors, but the major problem in its extraction is the great amount of waste produced, reaching 70% of its production, and this implies environmental damage such as silting up of water bodies, alteration of the pH of the water and erosion zones. Another material widely used in civil construction is plaster, from gypsum, which can be used in coatings, ceilings, sealing masonry, among others. In the aspect of sealing masonry, the highlights are plaster blocks that are pre-molded and in their composition can be added additives that generate improvements in their characteristics. In view of this, the present work aimed to develop and analyze ecological plaster blocks from the addition of waste from the extraction of Pedra Cariri, in order to give an environmentally appropriate destination for the tailings. To achieve the focus of this work, blocks with different percentages of waste were produced, and later the tests were carried out following NBR 16495/2016. The results were satisfactory, with the sustainable plaster blocks having significant improvements in all the tests performed, highlighting the result for the flexural strength test, where the block with the addition of 15% of the tailings obtained an increase of 20.86 % in its resistance, compared to the commercial block. Concluded that the addition of the waste from the extraction of laminated limestone in the plaster blocks proved to be a satisfactory result and that it is an environmentally suitable alternative for the final destination of these residues.

Keywords: Pedra Cariri. Ornamental rocks. Gypsum blocks. Waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Secagem dos blocos.....	18
Figura 2 - Espessura do bloco.....	20
Figura 3 - Comprimento do bloco. ....	20
Figura 4 - Altura do bloco. ....	21
Figura 5 - Espessura da superfície do vazado. ....	21
Figura 6 - Ensaio de resistência à flexão. ....	22
Figura 7 - Ensaio de dureza. ....	23
Figura 8 - Ensaio de absorção de água. ....	23
Figura 9 - Curvas granulométricas: (a) resíduo e gesso, (b) gesso.....	24
Figura 10 – Ensaio de massa unitária (a), volume de vazios (b). ....	25
Figura 11 – Resultados do ensaio de massa específica. ....	27
Figura 12 – Resultado do ensaio de densidade.....	28
Figura 13 – Resultado do ensaio de resistência à flexão. ....	29
Figura 14 – Resultado do ensaio de dureza superficial. ....	30
Figura 15 – Resultado do ensaio de capacidade de absorção de água.....	31

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização do gesso. ....	17
Quadro 2: Composição dos blocos de gesso. ....	18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 PEDRA CARIRI.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 GESSO.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Extração .....	14
2.2.2 Aplicação na construção civil.....	15
<b>2.3 BLOCOS DE GESSO.....</b>	<b>15</b>
2.3.1 Processo de fabricação .....	15
2.3.2 Propriedades .....	16
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DO GESSO E RESÍDUO DE PEDRA CARIRI .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 PRODUÇÃO DOS BLOCOS E CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Produção dos blocos .....	18
3.2.2 Caracterização das propriedades .....	19
3.2.2.1 <i>Densidade</i> .....	19
<b>3.2.2.2 MÓDULO DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2.3 DUREZA SUPERFICIAL .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.2.4 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 GESSO E RESÍDUO DE PEDRA CARIRI.....</b>	<b>24</b>
4.1.1 Análise granulométrica.....	24

4.1.2 Massa unitária e volume de vazios .....	25
4.1.3 Massa Específica .....	26
<b>4.2 BLOCOS DE GESSO.....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Densidade .....	27
4.2.2 Módulo de resistência à flexão .....	28
4.2.3 Dureza superficial.....	29
4.2.4 Capacidade de absorção de água .....	30
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos ramos de produtividade industrial que mais impulsionam a economia de um país, sobretudo na geração de emprego e renda, é a construção civil, sendo, um fator determinante no desenvolvimento econômico de uma nação. De acordo com o Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas – IPEA (2017), a construção civil no Brasil possuiu um crescimento aproximado de 6,33% ao ano, durante os anos de 2004 a 2011, tal fato corrobora para que a construção civil tenha um espaço efetivo no Produto Interno Bruto – PIB do país. Nesse cenário, destaca-se a mineração, trata-se de uma atividade extrativista, que apesar de ser de grande importância socioeconômica, é extremamente nociva para o meio ambiente.

A mineração no Brasil vem crescendo a cada ano, segundo Araújo e Fernandes (2016), o país é um dos maiores produtores e exportadores de minérios do mundo, onde 85% dos produtos são exportados. Junto ao agronegócio, a mineração é de extrema importância para que o país detenha um equilíbrio contábil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM ([2019?]), a produção mineral brasileira em 2018 teve um crescimento de 6,25% em relação ao ano anterior, apurando um total de US\$ 34 bilhões para a economia interna do país. Entre os diversos segmentos que abrangem a atividade mineradora na construção civil, a exploração da gipsita (gesso) e as rochas ornamentais apresentam grande potencial, devido as suas vastas possibilidades de aplicações no setor.

As rochas ornamentais são comumente utilizadas para função estrutural e principalmente decorativa (revestimentos). De acordo com Montani (2018), 75% da produção mundial destas rochas, aproximadamente 152 milhões de toneladas, se concentram no ramo da construção civil, onde são utilizadas em pisos, revestimentos externos e internos, escadas e trabalhos especiais. Fora do ramo da construção civil, destaca-se a aplicação em artes funerárias com 17,5% da produção mundial.

Segundo Montani (2018), o Brasil em 2017 foi o 5º maior produtor de rochas ornamentais no mundo, com uma produção estimada em 8,4 milhões de toneladas, o que representa uma participação de 5,4% na produção mundial. Para Chiodi Filho (2020), o segundo maior produtor de rochas ornamentais no Brasil em 2019 foi a Região Nordeste, com destaques para os Estados da Bahia e Ceará, com uma produção somada de 2,2 milhões de toneladas, quantidade esta que representa 23,9% de toda a produção nacional. Por este destaque da Região Nordeste, o número de empregos formais gerados considerando

extração e beneficiamento, segundo o Ministério do Trabalho (2018), é de 7.254 no ano de 2017.

O Estado do Ceará destaca-se no país por possuir extensas reservas minerais. De acordo com o Anuário Mineral do Estado do Ceará 2018 produzido pela Agência Nacional de Mineração – ANM (2019), o estado abarca reservas medidas de calcário de aproximadamente 8 bilhões de toneladas. Em comparação a outras rochas utilizadas para ornamentação, como granito, mármore, ardósia e outros, suas jazidas medidas chegam a aproximadamente 2,3 bilhões de toneladas. Ainda de acordo com a ANM (2019), em termos de produção, no ano de 2017 o Estado do Ceará atingiu a marca de 4,9 milhões de toneladas anuais de calcário, enquanto a produção de granito atingiu 50 mil toneladas e a de mármore apenas 350 toneladas. Estes dados representam a grandiosidade da região para a produção de rochas ornamentais de calcário em relação as outras rochas ornamentais.

O calcário laminado, conhecido como Pedra Cariri, é oriundo da Bacia Sedimentar do Cariri, a qual é uma das mais importantes do mundo devido a quantidade e qualidade de suas rochas. Sua exploração é voltada para o setor da construção civil, sendo utilizadas como pedras ornamentais e revestimento de pisos. A cadeia produtiva da Pedra Cariri, que vai da extração ao beneficiamento, produz um alto teor de resíduos, que segundo Correia, Vidal e Ribeiro (2006) corresponde a 70% da produção. De acordo com Vidal, Fernandes e Pequeno (2007), a produção de rejeitos gerados na região supracitada chega a cerca de 850 toneladas/ano. Isso implica no assoreamento de alguns rios da região, alteração no pH da água, aumento de zonas de erosão, além de poluição ambiental e visual nas proximidades das frentes de lavras e serrarias.

A gipsita é o mineral sulfatado mais abundante do mundo. No ano de 2017, segundo a ANM (2020) a produção brasileira de gipsita foi de 2,1 milhões de toneladas. O Estado de Pernambuco é o principal produtor de gipsita do Brasil, sendo responsável por 79,7% do total produzido. Neste, destaca-se o Polo Gesseiro do Araripe, situado no extremo oeste pernambucano e formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri. Os outros estados brasileiros responsáveis pela produção da gipsita são Maranhão (17,3%), Tocantins (2,2%), Pará (0,4%), Amazonas (0,2%), Rio Grande do Norte (0,1%) e Ceará (0,1%).

Segundo Silva *et al.* (2009), uma das principais degradações ambientais causadas pela mineração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe são as pilhas de rejeitos da extração que constituem na mudança dramática da paisagem pela instalação de vegetação dominada por

espécies invasoras e pelos sérios danos à dinâmica da água, assoreamento dos leitos dos rios e contaminação da água. Apesar de Lima *et al.* (2016) afirmar que as jazidas do Polo Gesseiro de Araripe serem as de melhor qualidade e melhor trabalhabilidade, e que as impurezas presentes no mineral chegam a apenas 0,5% a maioria dos casos, a grande produção anual faz com que se gere anualmente milhares de toneladas de rejeitos, que causam grandes impactos ambientais na região.

O gesso possui inúmeras aplicações diferentes, como revestimentos de paredes e tetos, decorações de ambientes, forros, divisórias, alvenaria de vedações verticais, entre outras. Estas diferentes aplicações fazem com que este mineral seja bastante consumido no mercado interno, principalmente pela construção civil, no qual se destaca a utilização de blocos de gesso para vedação de ambientes verticais, destaca-se por ser considerado um sistema construtivo racionalizado, limpo e seco.

Os blocos de gesso são componentes pré-moldados produzidos a partir de sulfato de cálcio e água, e que em sua composição podem ser adicionados fibras, agregados e outras adições. Suas principais características de alvenaria de vedação interna são a união dos blocos com fina camada de cola, o que não se faz necessário controle de espessura da junta, praticidade em se fazer reparos com cortes, instalações elétricas podem ser posicionadas nos vazios dos blocos. Além dos que já foram citados, os blocos de gesso segundo Campos e Calazans (2017), possuem um excelente comportamento como isolante acústico, baixa condutibilidade térmica fazendo com que ocorra um melhor isolamento térmico do ambiente.

A adição de rejeitos no ciclo produtivo é atrativa tanto no aspecto ambiental, como econômico. Hoje em dia eles estão sendo largamente utilizados em outros ramos industriais, em virtude do grande impacto ambiental que acarretam. Essa prática de reciclagem, proporciona uma destinação mais adequada e eficiente para tais, além de ser uma ótima alternativa de preservar as reservas naturais de matéria-prima e prolongar a vida útil das jazidas. Diante do que foi abordado, o presente trabalho propõe-se a desenvolver e avaliar blocos de gesso ecológicos com a inserção parcial de resíduos de calcário laminado, com o intuito de propor uma destinação adequada para os rejeitos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Desenvolver e avaliar o desempenho de blocos de gesso ecológicos com a inserção parcial de resíduos de Calcário Laminado (Pedra Cariri).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar fisicamente os insumos da mistura, gesso e resíduo, para produção dos blocos;
- Confeccionar blocos com diferentes proporções de resíduos;
- Analisar as propriedades dos blocos segundo os requisitos exigidos em norma;
- Comparar as características dos blocos de gesso tradicionais com os não convencionais;
- Produzir um produto sustentável.

## **1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Além da introdução, Capítulo 1, o trabalho é composto dos seguintes capítulos:

- Capítulo 2: trata-se da revisão da literatura com ênfase sobre resíduos sólidos, o setor de rochas ornamentais, Pedra Cariri, extração, produção e geração de resíduos, e blocos de gesso, produção, tipos e características.
- Capítulo 3: apresentação dos materiais e métodos, adotados através do programa experimental.
- Capítulo 4: apresentação e análise dos resultados obtidos na fase experimental, a partir dos objetivos propostos.
- Capítulo 5: trata-se das conclusões, considerações finais acerca do referido trabalho.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Pedra Cariri**

A indústria da construção é o setor que mais aplica as rochas ornamentais, são utilizadas basicamente como revestimento de paredes e pisos. Porém, sua aplicação fica condicionada as suas características mecânicas como resistência e durabilidade, que por sua vez, estão relacionadas a sua composição e morfologia mineralógica.

Pedra Cariri refere-se a rocha ornamental obtida pela laminação do calcário calcítico cujas peças, normalmente, são aplicadas com suas superfícies naturais, ou seja, sem processo de polimento. Esse produto é obtido por esquadrejamento e delaminação mecânica de placas (MELLO; CHIODI FILHO; CHIODI, 2011). Essa rocha possui normalmente coloração amarela que varia entre amarela e creme, podendo ter algumas variações como cor amarronzada e cinza dependendo de sua composição química.

### **2.2 Resíduos Sólidos**

Os resíduos sólidos, de acordo com a Lei 12.305 (BRASIL, 2010), são os materiais descartados provenientes da ação humana na sociedade, esses materiais devem ser reaproveitados em seus próprios ciclos produtivos ou em outros, devido a existência de casos em que o resíduo pode ser reaproveitado em sua própria cadeia produtiva. Após esgotadas todas as possibilidades de tratamento e reaproveitamento do material, o resíduo então é denominado rejeito e então segue-se para a sua disposição final, que deve ser ambientalmente adequada.

#### **2.2.1 Classificação**

De acordo com a norma da ABNT NBR 10004:2004 - Classificação, os resíduos sólidos podem pertencer as seguintes classes:

- Classe I: Perigosos: Aqueles que apresentam nível de periculosidade, seja ela causada por inflamabilidade, corrosividade, reatividade, corrosividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Classe II: Não Perigosos:

- Classe II A – Não Inertes: Aqueles que possuem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Classe II B – Inertes: Resíduos que não são solubilizados em contato com a água.

## **2.2 Gesso**

O gesso é um material proveniente do minério gipsita, a partir do processo de calcinação do minério, que perde  $\frac{3}{4}$  de água durante o processo convertendo-se em sulfato hemidratado de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ), que quando misturado com água adquire as características familiares ao gesso na construção civil, como trabalhabilidade e consistência mecânica após secagem, segundo Baltar, Bastos e Luz (2005). Devido as suas características de baixo custo e fácil manuseio, o gesso é um dos materiais amplamente utilizados na construção civil e sua aplicação vem crescendo cada vez mais, de acordo com Sá e Pimentel (2009).

De acordo com Ferreira (2017) e Assis et al (2020), a Região Nordeste do Brasil, destaca-se por ser um dos maiores produtores de gipsita, principalmente no polo gesseiro do Araripe, segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2015), as reservas brasileiras que são conhecidas chegam ao total de 400 milhões de toneladas de gipsita, com uma produção anual de aproximadamente 3 milhões de toneladas.

### **2.2.1 Extração**

A lavra no Brasil fica a céu aberto, através de bancadas horizontais, com extração em dimensões horizontais que permitem altas taxas de produção e baixo custo unitário (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005). No processo de extração são empregados equipamentos como: pás mecânicas, tratores de esteira, rompedores hidráulicos e marteleiros hidráulicos.

Durante o seu beneficiamento, é feita uma escolha manual, seguida da britagem para posterior moagem e peneiramento. Para a produção do gesso, a gipsita ainda precisa passar pelo processo de calcinação. Ainda de acordo com Baltar, Bastos e Luz (2005), o processo de calcinação ocorre em uma temperatura entre  $125^\circ \text{C}$  e  $180^\circ \text{C}$ , com a gipsita perdendo parte da água e se transformando em hemidrato (gesso).

### **2.2.2 Aplicação na construção civil**

O gesso utilizado na construção civil pode ser empregado em diversas formas, desde revestimento de paredes e teto, quanto como material utilizado na produção de molduras, placas de forro, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL - ABD, 2009), (SÁ; PIMENTEL, 2009), (JOHN; CINCOTTO, 2003). Da mesma forma que os demais resíduos gerados na construção civil, o gesso deve ter atenção especial, visto que uma incorreta destinação do mesmo pode ocasionar problemas ambientais (ABD, 2009), (SÁ; PIMENTEL, 2009), (JOHN, CINCOTTO, 2003).

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 431/2011, o resíduo de gesso é classificado como pertencente à classe B, ou seja, resíduo reciclável para outras destinações (BRASIL, 2011). Assim, depois de separado de outros resíduos da construção, os resíduos de gesso readquirem as características químicas do mineral de que o gesso foi extraído, a Gipsita, permitindo então que ele possa ser novamente reutilizado (ABD, 2009), (SÁ; PIMENTEL, 2009), (JOHN; CINCOTTO, 2003).

### **2.3 Blocos de gesso**

De acordo com a norma ABNT NBR 16494:2017: Bloco de gesso para vedação vertical - Requisitos, os blocos de gesso são definidos como peças industriais fabricadas com compostos basicamente de gesso, com formato semelhante a um paralelepípedo, que pode ser maciço ou vazado, possuindo duas faces planas e lisas, com encaixes macho e fêmea em lados opostos.

#### **2.3.1 Processo de fabricação**

De acordo com Grassi (2018) e a empresa JP Reciclagem de Gesso com processo de fabricação registrada na patente Nº BR 10 2012, o processo adotado para fabricação de blocos de gesso pode ser o seguinte:

ETAPA I: colocar na forma do bloco de gesso reciclado ecológico 8,5 litros de água para 10 kg de gesso reciclado;

ETAPA II: com batedor elétrico bater por 1 min a mistura;

ETAPA III: Após bater, aguardar de 15 a 17 minutos para fazer a desforma e levar para secagem;

ETAPA IV: Se for bloco de gesso reciclado ecológico maciço deixar em um secador ou local arejado por 15 dias, se for vazado 10 dias.

### **2.3.2 Propriedades**

De acordo com a norma ABNT NBR 16495:2016: Bloco de gesso para vedação vertical - Método de ensaio, são características estudadas nos blocos de gesso para vedação vertical: densidade, absorção de água, resistência a flexão e dureza. Sendo que a densidade é a relação entre a massa e o volume do bloco e a dureza superficial é a resistência à penetração do bloco de gesso.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho refere-se a um estudo experimental com abordagem quantitativa/comparativa. Todos os insumos utilizados para a fabricação dos blocos passaram por experimentos específicos segundo as normas vigentes. Vale salientar que a qualidade dos blocos sustentáveis está totalmente ligada aos produtos que irão compor sua mistura, por isso conhecer as propriedades deste é tão importante.

O programa experimental foi dividido nas seguintes etapas:

- Caracterização do gesso e resíduo de Pedra Cariri;
- Produção dos blocos e caracterização de suas propriedades.

#### 3.1 Caracterização do gesso e resíduo de Pedra Cariri

O gesso utilizado foi o de fundição, obtido em loja de material de construção do mercado local, bastante utilizado na produção de peças moldadas, artesanais ou industriais como: placas de forro, molduras, sancas, blocos, além de elementos decorativos (estátuas, vasos, colunas etc.).

Os resíduos de Pedra Cariri foram coletados em forma de pó, nos arredores de uma mineradora, situada na cidade de Santana do Cariri – CE. Esses rejeitos foram utilizados exatamente como colhidos, passando somente por um processo de peneiramento, utilizando uma peneira de malha de 4.75 mm, para retirada de pedregulhos.

Os insumos supracitados, foram analisados segundo as normas citadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Caracterização do gesso.

<b>Ensaio</b>	<b>Método</b>
<b>Granulometria</b>	ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica.
<b>Massa Unitária</b>	ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa de unitária e volume de vazios.
<b>Massa Específica</b>	ABNT NBR 16605:2017 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica

**Fonte:** Autor, 2020.

## 3.2 Produção dos blocos e caracterização das propriedades

### 3.2.1 Produção dos blocos

Foram produzidos 03 (três) blocos de gesso convencionais sem nenhuma adição de mineral. Estes foram fabricados utilizando 10 kg de gesso para 11 kg de água, fator água/gesso de 0,91. A partir dessa proporção, foram produzidos, mais três tipos de blocos sendo 03 (três) unidades de cada, blocos ecológicos, com adição de 5%, 10% e 15% de resíduo de Pedra Cariri, respectivamente, TR, T5, T10 e T15, em substituição ao gesso, como apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2:** Composição dos blocos de gesso.

<b>Tipos de Bloco</b>	<b>Composição</b>
<b>TR</b>	Pasta de gesso sem adições.
<b>T5</b>	Pasta com 5% de resíduo e 95% de gesso.
<b>T10</b>	Pasta com 10% de resíduo e 90% de gesso.
<b>T15</b>	Pasta com 15% de resíduo e 85% de gesso.

Fonte: Autor, 2020.

Os blocos foram produzidos em empresa especializada, seguindo as seguintes etapas: a água foi inserida em uma argamassadeira mecânica, depois o gesso teve sua massa determinada nesse equipamento, onde foi misturado até obter uma pasta homogênea. Após a realização da mistura a pasta é lançada em uma forma paralelepipedal, de dimensões 66,6 cm x 45,5 cm x 7,5 cm, para moldagem. Em seguida o bloco foi desmoldado e levado para secagem. Vide Figura 1.

**Figura 1** - Secagem dos blocos.



Fonte: Autor, 2020.

### 3.2.2 Caracterização das propriedades

Após produção, os blocos convencionais foram comparados com os ecológicos em relação as seguintes propriedades: densidade, resistência à flexão, dureza e absorção.

Essas propriedades foram analisadas seguindo os ensaios descritos na ABNT 16495:2016.

#### 3.2.2.1 Densidade

Levando em consideração que a densidade é massa sobre volume, o ensaio iniciou-se com a determinação das massas de todos os blocos. Logo em seguida, todos os blocos foram medidos para determinação dos seus respectivos volumes, a medição foi realizada da seguinte forma:

- A *espessura* foi determinada pela média aritmética de suas quatro arestas, tomadas no centro conforme Figura 2.

**Figura 2 -** Espessura do bloco.



**Fonte:** Autor, 2020.

- O *comprimento* foi determinado a partir da média aritmética de três medidas efetuadas sobre uma das faces lisas do bloco na direção da maior dimensão, Figura 3. A primeira medida foi efetuada passando no centro da superfície e as outras duas paralelas à primeira, 5 cm das bordas.

**Figura 3 -** Comprimento do bloco.



**Fonte:** Autor, 2020.

- A *altura* foi determinada a partir da média aritmética de três medidas efetuadas sobre uma das faces lisas na direção da menor dimensão, Figura 4. A primeira medida foi efetuada passando o centro da superfície e as outras duas paralelas à primeira, a 5 cm das bordas.

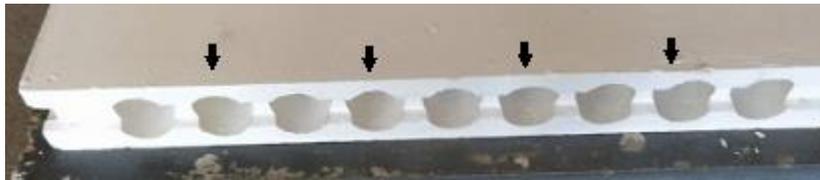
**Figura 4** - Altura do bloco.



Fonte: Autor, 2020.

- Os vazados (alvéolos) foram determinados tomando as medidas de suas espessuras em três furos escolhidos aleatoriamente, Figura 5.

**Figura 5** - Espessura da superfície do vazado.



Fonte: Autor, 2020.

### 3.2.2.2 Módulo de resistência a flexão

A caracterização iniciou com o corte dos blocos no sentido do comprimento, no sentido paralelo aos vazios e na remoção dos encaixes. O corte foi feito de forma que o corpo de prova ficasse com dois furos. Em seguida, o corpo de prova foi levado a prensa e posicionado sobre os cutelos de apoio e o cutelo superior, posicionado no centro, para ruptura, Figura 6.

**Figura 6** - Ensaio de resistência à flexão.



Fonte: Autor, 2020.

### *3.2.2.3 Dureza superficial*

A dureza superficial foi determinada pelo durômetro Shore C, equipamento específico, utilizado para medir dureza de materiais desde os mais frágeis até os mais rígidos. O ensaio foi realizado apoiando o bloco de gesso em uma superfície plana, e em seguida, imprimindo a base de apoio do durômetro perpendicularmente à face do bloco, Figura 7. Ao total foram realizadas doze medidas, seis por face em locais alternados.

**Figura 7 -** Ensaio de dureza.



**Fonte:** Autor, 2020.

#### *3.2.2.4 Capacidade de absorção de água*

No ensaio de absorção, os blocos foram submersos durante 120 minutos em um reservatório de água, de modo que sua face interior não entrasse em contato com o fundo do reservatório e a face superior ficasse com uma lâmina de água de  $5 \pm 1$  cm. É importante salientar que, antes do ensaio, todos alvéolos foram preenchidos com uma espuma expansiva, como solicita a norma, Figura 8.

**Figura 8 -** Ensaio de absorção de água.



**Fonte:** Autor, 2020.

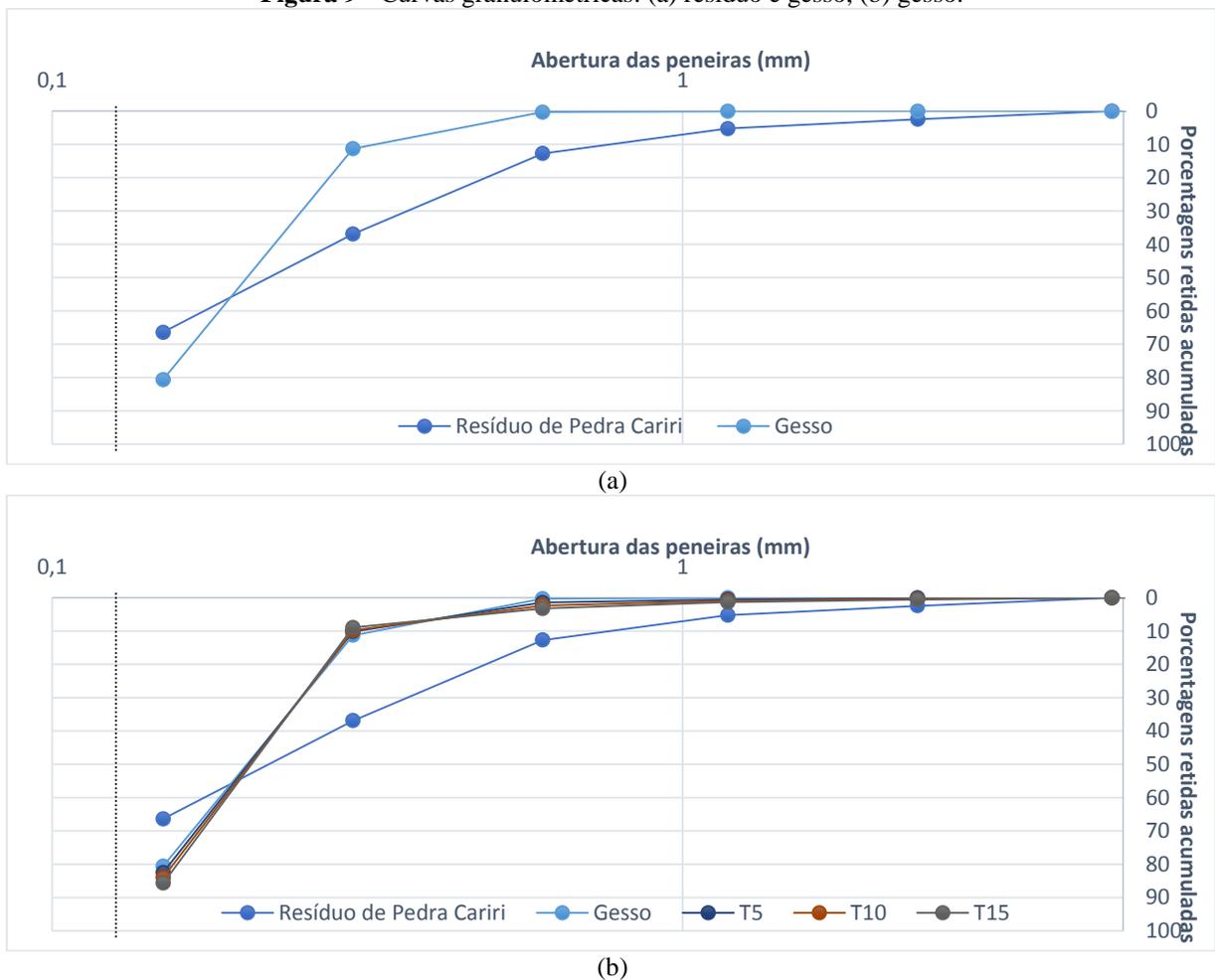
## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

### 4.1 GESSO E RESÍDUO DE PEDRA CARIRI

#### 4.1.1 Análise granulométrica

Tanto o resíduo de Pedra Cariri como o gesso podem ser considerados materiais finos, conforme observado na distribuição granulométrica, apresentada na Figura 9, possuindo módulo de finura de 1.23 e 0.92, respectivamente.

**Figura 9** - Curvas granulométricas: (a) resíduo e gesso, (b) gesso.



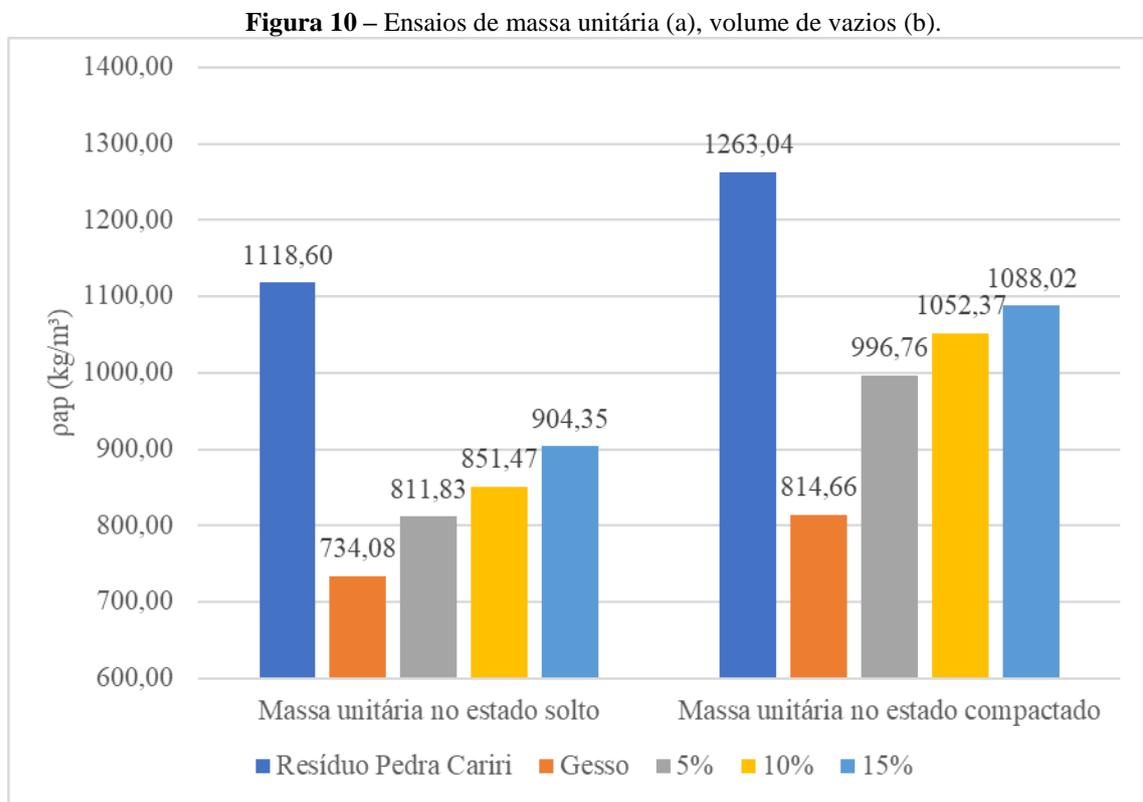
Fonte: Autor, 2020.

De acordo com a Figura 9, à medida que se incorpora resíduo de Pedra Cariri, a porcentagem de material fino aumenta, o que influencia diretamente no módulo de finura das composições. A partir das curvas é possível observar uma semelhança no comportamento das

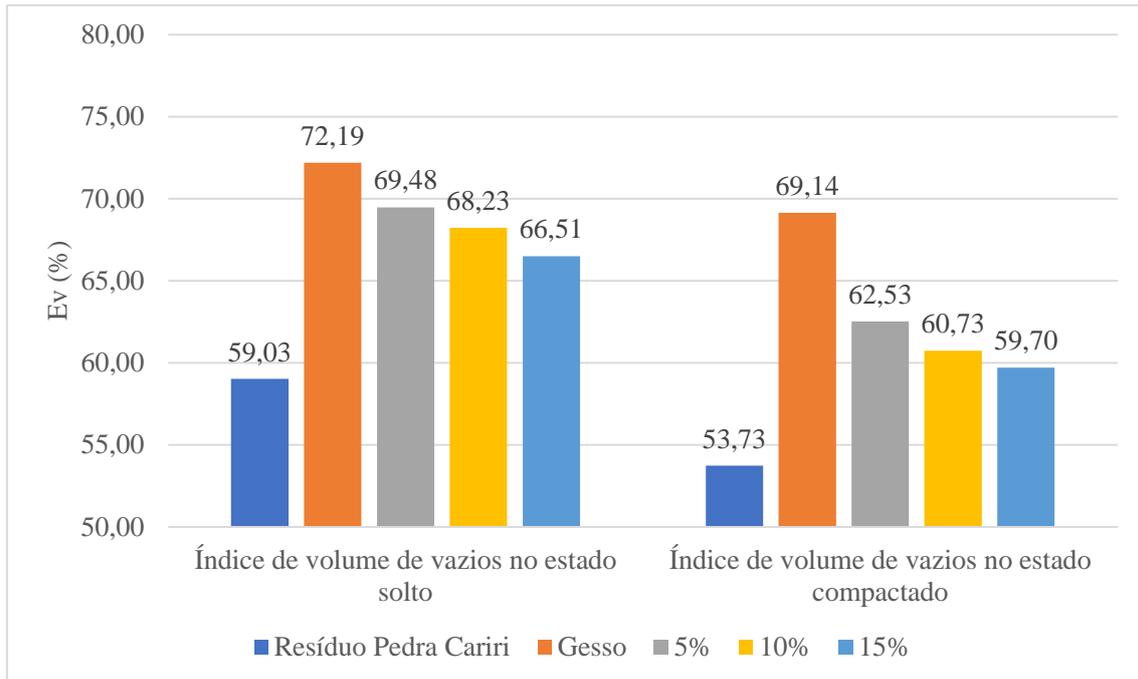
as amostras com adição, em contrapartida existe um aumento sutil na proporção de material fino com o acréscimo do rejeito, perceptível principalmente na abertura de 600  $\mu\text{m}$ .

#### 4.1.2 Massa unitária e volume de vazios

Segundo os ensaios realizados o resíduo e o gesso possuem no estado solto massa unitária de 1118.60  $\text{kg/m}^3$  e 734  $\text{kg/m}^3$  e volume de vazios de 59.03% e 72.19%, já no estado compactado possuem massa unitária de 1263.04 e 814.66 e volume de vazios 53.73% e 69.14%, conforme a Figura 10, em que também é apresentado os valores para demais composições.



(a)



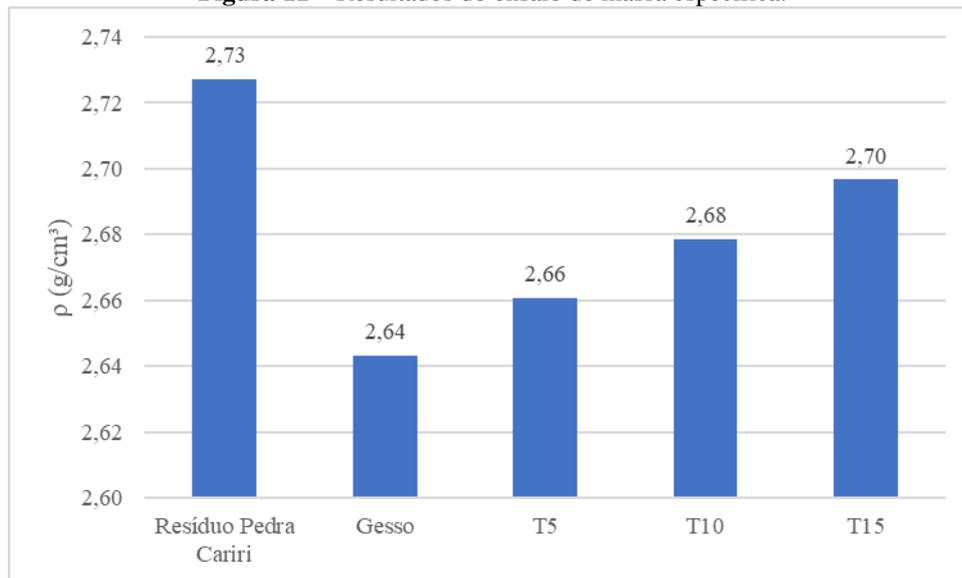
(b)

Fonte: Autor, 2020.

Com o aumento da proporção do material alternativos, tanto a massa unitária como o volume de vazios sofrem alterações de maneira inversa. O acréscimo do resíduo de Pedra Cariri torna o material mais compacto elevando sua massa unitária, fenômeno esperado por se tratar de um material mais fino e que tem a capacidade de preencher os espaços existentes na mistura, reduzindo assim, o volume de vazios, como demonstrado nas imagens a e b da Figura 10.

#### 4.1.3 Massa Específica

Em relação as massas específicas observaram-se um aumento de 0.76%, 1.52% e 2.27% nas composições T5, T10 e T15, respectivamente, em comparação ao gesso, valores apresentados na Figura 11.

**Figura 11** – Resultados do ensaio de massa específica.

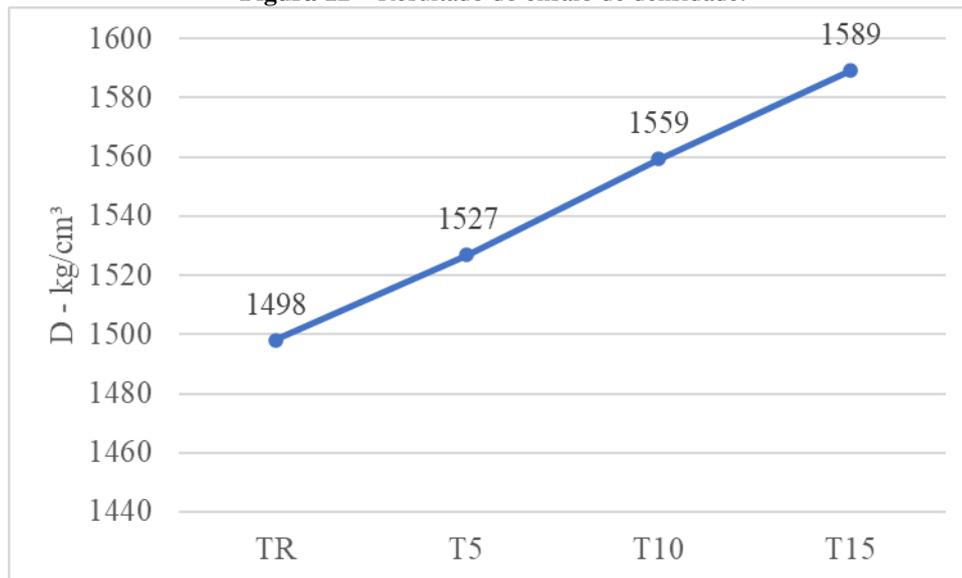
Fonte: Autor, 2020.

Assim como na massa unitária, esse comportamento pode ser explicado devido a distribuição granulométrica do resíduo, por ser um material mais fino e proporcionar um maior empacotamento dos grãos e assim levar a uma mistura com menos vazios, em outras palavras, mais densa.

## 4.2 BLOCOS DE GESSO

### 4.2.1 Densidade

No ensaio de densidade, todos os blocos de gesso sustentáveis apresentaram acréscimo em relação ao bloco tradicional. No bloco T5 o aumento de densidade foi de 1.94%, o T10 de 4.07% e o T15 de 6.08%, dados apresentados na Figura 12.

**Figura 12** – Resultado do ensaio de densidade.

Fonte: Autor, 2020.

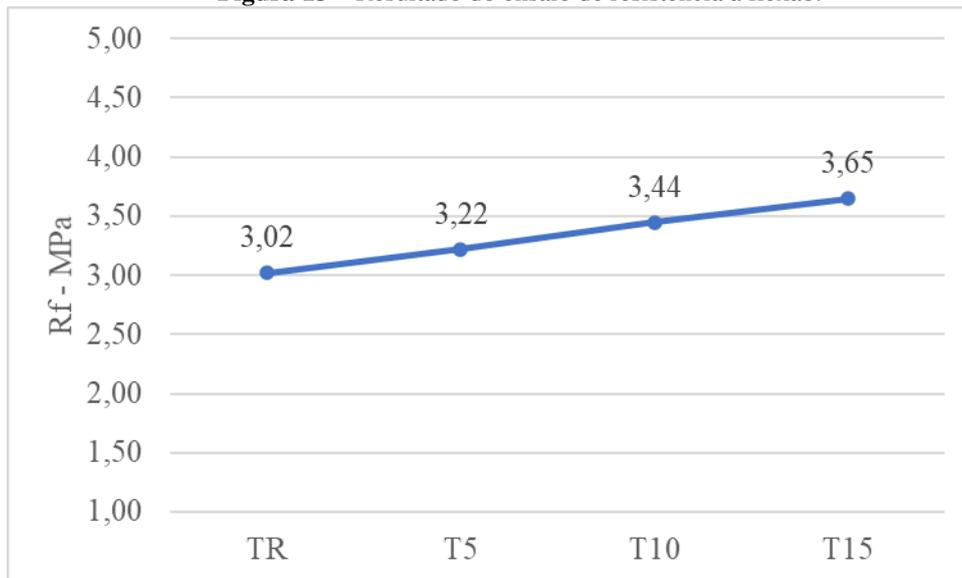
Esse crescimento de densidade está relacionado com as massas específicas das composições, que como já explicado, acontece devido o preenchimento dos vazios pelos resíduos da Pedra Cariri, em consequência das dimensões de suas partículas.

Segundo a ABNT NBR 16494:2017: Blocos de gesso para vedação vertical - Requisitos, todos os blocos de gessos, convencionais ou ecológicos, são classificados como de alta densidade, devido apresentar resultados acima de 1.100,00 Kg/m³.

Pinto *et al.* (2016), adicionou resíduos de borracha de pneus em compostos de gesso a fim de verificar como se comportaria a pasta com diferentes granulometrias e porcentagens do resíduo, no ensaio de densidade, ao contrário do que aconteceu no presente trabalho, a densidade das pastas foi reduzida com relação ao composto comercial de controle, evidenciando que a depender do material a ser utilizado pode-se ter diferentes resultados, neste caso o pneu por possuir um grau elevado de elasticidade acaba não preenchendo regularmente os vazios entre as partículas de gesso.

#### 4.2.2 Módulo de resistência à flexão

Para o ensaio de resistência à flexão, os blocos de gesso não convencionais apresentaram aumento com relação ao bloco comercial na ordem de 6.62% para o T5, 13.91% para o T10 e 20.86% para o T15, como demonstrado na Figura 13.

**Figura 13** – Resultado do ensaio de resistência à flexão.

Fonte: Autor, 2020.

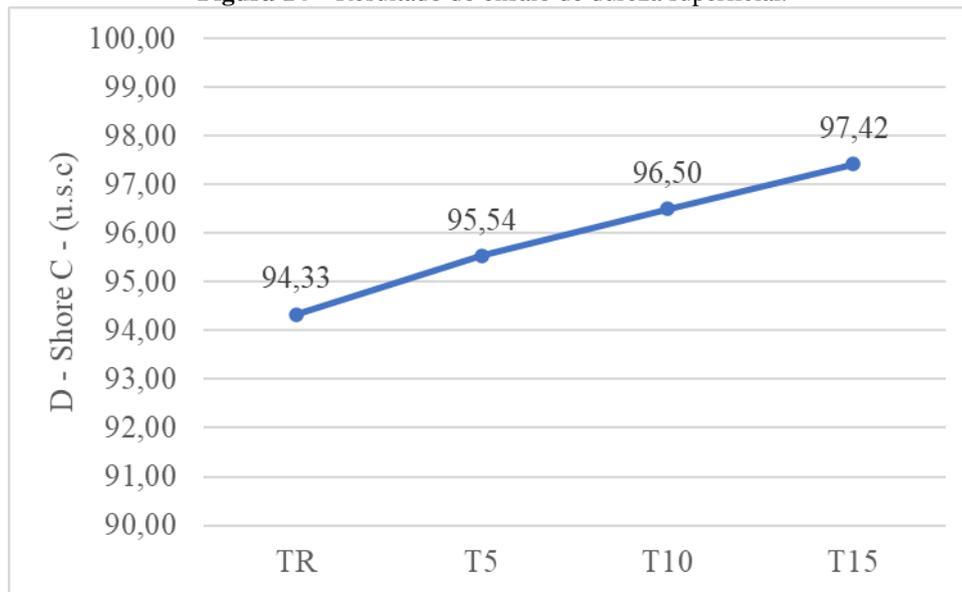
Para o T15, a resistência atingida chegou a 3.65 MPa. Este aumento pode ter ocorrido devido ao resíduo da Pedra Cariri ser mais pulverulento que o gesso, contribuindo para uma maior compacidade da mistura e consequentemente aumento de sua densidade, influenciando diretamente na resistência à flexão.

Por possuírem resistência à flexão acima de 1.2 MPa de acordo com a ABNT NBR 16494:2017, todos os blocos estudados são classificados segundo a Classe de espessura e alvéolo em 76 cilíndrico.

Ao analisar trabalhos análogos a este, como o de Santana *et al.* (2019) em que o mesmo faz um comparativo entre blocos de gesso tradicionais e blocos de gesso reciclados, analisa-se eventos similares ao realizar ensaios de flexão nas peças de gesso, onde o produto sustentável mostrou-se mais resistente a esforços de flexão em relação aos blocos tradicionais.

#### 4.2.3 Dureza superficial

Os blocos sustentáveis, T5, T10 e T15, demonstraram aumentos, no que se refere a dureza, em relação ao bloco tradicional, obtendo ganhos de 1.28%, 2.30% e 3.28%, respectivamente, como demonstrado na Figura 14.

**Figura 14** – Resultado do ensaio de dureza superficial.

Fonte: Autor, 2020.

Devido à redução de vazios observada anteriormente nos outros tópicos, a superfície destes blocos tendeu-se a ficar menos porosa e, portanto, mais lisa, implicando no aumentando dessa característica.

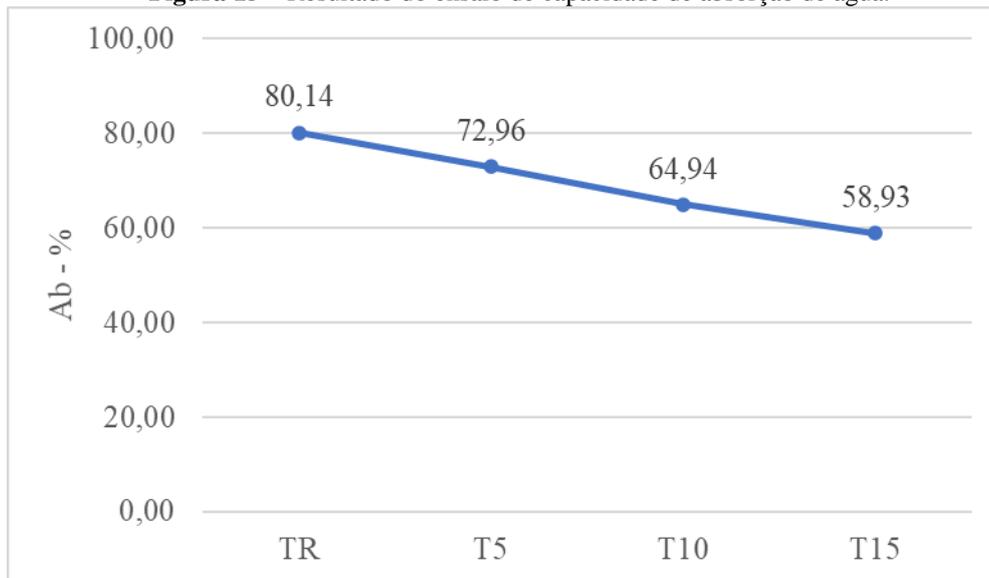
De acordo com a ABNT NBR 16494:2017, os blocos analisados estão classificados como de alta dureza por apresentarem valores acima de 80 unidades Shore C (u.s.c.).

Ao utilizar resíduos de mármore como adicionais à blocos de gesso pré-fabricados, Silva (2019), obteve resultados semelhantes ao deste trabalho, onde os blocos que possuíam o resíduo obtiveram classificação na unidade de dureza Shore C (u.s.c.) superior ao bloco de controle, mostrando a compactação com o preenchimento dos vazios por parte dos resíduos de Pedra Cariri estão de acordo com outros trabalhos.

#### 4.2.4 Capacidade de absorção de água

Os blocos de gesso produzidos apresentaram uma redução com relação ao padrão comercial, que não possui os resíduos da Pedra Cariri. A redução no bloco T5 foi de 7,18%, seguido de 15,20% para o bloco T10 e 21,21% no bloco T15.

Observa-se que quanto maior a porcentagem de resíduos presentes no bloco de gesso, menor será a sua capacidade de absorção, representando uma relação inversamente proporcional, tal qual está representado pelo gráfico na figura 15.

**Figura 15** – Resultado do ensaio de capacidade de absorção de água.

Fonte: Autor, 2020.

Esta redução é explicada pela maior presença dos resíduos de Pedra Cariri preenchendo os vazios presentes entre as partículas de gesso, que agora estão menos dispersas.

De acordo com a ABNT 16494:2017, os blocos de gesso estudados podem ser classificados como simples, pois possuem potencial de absorção acima de 5%, sendo indicados somente para áreas secas.

Pode-se confirmar a ocorrência deste fenômeno de diminuição da capacidade de absorção de água ao confrontar tais resultados com os de Rosa, Moreira e Bilcati (2012), que realizaram o ensaio de absorção de água em compósitos de gesso com adições de fibra de curauá e mucilagem da babosa, obtendo a conclusão de que o acréscimo de resíduos no processo de fabricação do gesso faz com que ocorra um melhor preenchimento dos vazios nas peças, diminuindo a sua capacidade de absorver água.

## 5 CONCLUSÃO

A necessidade de desenvolver atividades ambientalmente adequadas faz com que as empresas procurem inovações e soluções que reduzam os impactos ambientais causados por suas atividades. A mineração, principalmente na extração e beneficiamento das rochas, gera uma enorme quantidade de resíduos finos que são descartados, muitas vezes de forma consciente, indevida e direta, no meio ambiente, ocasionando diversos problemas tanto para a natureza como para a sociedade. A utilização desses resíduos na indústria de construção vem crescendo a cada ano e tornou-se uma ótima alternativa ambientalmente adequada para evitar o descarte de toneladas de materiais pulverulentos em locais inapropriados.

Como visto neste trabalho, a utilização do resíduo de rocha ornamental, no papel da Pedra Cariri, melhorou todas as características estudadas e exigidas em norma para os blocos de vedação vertical. Foi visto que a adição de até 15% desse rejeito proporcionou melhorias em suas características aumentando o seu desempenho. O destaque ficou para o T15, que quando comparado ao bloco tradicional, obteve uma maior densidade 6.08%, que contribui para uma menor absorção 21.21% que influenciou diretamente na dureza e resistência, 3.28% e 20.86%, respectivamente, isso devido ao fato do resíduo da Pedra Cariri ter agido com fíler na composição das misturas.

Contudo, o presente trabalho mostrou que os resíduos da Pedra Cariri podem ser utilizados na fabricação de blocos de vedação em gesso pré-fabricado e possuir uma disposição final ambientalmente adequada, reduzindo a quantidade de rejeitos desta rocha ornamental. Entretanto, nota-se uma dificuldade por parte da indústria da construção civil em adotar tais medidas, corroborado com a falta de informações acerca dos benefícios que os materiais sustentáveis trazem com relação aos materiais tradicionais.

Por fim, sugere-se que em trabalhos futuros sejam feitas análises das propriedades físicas e químicas das pastas de gesso utilizadas na referida pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Anuário mineral estadual: Ceará 2018**. Brasília: ANM, 2019.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Sumário mineral 2018**. Brasília: ANM, 2020.

ARAÚJO, E. R.; FERNANDES, F. R. C. Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. In: Guimarães, P. E.; Cebada, J. D. P. (eds). **Conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica: o passado e o presente**. Évora, CETEM, CICP, Rio de Janeiro, 2016, p. 65–88.

ASSIS, M. S. *et al.* Influência da calcinação e da granulometria na fabricação de blocos de gesso reciclado. In: 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado, 2020. **Anais...**, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL - ABD. **Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e reciclagem**. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios – Elaboração. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica – Elaboração. Rio de Janeiro, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16494**: Bloco de gesso para vedação vertical - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16495**: Bloco de gesso para vedação vertical – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. **Gipsita**. CT2005-122-00. Rio de Janeiro: CETEM-Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005. 23 p. Comunicação Técnica.

BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.

CAMPOS, J. P.; CALAZANS, Y. A. M. **Estudo comparativo entre vedações internas utilizando alvenaria com blocos cerâmicos e blocos de gesso em atendimento a norma brasileira de desempenho – NBR 15.575**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2017.

CHIODI FILHO, C. **Balço das exportações, importações e consumo interno brasileiro de rochas ornamentais em 2019**. Brasília: ABIROCHAS, 2020. (Informe nº 01/2020).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 maio 2011.

CORREIA, J. C. G.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, R. C. C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 5, 2005, Recife, **Anais...** Rio de Janeiro, 2006, p.65-73.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE MINERAÇÃO - DNPM. **Sumário mineral**. Brasília, V. 35. 2015. p. 72.

FERREIRA, F. C. **Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no polo gesseiro do Araripe**. UFPE, 2017.

GRASSI, J. T. **Análise das propriedades termo-acústicas de blocos de gesso reciclado fabricados a partir de Gesso pós-consumo - uma revisão da literatura**. Tese (Monografia de especialização). Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Relatório anual de atividades: Julho de 2018 – Junho de 2019**. Brasília, [2019?]. Disponível em: <http://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2019/07/relatorio-anual-2018-2019.pdf>. Acessado em 26 set. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS- IPEA. **Macroeconômico**. 2017. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 20 set. 2020.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas da gestão de resíduos de gesso: contribuição para reformulação da Resolução CONAMA 307**. São Paulo: EPUSP, julho de 2003.

LIMA, T. C. *et al.* Aplicação de resíduos de gipsita em formulações de massas cerâmicas. In: 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016, Natal. **Anais...**, 2016.

MELLO, I. S. de C.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. **Atlas de rochas ornamentais da Amazônia brasileira**. CPRM, 2011, 292P.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Relação Anual de Informações Sociais – RAIS**. 2018. Disponível em: <http://trabalho.gov.br>. Acesso em: 27 set. 2020.

MONTANI, C. **XXIX Rapporto marmo e pietre nel mondo 2018**. Carrara – Itália: Aldus Casa di Edizioni in Carrara, 2018.

PINTO, N. A. *et al.* Avaliação de matriz de gesso com incorporação de borracha de pneus para utilização na construção civil. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 103-117, 2016.

ROSA, C. C., MOREIRA, D. D. C. e BILCATI, G. K. Estudo das propriedades físicas da fibra de Curauá. In: XI Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia – COBENGE. **Anais...** Belém, 2012.

SÁ, N. H. R.; PIMENTEL, L. L. Avaliação do desperdício de gesso aplicado como revestimento. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC, 14, Campinas, 2009. **Anais...** Campinas, 2009.

SANTANA, C. V. *et al.* Recycled gypsum block: development and performance. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 45-58, abr. 2019.

SILVA, M. *et al.* Número de espécies e densidade de plantas da vegetação de bota-foras da mineração de gipsita em Ipubi, PE. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2009, Recife. **Resumos da IX JEPEX**, 2009.

SILVA, V. V. L. **Análise da viabilidade técnica da reutilização de resíduos de pedras ornamentais na fabricação de blocos de gesso sustentáveis.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Cajazeiras, 2019.

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G.; PEQUENO, D. A. C. Inovação tecnológica para valorização da pedra Cariri - CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 3, SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 6., Rio de Janeiro, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 298-305.