

# ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO GESSO RECICLADO SOB DIFERENTES TIPOS DE CALCINAÇÃO

Diego Pilotto<sup>1</sup>; Heloísa Cristina Fernandes Cordon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

<sup>2</sup> Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

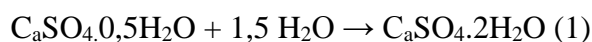
**Resumo.** *Visando a sustentabilidade, o gesso de construção civil quando descartado incorretamente se torna um vilão, pois tem grande potencial para poluir o meio ambiente. Por se tratar de um material com alta velocidade de endurecimento e devido à mão de obra não qualificada, geram-se muitas perdas no processo construtivo. Portanto, sua reciclagem ganhou destaque nos últimos tempos por ser uma excelente alternativa. Focando no aprimoramento da viabilização do processo de reciclagem do gesso de construção civil, viu-se a oportunidade de avaliar as alterações nas propriedades físicas e mecânicas após ciclos de reciclagem em diferentes condições de controle de temperatura, umidade e pressão. Foi proposto realizar um estudo utilizando diferentes processos de reciclagem, com e sem controle de umidade e pressão e avaliar sua influência nas características do material. Percebeu-se que os processos que incorporavam umidade na etapa de calcinação do material geraram resultados melhores quando comparado com o processo que não incorporou umidade. Concluiu-se que a incorporação de umidade no processo de reciclagem do gesso tem sim sua significância, pois além de aproximar os valores das propriedades físicas e mecânicas, aumentou o tempo de trabalhabilidade do material, tornando o gesso reciclado mais próximo do gesso original.*

## 1. Introdução

A manutenção da sustentabilidade do meio ambiente depende, dentre outros fatores, da reciclagem dos resíduos gerados pela sociedade. A construção civil, em particular, é um setor responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos que, por sua vez, são descartados e, muitas vezes, inutilizados. Um dos materiais deste setor que mais gera resíduo é o gesso de construção (CAGNONI, F.C.; CORDON, 2016).

Por apresentar excelente plasticidade e homogeneidade, endurecimento rápido, pequeno poder de retração na secagem, estabilidade volumétrica e inibição de propagação de chamas ao liberar moléculas de água quando aquecido. Devido ao seu rápido tempo de pega, que é o tempo útil para utilizá-lo antes do seu endurecimento, deve ser manuseado num curto espaço de tempo antes que perca sua capacidade de aplicação. Entretanto, fatores como a baixa qualificação da mão de obra levam à geração de uma grande quantidade de material endurecido antes da aplicação, que se torna inútil, transformando-se em resíduo (CAGNONI, F.C.; CORDON, 2016).

Uma utilização muito comum deste material na construção civil é para revestimento interno de paredes. O revestimento de gesso é na forma de pasta ou como componente de alvenaria (placas de gesso, blocos de alvenaria e tetos) e elementos decorativos. Para ser usado, é misturado com água. Em contato com água as partículas de gesso, na forma de hemidrato, reagem, reidratando e torna-se uma pasta dura, por reação exotérmica, mostrado em (1) (M. M. PINHEIRO; CAMARINI, 2015).



O mecanismo da reação de hidratação é explicado por Le Chatellier. Ao misturar os materiais, o hemidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) se dissolve em água, formando uma solução de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , seguido de precipitação de cristais de di-hidratados aciculares ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Então os núcleos de cristalização são formados e ao redor dele os cristais crescem, formando

uma rede entrelaçada de cristais longos. O material resultante é sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) com a mesma natureza química da rocha natural do gesso (M. M. PINHEIRO; CAMARINI, 2015).

Os impactos dos resíduos do gesso no meio ambiente são acentuados, como, a deposição inadequada dos resíduos que pode contaminar o solo e o lençol freático, devido às características físicas e químicas do material, que, em contato com o ambiente pode se tornar tóxico. Um exemplo desta afirmação é a deposição errônea do resíduo em aterros sanitários comuns, pois além de tóxico a dissolução do material pode gerar um gás inflamável. A incineração do gesso pode produzir o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), um gás tóxico para o meio ambiente (HENDGES, 2013).

Assim, as opções para a reutilização deste gesso descartado são recicla-lo ou incorporá-lo no gesso “virgem”, novo, então a produção do mesmo se diminuirá, diminuindo também o tamanho do impacto que ele gera no meio ambiente. Portanto este estudo surge da necessidade de se encontrar um meio de reciclar o gesso descartado, o tornando viável para poder voltar a ser utilizado.

Este trabalho tem como objetivo estudar diferentes formas de calcinação para a reciclagem do resíduo de gesso produzido em laboratório e comparar suas características e propriedades com o gesso comercial.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Materiais**

Neste trabalho, foram utilizadas as seguintes amostras: gesso para construção civil comercial (GC), gesso di-hidratado (GD), gesso reciclado no forno com umidade controlada (GRFU), gesso reciclado em autoclave industrial (GRA), gesso reciclado na estufa sem controle de umidade (GRE) e gesso reciclado em autoclave odontológica (GRAO).

O gesso comercial usado é indicado para revestimentos internos, pequenos reparos, assentamento de molduras de gesso e produção de peças artesanais.

A água utilizada na hidratação do material foi fornecida pelo abastecimento público de São Caetano do Sul e é considerada própria para consumo na construção civil.

### **2.2 Métodos**

O experimento se iniciou com a análise das características do pó do gesso comercial, como massa específica, massa unitária, ensaio de granulometria e umidade. Após estes ensaios se deu prosseguimento à caracterização da pasta e então ao ensaio de cinética de temperatura e o de resistência à compressão.

Para reciclar o gesso, diferentes tipos de métodos de calcinação foram realizados. Reciclar o gesso em uma estufa sem umidade, em um forno com umidade controlada, em uma autoclave industrial e em uma autoclave odontológica.

Iniciaram-se os ensaios obtendo uma grande quantidade de gesso comercial e o peneirando. Para este processo foi utilizada uma peneira com malha de espaçamento de 2,0 milímetros.

#### **2.2.1 Massa Unitária**

De acordo com a norma NBR 12127 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a), com o auxílio de um pincel a fim de se obter a massa para a determinação da massa unitária o material foi colocado dentro de um recipiente cilíndrico e medindo sua massa inicial e final. Conhecendo o volume do recipiente, calcula-se a massa unitária pela razão entre uma determinada massa de gesso em pó e o volume ocupado por este.

### **2.2.2 Massa Específica**

Para a determinação da massa específica, foi consultada a norma NBR NM 53 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), o líquido usado no frasco de Le Chatelier foi o querosene, pois o mesmo não reage com o gesso, e a massa de gesso utilizada foi de 50 gramas.

### **2.2.3 Distribuição Granulométrica**

Para a realização do ensaio de granulometria, colocou-se 100 gramas de pó de gesso sobre as peneiras especificadas pela norma NBR 12127 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a), as quais foram vibradas mecanicamente durante 15 minutos. Esse procedimento foi repetido duas vezes para cada amostra e então a porcentagem retida em cada peneira foi coletada, assim como a parte que ficou no fundo e todas as peneiras, a parte mais fina da amostra.

### **2.2.4 Determinação da Umidade**

Foi possível medir a umidade do material com o auxílio de o medidor de umidade modelo MOC63u da SHIMADZU CORPORATION, que mede o percentual de água presente em uma amostra. No ensaio dois gramas do material foram homogeneamente distribuídos sobre um recipiente de alumínio, permanecendo a 160 °C por 10 minutos.

### **2.2.5 Ensaio de Pasta de Consistência Normal**

O gesso comercial foi inicialmente hidratado, seguindo os requisitos da NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b), onde se obteve a relação água/gesso de 50% para a produção de uma pasta de gesso com consistência normal. A água utilizada na hidratação do material foi fornecida pelo abastecimento público de São Caetano do Sul e é considerada própria para consumo na construção civil.

### **2.2.6 Tempo de Pega**

Para se obter o valor do tempo de pega, se deu início ao ensaio, para isto utilizou-se a norma ABNT NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b), em que a pasta com o gesso comercial com relação água/gesso igual a 50%, foi feita da seguinte maneira: o pó de gesso foi polvilhado sobre a água durante cerca de um minuto, se esperou dois minutos para este então hidratar e assim após este já hidratado pode-se misturar para formar uma pasta homogênea. Com o auxílio do aparelho de Vicat, o material foi testado a cada minuto para verificar o tempo de pega inicial e final.

### **2.2.7 Ensaio de Cinética de Temperatura**

Foi preparado inicialmente um ambiente em que a amostra não perderia calor para a sua vizinhança, utilizando uma caixa de isopor com pequenas esferas de isopor dentro, de diâmetro de 0,5 centímetros, e um pequeno furo para a inserção do data-logger.

Em um pequeno recipiente de plástico, utilizando a relação água/gesso encontrada anteriormente, preparou-se uma pequena quantidade de pasta de gesso em estudo. Para critério de análises futuras foi decidido que a massa total deste ensaio seria de 30 g, portanto para isto foi utilizada 20 g de pó de gesso e 10 g de água.

Para o preparo desta pasta foi utilizado como base a relação água/gesso igual a 50%.

Com a pasta pronta dentro do recipiente, o recipiente foi colocado dentro da caixa de isopor e então foi inserido o data-logger na pasta.

### **2.2.8 Ensaio de Resistência à Compressão**

Utilizando a norma NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b) a pasta para este ensaio foi produzida com relação água/gesso de 50%, e então colocada em três formas cúbicas com 5 cm de aresta.

Esperaram-se sete dias para estes blocos secarem e então com o auxílio de uma prensa hidráulica os valores de resistência à compressão para cada bloco forem coletados e no final se considerou a média dos valores. Para este ensaio seguiu-se a NBR 12129 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017c)

### **2.2.9 Produção do Gesso Di-Hidratado (resíduo)**

Após ter coletado todos os parâmetros do gesso comercial de construção civil, deu-se início ao processo de reciclagem, para isto primeiro foi necessário produzir material hidratado, para então reciclá-lo de diversas maneiras.

Seguindo a relação água/gesso de 50% determinada anteriormente, em bandejas grandes metálicas forradas com plástico a pasta foi depositada. Com a ajuda de uma espátula toda a pasta foi disposta nas bandejas de maneira homogênea, sem depósitos excessivos de material nos cantos, assim garantindo uma secagem uniforme.

A espera durou um total de sete dias em ambiente de laboratório para que o material secasse por completo. Depois de seco, o gesso foi retirado da bandeja metálica e então levado para um moinho de martelos elétricos, onde este gesso hidratado se tornou pó, pronto para a calcinação.

### **2.2.10 Reciclagem em forno com umidade controlada (GRFU)**

O primeiro método, gesso reciclado no forno com umidade controlada – GRFU – consiste em primeiro, separando 100 g de pó, já peneirado, do material (GD) e o colocando em uma bandeja metálica, formando uma camada de 1,0 cm e homogeneizando o material, para que ele calcine igualmente pela bandeja toda, colocando-o no forno elétrico com umidade controlada.

A amostra permaneceu por 45 minutos a 150 °C e a 100% de umidade. Após este período a mesma foi colocada em uma dessecadora, onde permaneceu por mais 30 min para esfriar e então inicialmente se mediu sua massa final e sua umidade.

Inicialmente, em menor escala, foi realizado o teste neste equipamento para definir qual seria o tempo ideal de calcinação do material e após análises se percebeu que o tempo de 45 minutos é o ideal, pois o gesso reciclado final apresentou a mesma umidade que o gesso comercial original.

O ensaio foi repetido algumas vezes, até ter a quantidade necessária de material em mãos.

### **2.2.11 Reciclagem em autoclave (GRA)**

Para o segundo método, gesso reciclado na autoclave (GRA), 100 g de material hidratado foram dispostos num recipiente redondo e metálico, fundo de peneira, e em cima deste recipiente foi colocado uma peneira de 2 mm de espaçamento para ser utilizado de “grelha”, sobre a qual foi colocada algodão hidrofóbico para não deixar que gotas de água molhassem o material durante o processo. Após o material permanecer 30 minutos submetido a 5 bar de pressão, foi deixado mais 15 minutos para esfriar dentro de uma dessecadora e em

seguida foram realizados ciclos na estufa a 50 °C, sem umidade, intercalando com 30 minutos de dessecadora, medindo-se a perda de massa a cada ciclo. Após quatro ciclos a perda de massa se tornou constante e assim a umidade foi medida.

O ensaio foi repetido algumas vezes, até ter a quantidade necessária de material em mãos.

#### **2.2.12 Reciclagem em estufa sem umidade (GRE)**

O terceiro método, gesso reciclado na estufa sem umidade e a 150 °C – GRE – em uma bandeja maior, uma massa de 300 g de pó, já peneirado, de GC foi colocado de maneira homogênea.

Este processo de reciclagem levou mais testes para ser aperfeiçoado que os outros, pois devido a fatores externos como a umidade relativa do ar e temperatura local interferiam no resultado da calcinação. Para este processo a estufa permaneceu a 150 °C e o tempo de permanência do material dentro da estufa se alterava. O critério de parada, para que o tempo de permanência fosse escolhido, dependeu da umidade do material pós-estufa e da sua perda de massa. Se o valor de sua umidade estivesse perto do valor do GC, então este seria o tempo de permanência a ser utilizado no ensaio.

O ensaio foi repetido algumas vezes, até ter a quantidade necessária de material em mãos.

#### **2.2.13 Reciclagem em autoclave odontológica (GRAO)**

O quarto método de reciclagem, em uma autoclave odontológica com 21 l de capacidade, foram colocados dez recipientes metálicos, com 20 g gesso hidratado cada, já peneirado, totalizando 200 g por processo.

Para o funcionamento correto da autoclave ocorrer foi preciso colocar 250 ml de água destilada em cada início de um novo ciclo. Para obter o valor da umidade e da perda de massa desejada, foram necessários três ciclos de calcinação do material.

Cada ciclo ocorria da seguinte forma: primeiramente as bandejas eram pesadas, o pó de gesso era colocado em cada recipiente. A água destilada era colocada na autoclave, se fechou a porta. A autoclave levou 20 minutos para aquecer e chegar a 129 °C, permanecia durante 16 minutos, levava 10 minutos para despressurizar e mais 40 minutos para secar o material com a porta aberta. Depois de frio o material era pesado.

Com o término da secagem as bandejas já podiam ser retiradas para secar mais rápido e então pesar suas massas.

Cada ciclo tinha a duração de 2 horas e o processo de reciclagem do material gerava cerca de 170 g de gesso reciclado.

O ensaio foi repetido algumas vezes, até ter a quantidade necessária de material em mãos.

Após todos os processos, os materiais foram estocados em bolsas plásticas hermeticamente fechadas e rotuladas e os demais ensaios foram realizados: cinética de temperatura, massa unitária, massa específica, ensaio de granulometria, pasta de consistência normal e ensaio de resistência à compressão.

### **3. Resultados e Discussões**

Para se verificar a influência do processo de reciclagem nas características e propriedades do material, foram realizados diversos ensaios, cujos resultados estão descritos a seguir.

### 3.1 Determinação da pasta de consistência normal

Inicialmente todos os processos de reciclagem utilizaram a relação água/gesso de 50%, pois todos se comportavam como o Gesso Comercial, porém após ter a quantidade de material necessária para realizar o ensaio de pasta de consistência normal, para todos os processos, a real relação água/gesso para a obtenção de uma pasta de consistência normal foi obtida, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo.

Tabela 1 – Relação água/gesso para cada tipo de reciclagem

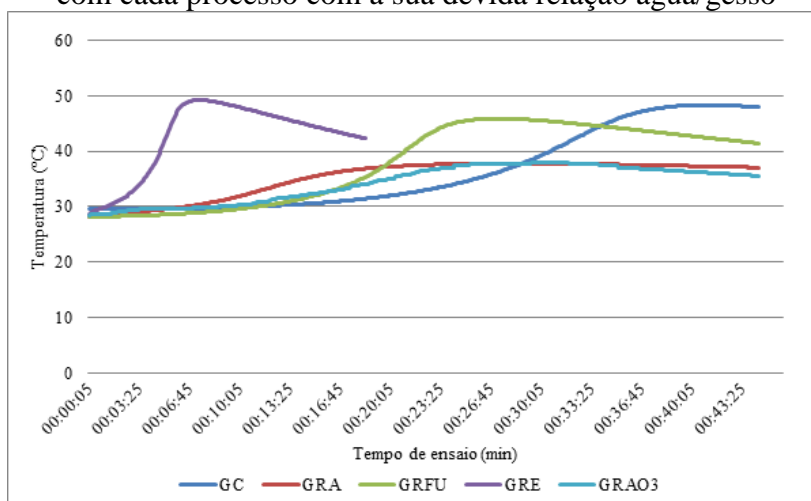
Tipo de Reciclagem	a/g
GC	0,5
GRFU	0,55
GRE	0,65
GRA	0,74
GRAO	0,67

Percebe-se que o processo de reciclagem do gesso em forno com umidade controlada (GRFU) mais se aproximou da relação água/gesso do GC. O processo que mais se distanciou do GC foi o processo de reciclar o gesso em autoclave (GRA), com valor de relação água/gesso igual a 0,74. Este valor se distanciou 48% do valor da relação a/g do Gesso Comercial.

### 3.2 Cinética de temperatura

Com os valores de relação água/gesso obtidos pelo ensaio de pasta de consistência normal, seguindo a norma NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b), para cada processo, realizou-se o ensaio de cinética de temperatura, como descrito anteriormente. Para comparar estes valores montou-se um gráfico comparativo, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 1 – Gráfico do ensaio de cinética de temperatura utilizando os materiais já calcinados, com cada processo com a sua devida relação água/gesso



A partir do gráfico de cinética de temperatura pode-se observar quais curvas mais se aproximaram do desejado, Gesso Comercial. É possível também perceber que quanto maior o valor da relação água/gesso, menor será o valor da temperatura máxima liberada.

A curva do gesso reciclado no forno com umidade controlada mais se aproximou da curva de cinética de temperatura do gesso comercial. A curva que mais se distanciou do desejado foi à curva do processo de reciclagem em uma estufa sem controle de umidade.

É possível se obter os valores da duração do tempo de pega a partir da Figura 1, com o auxílio do software Microsoft Excel coletou-se a equação que mais se aproximava de cada curva, derivou-se a equação característica da curva para se obter uma reta tangente a curva, assim obtendo os valores de começo e fim do tempo de pega. Ao subtrair o final do tempo de pega encontrou-se a duração do mesmo. Como mostrado abaixo, a Tabela 2 resume os dados coletados da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 2 – Valores do Tempo de Pega, da Temperatura Máxima e da Relação a/g

Tipo de Processo	Tempo de Pega (min)	Temperatura Máxima (°C)	Relação a/g
GC	30,4	48,29	0,5
GRFU	17	45,83	0,55
GRE	5,6	49,19	0,65
GRA	15,9	37,75	0,74
GRAO	19	38,04	0,67

Como mostra a Tabela 2 acima, os processos que tiveram seu valor de a/g mais distantes do ideal, GC, também tiveram os menores valores de temperatura máxima liberada no ensaio de cinética de temperatura.

Nota-se que nenhum processo de reciclagem gerou um material com o mesmo tempo de pega do gesso comercial, porém os gessos reciclados em ambiente com umidade (GRFU, GRA e GRAO) tiveram tempo de pega mais estendido que o GRE. O processo que não incorporou umidade, GRE, teve o menor valor de duração de tempo de pega, tempo assim a maior velocidade de endurecimento da pasta obtida, este valor obtido, 5,6 minutos, dificulta a trabalhabilidade e manuseio da pasta neste processo, tornando-se, portanto, inviável.

### 3.3 Processos de reciclagem

Para ter uma melhor comparação no tempo dedicado para cada processo de reciclagem a Tabela 3 mostra a quantidade de tempo a ser dedicado para produzir um quilograma de material.

Tabela 3 - Resumo dos processos de reciclagem

Tipo de Reciclagem	Quantidade de material (g)	Tempo para reciclar esta quantidade de material (min)	Tempo necessário para reciclar 1000 g (min)	Tempo necessário para reciclar 1000 g (horas)
GRFU	85	70	823,6	13,7
GRA	85	360	4230	70,5
GRE	85	27	314,4	5,3
GRAO	170	340	1760	29,3

Analisando a Tabela 3 acima, pode-se concluir que o processo mais rápido dentre os processos de reciclagem do gesso é o processo de reciclagem na estufa sem umidade (GRE), seguido por (GRFU), (GRAO) e finalmente (GRA).

### 3.4 Propriedades físicas do pó

O ensaio de granulometria classifica a quantidade de finos que está presente na amostra em estudo. Como mostra abaixo, na Tabela 4, o Gesso Comercial tem a maior parte dos seus finos retidos na peneira com 0,210 mm de abertura de malha.

O processo que mais se assemelhou aos valores do gesso comercial foi o processo de reciclar o gesso em autoclave odontológica, (GRAO), já que apresentou 25% dos seus finos retidos na peneira com 0,210 mm de abertura de malha.

O processo que mais se distanciou foi o GRE com apenas 9% de finos retidos na peneira com 0,210 mm de abertura de malha.

É possível também perceber ao analisar a Tabela 4 que o processo que mais gerou partículas finas foi o GRAO e o que mais se distanciou foi o GRFU.

Tabela 4 - Granulometria das amostras

Peneira	GC	GH	GRFU	GRE	GRA	GRAO
0,840	0,2	24,5	57,1	50,1	65,0	23,0
0,420	7,4	35,0	32,5	26,8	21,7	29,7
0,210	48,9	32,7	9,1	9,0	10,0	25,0
0,105	34,1	6,9	0,9	9,3	2,7	16,7
Fundo	9,4	0,9	0,3	4,7	0,4	5,4
Total	100,0	99,9	99,9	99,9	99,8	99,8

Ao seguir a norma NBR 12127 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a) e a NBR NM 53 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009) foi possível analisar quais valores mais se aproximaram do desejável, GC.

Tabela 5 – Valores de massa unitária e massa específica após cada método de reciclagem

Tipo de Reciclagem	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
GC	710,06	2591
GH	667,6	2273
GRFU	681,5	2506
GRE	592,46	2589
GRA	581,32	2517
GRAO	650,22	2566

Ao comparar os valores da massa unitária, pela Tabela 5, o processo que mais se aproximou do desejável, Gesso Comercial, foi o processo GRFU e o que mais se distanciou foi o processo GRA. Já os valores do ensaio de massa específica ficaram muito parecidos.

Como critério de parada dos ensaios foi estabelecido que a perda de massa fosse de aproximadamente de 15% e a umidade final dos ensaios a mais próxima do gesso comercial. Para isto a Tabela 6, com os valores de umidade e perda de massa mostra que o desejável foi atendido.



Tabela 6 - Valores de perda de massa e umidade para cada método de reciclagem.

Tipo de Reciclagem	Perda de Massa (%)	Umidade (%)
GC	-	7,04
GRFU	14,92	6,95
GRE	14,71	7,29
GRA	15,01	6,92
GRAO	14,82	7,12

### 3.5 Resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão, seguindo a norma NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b) foram feitas três medidas e então uma média foi feita para comparar os valores entre os processos. Percebeu-se que o GRFU mais se aproximou do desejável e o GRE mais se distanciou do desejável. Podem-se relacionar os valores do ensaio de compressão com o tempo de pega que cada processo proporciona, pois quanto mais rápido o material endurece menos cristais de di-hidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) aciculares se formarão, fazendo assim com que tenham uma resistência menor comparado com os que tem um tempo de pega mais longo.

Porém apenas ter um valor alto de tempo de pega não proporciona uma resistência à compressão alta, isto acontece no GRA, que apesar de ter um valor de tempo de pega relativamente alto, tem o menor valor de resistência à compressão.

Abaixo, na Tabela 7, tem-se os valores de resistência à compressão para todos os processos.

Tabela 7 – Resistência à Compressão

Tipo de Reciclagem	1° Medição (N/mm <sup>2</sup> )	2° Medição (N/mm <sup>2</sup> )	3° Medição (N/mm <sup>2</sup> )	Média (N/mm <sup>2</sup> )
GC	9,2	10,4	7,3	8,97
GRFU	4,5	5,6	5,1	5,07
GRE	3,6	4,1	3,8	3,83
GRA	3,9	3,6	3,5	3,67
GRAO	4,6	4,8	3,9	4,43

## 4. Conclusão

Percebeu-se que ao reciclar o gesso de construção civil utilizando processos que incorporam umidade durante a calcinação, as propriedades do material tiveram um aumento no seu valor quando comparado ao processo sem umidade. Portanto é sim vantajoso aprofundar e refinar ainda mais estes processos.

Cada tipo de calcinação do material se sobressai em uma área, por exemplo, o gesso reciclado no forno com umidade controlada (GRFU), apresentou relação água/gesso mais próximo do comercial, desejável. Já o gesso reciclado na autoclave odontológica foi o que mais se aproximou do GC no ensaio de granulometria.

Em relação ao ensaio de cinética de temperatura, a curva que mais se aproximou do GC foi o GRFU, gesso reciclado no forno com umidade controlada.

Ao dizer qual método é o melhor, ainda não é possível com total certeza, pois nenhum deles se igualou ou ultrapassou os valores das propriedades do gesso comercial. Porém o que mais se destacou neste estudo foi o GRFU, gesso reciclado em um forno com umidade.

## 5. Referências Bibliográficas

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**Rio de JaneiroABNT, , 2009. .
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12127 - Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas do pó**Rio de JaneiroABNT, , 2017a. .
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12128 - Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso**ABNT NBR 12128 - **Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso**Rio de JaneiroABNT, , 2017b. .
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12129 - Gesso para construção civil — Determinação das propriedades mecânicas**Rio de JaneiroABNT, , 2017c. .
- CAGNONI, F.C.; CORDON, H. C. F. Estudo do processo de calcinação como alternativa para a reciclagem de gesso proveniente da construção civil. In: 8º Seminário Mauá de Iniciação Científica, São Caetano do Sul. **Anais...** São Caetano do Sul: 2016.
- HENDGES, A. S. Resíduos Sólidos de Gesso. **Ecodebate**, 2013.
- M. M. PINHEIRO, S.; CAMARINI, G. Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 7, n. 3, p. 215–218, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.ijetch.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=62&id=914>>.