

Avaliação mecânica de gesso reciclado, com a contaminação de resíduos de construção

Mechanical evaluation of recycled plaster, with the contamination of construction residues

A. C. Filho¹; J. G. de Sousa¹, V. M. da Silva¹

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco
Avenida Antônio Carlos Magalhães, nº 510, Country Club, Juazeiro-BA
cesarfilhoassis@gmail.com

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos nas propriedades mecânicas de um gesso reciclado por calcinação, considerando variações nos teores e tipos de contaminantes presentes, haja visto que nos canteiros de obra dificilmente são encontrados resíduos de gesso efetivamente isentos de outros materiais. Como fatores, considerou-se a existência de elementos contaminantes no gesso como resíduos de materiais cimentícios (sobras de argamassas e concretos) e materiais cerâmicos (sobras de blocos cerâmicos), cada um nos teores avaliados nos teores de 5% e 10%; variações na temperatura (140 e 160 °C); e no tempo de calcinação (4 e 6 h). O gesso reciclado foi avaliado quanto a resistência à compressão e quanto à dureza. A combinação de parâmetros que apresentou melhores resultados: Pasta de gesso reciclado, com contaminante cerâmico em concentração de 5%, temperatura de calcinação de 140 ° C ou 160 ° C, com permanência de 8 horas na estufa.

Palavras chave: Gesso, Revestimento de gesso, Propriedades físicas e mecânicas, Reciclagem, Resíduos de construção, Sustentabilidade.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects on the mechanical properties of a gypsum recycled by calcination, considering variations in the contents and types of contaminants present, since gypsum residues are difficult to find in materials that are effectively free of other materials. As factors, the presence of contaminating elements in the gypsum as cement residues (remnants of mortar and concrete) and ceramic materials (leftovers of ceramic blocks) were considered, each in the levels evaluated at 5% and 10%; temperature variations (140 and 160 ° C); and in calcination time (4 and 6 h). The recycled gypsum was evaluated for both the compressive strength and the hardness. The combination of parameters that presented the best results: Recycled gypsum paste, with a ceramic contaminant in concentration of 5%, calcination temperature of 140 ° C or 160 ° C, with a residence time of 8 hours in the greenhouse.

Keywords: Plaster, Gypsum plaster, Physical and mechanical properties, Recycling, Construction waste, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é crescente a preocupação com o meio ambiente e os impactos relacionados as ações antrópicas. Após a 1ª Revolução Industrial no século XVIII, em que aumentou-se exponencialmente a produção de bens de consumo e a urbanização (decorrente do processo de êxodo rural), a demanda por insumos e recursos também cresceu de forma diretamente proporcional. Neste contexto, a construção civil sempre foi apontada como a principal responsável pela geração em massa de resíduos nos grandes centros urbanos (JOHN & AGOPYAN, 2005) [1].

Nesse contexto, segundo Nascimento & Pimentel (2010) [2] os resíduos de gesso representam aproximadamente 4% dos RCD (resíduos de construção de demolição). Sendo confirmado por Torgal & Jalali (2010) [3] que apontam as elevadas quantidades de resíduo de gesso devido a característica de rápido endurecimento, que dificultam o processo de aplicação.

Segundo a Resolução Nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) [4], o resíduo de gesso é classificado como sendo da Classe B, que são aqueles recicláveis para outras destinações, juntamente com o plástico, vidro, papelão, metais e madeira. Além de classificar os resíduos, esta resolução do CONAMA também estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

A origem do gesso se dá pela calcinação da Gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tipo de rocha extraída em minas espalhadas pelo Brasil, num processo em temperatura que varia de 140 a 180 °C, transformando-a em Hemi-hidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$), tendo grande variabilidade a depender de sua formação mineralógica e do seu grau de pureza. (PINHEIRO, 2011) [5].

Conseqüentemente, Segundo a NBR 11172/1990 [6], o Gesso é classificado como um aglomerante aéreo, apresentando a propriedade de endurecer reagindo por meio de hidratação (mistura com água) e não resistindo satisfatoriamente quando submetido a ação da água, após o processo de endurecimento. Todavia, apesar de não resistir satisfatoriamente a ação da água é amplamente utilizado na execução de revestimentos de alvenarias.

Como dito anteriormente, o processo de utilização do gesso se dá de forma cíclica, ou seja, a partir da calcinação da Gipsita (em que a gipsita “perde” 1,5 moléculas de água) obtemos o Gesso na forma mais utilizada na construção civil que é de hemi-hidrato, e pelo processo de hidratação no momento da utilização do gesso o produto incorpora novamente as 1,5 moléculas de água perdidas, retornando a sua forma inicial de Gipsita. Logo, esse comportamento permite que este produto seja reciclado, ou seja, submetido várias vezes ao processo de calcinação e hidratação.

A reciclagem do gesso contribui para o fortalecimento do conceito de Construção Sustentável, em que nesta modalidade construtiva leva-se em consideração não somente a redução dos custos dos materiais e serviços das etapas da construção, mas a preocupação com os impactos no meio ambiente e o atendimento às exigências dos órgãos governamentais.

Como observado por John & Agopyan (2005) [1], o beneficiamento mais tradicional dos resíduos de construção civil se dá em utiliza-los como agregado graúdo e miúdo, entretanto, dada o comportamento cíclico na utilização do gesso, se torna possível e viável a reciclagem do mesmo e a sua incorporação para o fim inicialmente destinado, o revestimento na forma de argamassa.

Contudo, no que se refere a utilização do Gesso, os elementos apontados como principais empecilhos são os contaminantes. Estes apresentam-se na forma de materiais cerâmicos, cimentícios e de agregado miúdo (TORRALBA & JALALI, 2010) [3]. Todavia, toda a literatura encontrada avalia o gesso como elemento contaminante de argamassas de cimento, não o contrário. Aguiar (2004) [7], por exemplo, avalia que o gesso por ser composto de sulfato de cálcio di-hidratado, é responsável por efeitos danosos no concreto como fissuração.

Dada a importância de fomentar cada vez mais o conceito de construção sustentável, e proporcionar redução de custos e impactos ambientais na construção civil, o estudo da reciclagem de gesso, principalmente levando em consideração a existência de contaminantes contribui diretamente para o desenvolvimento científico da área.

Por outro lado, são inexistentes os estudos acerca da reciclagem do gesso com a inclusão de elementos contaminantes, haja visto que, trabalhos bem aceitos na comunidade científica como o de Pinheiro (2011) [5] se restringe a avaliar o processo de reciclagem do gesso propriamente puro, sem considerar estes elementos contaminantes.

Diante da realidade de que os resíduos provenientes da construção civil raramente encontram-se separados, mas misturados nas mais variadas proporções, somente a avaliação do processo de reciclagem do gesso com contaminantes possibilita efetivamente concluir se na prática é possível utilizar o gesso reciclado sem perdas significativas de suas características.

Por fim, a avaliação do gesso reciclado possibilita a economia de recursos e consequente redução dos custos finais de uma construção, pois resíduos de gesso contaminado que estariam dispostos em aterros irregulares poderiam ser utilizados novamente depois de submetidos ao processo de reciclagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos foram realizados em 3 principais etapas:

1ª Etapa: Obtenção e caracterização dos materiais.

2ª Etapa: Definição das variáveis e processamento das misturas.

3ª Etapa: Caracterização mecânica das pastas recicladas.

1ª Etapa: Obtenção e caracterização dos materiais.

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

✓ Gesso comercial classificado pela NBR 13207 (2017) [8] como Gesso para revestimento, que possui maior tempo de pega, possibilitando a aplicação em paredes e superfícies adequadas. A partir da realização dos ensaios de caracterização do gesso puro, pode-se verificar que o gesso utilizado atende as exigências normativas da NBR 13207 (2017) [8]. Esta validação pode ser realizada observando os resultados dispostos na Tabela I abaixo.

Tabela I: Resultados na consistência normal.

Propriedade	Valor	Limite (NBR 13207, 2017)	Método de ensaio
Água livre (%)	0,20 ± 0,07	1,3	NBR 12130 (2017) [9]
Dureza superficial (N/mm ²)	68.05 ± 0.56	≥ 20,00	NBR 12129 (2017) [10]
Massa Unitária (g/cm ³)	0,714 ± 0,009	≥ 0,600	NBR 12127 (2017) [11]
Massa Específica (g/cm ³)	2,7 ± 0,01	-	NBR NM 23 (2000) [12]

Resistência à Compressão (MPa)	17,51±1,21	≥8,4	NBR 12129 (2017) [10]
Tempo de início de pega (min.)	9,33 ± 0,47	≤ 10,00	NBR 12128 (2017) [13]
Tempo de fim de pega (min.)	17	≤ 20,00	NBR 12128 (2017) [13]

✓ Resíduos de argamassa de cimento e blocos cerâmicos oriundos de construções do Vale do São Francisco, que foram posteriormente inclusos nas misturas de argamassa de gesso em percentuais definidos.

✓ Água destilada conforme exigências normativas para a realização dos ensaios.

2ª Etapa: Definição das variáveis e processamento das misturas

Neste estudo foram analisadas 4 variáveis, considerando dois níveis possíveis para cada variável, sendo:

- ✓ **Tipo do Contaminante:** Cimentício e Cerâmico
- ✓ **Concentração do Contaminante:** 5% e 10%.
- ✓ **Temperatura de Calcinação:** 140 °C e 160° C.
- ✓ **Tempo de permanência na estufa:** 6 h e 8 h

A partir do método do Planejamento Fatorial foram definidas 16 combinações diferentes das variáveis para o preparo das pastas e a reciclagem em si. A Tabela II abaixo descreve as composições de cada mistura.

Tabela II: Nomenclatura e classificação das argamassas utilizadas.

Nomenclatura	Tipo de contaminante	Concentração do contaminante	Temperatura de Calcinação	Tempo de Calcinação	Ciclo da reciclagem
Ce-°-T-:01	Cerâmico	5%	140 °C	6 horas	1º ciclo
Ce-°+T-:01	Cerâmico	5%	160 °C	6 horas	1º ciclo
Ce-°-T+:01	Cerâmico	5%	140 °C	8 horas	1º ciclo
Ce-°+T+:01	Cerâmico	5%	160 °C	8 horas	1º ciclo
Ce+°-T-:01	Cerâmico	10%	140 °C	6 horas	1º ciclo
Ce+°+T-:01	Cerâmico	10%	160 °C	6 horas	1º ciclo
Ce+°-T+:01	Cerâmico	10%	140 °C	8 horas	1º ciclo
Ce+°+T+:01	Cerâmico	10%	160 °C	8 horas	1º ciclo
Ci-°-T-:01	Cimentício	5%	140 °C	6 horas	1º ciclo
Ci-°+T-:01	Cimentício	5%	160 °C	6 horas	1º ciclo
Ci-°-T+:01	Cimentício	5%	140 °C	8 horas	1º ciclo
Ci-°+T+:01	Cimentício	5%	160 °C	8 horas	1º ciclo
Ci+°-T-:01	Cimentício	10%	140 °C	6 horas	1º ciclo
Ci+°+T-:01	Cimentício	10%	160 °C	6 horas	1º ciclo
Ci+°-T+:01	Cimentício	10%	140 °C	8 horas	1º ciclo
Ci+°+T+:01	Cimentício	10%	160 °C	8 horas	1º ciclo

A partir da definição das variáveis, procedeu-se com a hidratação de 16 kg de gesso puro considerando uma relação água/gesso de 0,7, ou seja, utilizando 11,2 kg de água destilada. O processo de mistura ocorreu de acordo com as recomendações da NBR 12128 (2017) [13]. Com a massa de gesso pesada previamente polvilhou-se por aproximadamente 1 min todo o material

sobre a água também previamente pesada. Após isso, o material polvilhado permaneceu descansando por 2 min, e após esse tempo foi misturado por 1 minuto com uma frequência de 1 rotação por segundo. Com o endurecimento da pasta homogeneizada, o material foi colocado em estufa por 7 dias em uma temperatura de 40 ± 4 °C para a completa secagem.

Após o endurecimento e secagem em estufa o material foi submetido ao moinho de bolas a fim de desagrega-lo. O gesso moído passou por diversas peneiras a fim de reduzir a granulometria do material ao ponto de que este passasse completamente pela peneira de 0,300 mm.

Os resíduos de material cimentício e blocos cerâmicos foram separadamente triturados até adquirirem granulometria necessária para total passagem na peneira de 0,300 mm.

Realizado o completo processamento do gesso e dos contaminantes, foram preparadas as misturas ainda em pó utilizando os diferentes tipos de contaminantes e de concentração de acordo com as especificações da Tabela II. As misturas de gesso e contaminantes homogeneizadas foram colocadas em bandejas de forma separada para então realizar o processo de calcinação. Para tal foram utilizadas duas estufas ligadas à 140 °C e 160 °C cada uma. As bandejas contendo cada tipo de mistura foram colocadas nas estufas e permaneceram por um tempo específico de acordo com as condições de calcinação descritas na Tabela II. Concluído o processo de calcinação as bandejas permaneceram em estufa desligada para que ocorresse o resfriamento das misturas sem contato com o ar úmido do ambiente.

Então, após o completo resfriamento do material calcinado, procedeu-se com a hidratação de cada pasta também de acordo com as recomendações da NBR 12128 (2017) [13], sendo o polvilhamento, tempo de descanso e mistura as etapas principais. Para cada pasta preparada foram moldados três corpos de prova em fôrmas cúbicas de 50x50x50 mm, totalizando 48 peças. Endurecidos, foram desenformados e mantidos em estufa a 40 ± 4 °C para constância de massa.

3ª Etapa: Caracterização mecânica das pastas recicladas.

Após a constância de massa dos corpos de prova colocados em estufa, foram colocados em dessecador por 24 h para posterior realização do ensaio de dureza superficial de acordo com as recomendações da NBR 12129 (2017) [10]. Este primeiro ensaio não destrutivo consistiu em aplicar uma carga de 50 kgf por 15 segundos por meio de uma esfera de aço de diâmetro de 10 mm acoplada ao dispositivo de aplicação da força em 3 faces de cada corpo de prova. Utilizando um paquímetro foi verificada a profundidade t do “buraco” feito em cada uma das 3 faces dos corpos de prova, calculando-se também a média destas 3 aferições. Com a profundidade média de cada corpo de prova, foram calculados os valores de Dureza superficial em N/mm² através da seguinte fórmula:

$$Dureza = \frac{Q}{\pi \times d \times tm} \quad (1)$$

Sendo:

Q: Carga aplicada em Newton.

D: Diâmetro da esfera em mm.

tm: Profundidade média em mm.

Por fim, após a realização do ensaio de dureza superficial, procedeu-se com o ensaio de resistência a compressão utilizando uma Prensa Hidráulica digital, sob as recomendações da NBR 12129 (2017) [10]. Foram aplicadas cargas de compressão sobre cada corpo de prova e determinadas as tensões de ruptura de cada um destes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabelas III a seguir traz a média dos resultados de Resistência a compressão e dureza Superficial obtidos para as misturas com contaminantes cerâmico e cimentício.

Tabela III: Média dos resultados para misturas com contaminante cerâmico e cimentício.

Nomenclatura	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza Superficial (N/mm ²)
Ce ^{-°} -T ⁻ :01	7,96	18,92
Ce ^{-°} +T ⁻ :01	7,64	18,06
Ce ^{-°} -T ⁺ :01	8,30	18,95
Ce ^{-°} +T ⁺ :01	8,32	15,97
Ce ^{+°} -T ⁻ :01	5,83	12,71
Ce ^{+°} +T ⁻ :01	6,54	15,00
Ce ^{+°} -T ⁺ :01	6,74	15,32
Ce ^{+°} +T ⁺ :01	7,25	19,95
Ci ^{-°} -T ⁻ :01	7,67	19,00
Ci ^{-°} +T ⁻ :01	6,55	16,75
Ci ^{-°} -T ⁺ :01	7,15	18,58
Ci ^{-°} +T ⁺ :01	6,86	17,64
Ci ^{+°} -T ⁻ :01	8,12	16,17
Ci ^{+°} +T ⁻ :01	5,96	15,49
Ci ^{+°} -T ⁺ :01	5,54	14,09
Ci ^{+°} +T ⁺ :01	6,64	17,03

Os dados obtidos no ensaio de Resistência a Compressão foram analisados utilizando o software Minitab 18 por meio do teste Tukey para um nível de confiança de 95 %. A Tabela IV abaixo traz os resultados do Valor-P, que também é comumente chamado de probabilidade de significância, para cada fator analisado mas também para a combinação dos fatores.

Tabela IV: Valor-P para os fatores analisados no ensaio de Resistência a Compressão.

Fonte	Valor-P
Tipo de Contaminante	0,001
Concentração	0,000
Temperatura	0,158
Tempo	0,633
Tipo de Contaminante*Concentração	0,001
Tipo de Contaminante*Temperatura	0,003
Tipo de Contaminante*Tempo	0,000
Concentração*Temperatura	0,091
Concentração*Tempo	0,311
Temperatura*Tempo	0,000
Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura	0,281
Tipo de Contaminante*Concentração*Tempo	0,039
Tipo de Contaminante*Temperatura*Tempo	0,001
Concentração*Temperatura*Tempo	0,087
Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura*Tempo	0,009

Considerando uma significância de 5 %, observa-se na Tabela IV que os fatores *tipo de contaminante* e *concentração* são significativos para os resultados de resistência a compressão. Além disso: foram obtidos menores valores de resistência para pastas preparadas com concentração de contaminante de 10 %, quando comparadas com aquelas produzidas com 5 % de contaminação; e as pastas produzidas com contaminante cerâmico apresentaram maiores resultados para resistência. Tais comportamentos são confirmados na Figura 01 abaixo:

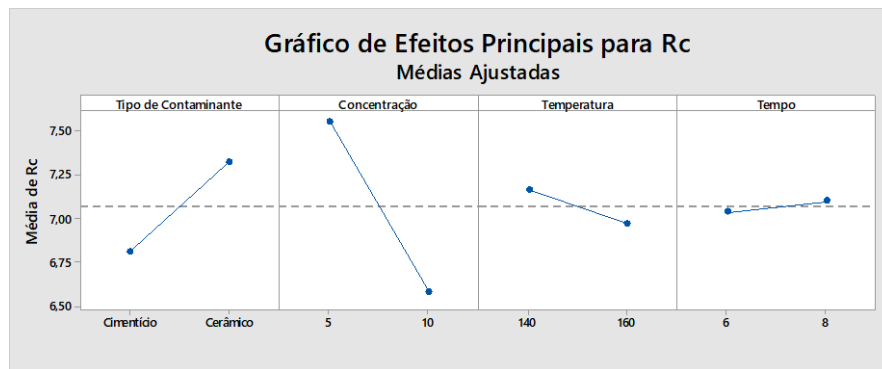


Figura 01: Gráfico dos efeitos principais para resistência a compressão.

Por conseguinte para a significância adotada, não é possível afirmar que os fatores *temperatura* e *tempo* são significativos para os resultados de resistência a compressão, mesmo havendo variação das médias mostradas na Figura 01.

Em relação a interação entre os fatores, a Tabela IV aponta que as interações entre *Tipo de Contaminante*Concentração*, *Tipo de Contaminante*Temperatura*, *Tipo de Contaminante*Tempo*, *Temperatura*Tempo*, *Tipo de Contaminante*Concentração*Tempo*, *Tipo de Contaminante*Temperatura*Tempo* e *Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura*Tempo* mostraram-se significativas para os resultados de resistência a compressão.

A Figura 02 traz os efeitos normais padronizados, em que os pontos em vermelho representam os fatores ou combinação de fatores estatisticamente significativos, confirmando a significância supracitada.

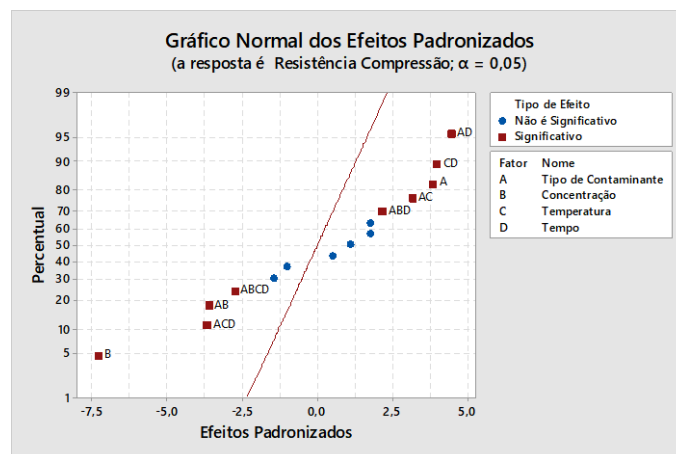


Figura 02: Gráfico normal dos efeitos padronizados.

Por outro lado, os dados obtidos no ensaio de Dureza Superficial também foram analisados utilizando o software Minitab 18 por meio do teste Tukey para um nível de confiança de 95 %. A Tabela V abaixo traz os resultados do Valor-P para cada fator analisado mas também para a combinação dos fatores.

Tabela V: Valor-P para os fatores analisados no ensaio de Dureza Superficial.

Fonte	Valor-P
Tipo de Contaminante	0,966
Concentração	0,000
Temperatura	0,156
Tempo	0,001
Tipo de Contaminante*Concentração	0,829
Tipo de Contaminante*Temperatura	0,017
Tipo de Contaminante*Tempo	0,001
Concentração*Temperatura	0,000
Concentração*Tempo	0,000
Temperatura*Tempo	0,002
Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura	0,002
Tipo de Contaminante*Concentração*Tempo	0,000
Tipo de Contaminante*Temperatura*Tempo	0,004
Concentração*Temperatura*Tempo	0,000
Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura*Tempo	0,160

Considerando uma significância de 5 %, observa-se na Tabela V que os fatores *concentração* e *Tempo de calcinação* são significativos para os resultados de dureza superficial. Além disso: foram obtidos menores valores de Dureza para pastas preparadas com concentração de contaminante de 10 %, quando comparadas com aquelas produzidas com 5 % de contaminação; e as pastas calcinadas com tempo de 8 horas apresentaram maiores resultados para dureza. Tais comportamentos são confirmados na Figura 03 abaixo:

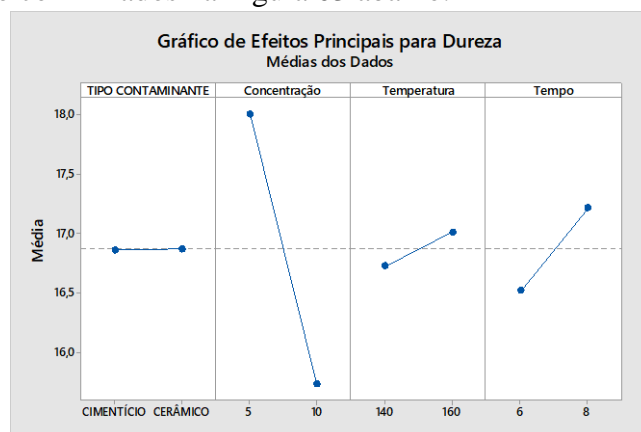


Figura 03: Gráfico dos efeitos principais para dureza superficial.

Em relação a interação entre os fatores, a Tabela V aponta que as interações entre *Tipo de Contaminante*Temperatura*, *Tipo de Contaminante*Tempo*, *Concentração*Temperatura*, *Concentração*Tempo*, *Temperatura*Tempo*, *Tipo de Contaminante*Concentração*Temperatura*, *Tipo de Contaminante*Concentração*Tempo*, *Tipo de Contaminante*Temperatura*Tempo* e **Concentração*Temperatura*Tempo* mostraram-se significativas para os resultados de dureza superficial.

A Figura 04 traz os efeitos normais padronizados, em que os pontos em vermelho representam os fatores ou combinação de fatores estatisticamente significativos, confirmando a significância supracitada.

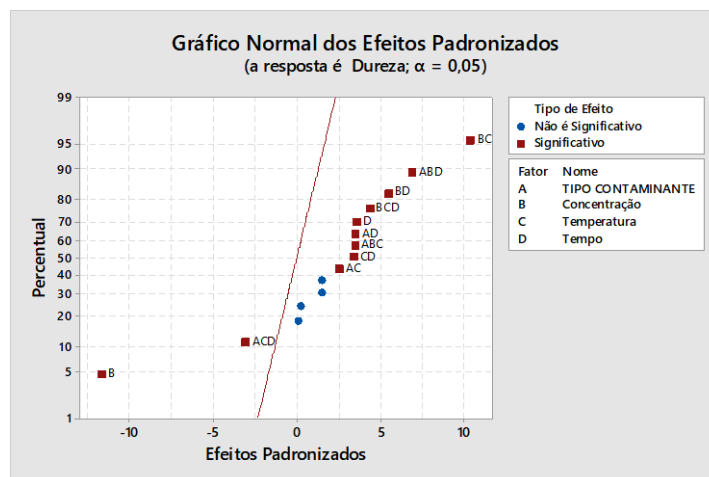


Figura 04: Gráfico de efeitos principais para dureza.

Outro aspecto importante é que não foram observadas diferenças significativas para as médias de dureza superficial com a variação dos fatores Tipo de Contaminante e Temperatura.

CONCLUSÕES

Acerca dos resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão, e analisados a partir do teste Tukey, considerando um nível de confiança de 95 %:

- O fator Tipo de contaminante foi considerado estatisticamente significativo, e as pastas produzidas com contaminante cerâmico apresentaram maiores valores de resistência.
- O fator Concentração de contaminante foi considerado estatisticamente significativo, sendo que as pastas produzidas com concentração de 10% apresentaram menores valores de resistência.
- O fator Temperatura de calcinação não foi considerado estatisticamente significativo, mas apresentou maior média de resistência a compressão para temperatura de 140 ° C.
- O fator Tempo de calcinação não foi considerado estatisticamente significativo, mas apresentou maior média de resistência a compressão para tempo de 8 horas.

Acerca dos resultados obtidos no ensaio de dureza superficial, e analisados a partir do teste Tukey, considerando um nível de confiança de 95 %:

- O fator Tipo de contaminante não foi considerado estatisticamente significativo, além de que as médias dos valores de dureza das pastas produzidas com contaminante cerâmico e cimentício foram praticamente iguais.
- O fator Concentração de contaminante foi considerado estatisticamente significativo, sendo que as pastas produzidas com concentração de 10% apresentaram menores valores de dureza superficial.
- O fator Temperatura de calcinação não foi considerado estatisticamente significativo, mas apresentou maior média de dureza superficial para temperatura de 160 ° C.
- O fator Tempo de calcinação foi considerado estatisticamente significativo, apresentando maior média de dureza superficial para tempo de 8 horas.

O processo de reciclagem do Gesso com a inclusão de elementos contaminantes leva a diminuição dos parâmetros de avaliação da qualidade, principalmente em relação as propriedades mecânicas. Contudo, ao observar os resultados estatísticos obtidos a partir da

análise dos dados de resistência a compressão e dureza superficial é possível afirmar que entre as combinações possíveis dos parâmetros de reciclagem aquela que apresentaria melhores resultados seria: Pasta de gesso reciclado, com contaminante cerâmico em uma concentração de 5%, temperatura de calcinação de 140 ° C ou 160 ° C, com permanência de 8 horas na estufa.

REFERÊNCIAS

- [1] JOHN, VANDERLEY M.; AGOPYAN, VAHAN. Reciclagem de resíduos da construção. 2005. 14 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005.
- [2] NASCIMENTO, FELIPE JOSÉ DE FARIAS; PIMENTEL, LIA LORENA. Reaproveitamento de resíduo de gesso. 2010. 10 p. Pontifícia Universidade Católica. Campinas: 2010.
- [3] TORGAL, FERNANDO PACHECO; JALALI, SAID. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. 2ª edição. Vila Verde, 2010.
- [4] CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307,5 Julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acessado em: 16/04/2018.
- [5] PINHEIRO, SAYONARA MARIA DE MORAES. Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 2011. 330 p. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: 2011.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.172**: Aglomerantes de origem mineral: Rio de Janeiro, 1990.
- [7] AGUIAR, GERUSA DE. Estudo de argamassas com agregados reciclados contaminados por gesso de construção. 2004. 310 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2004.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.207**: gesso para construção civil: Rio de Janeiro, 2017.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12.130**: gesso para construção – determinação da água livre e água de cristalização: Rio de Janeiro, 2017.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12.129**: gesso para construção – determinação das propriedades mecânicas: Rio de Janeiro, 2017.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.127**: gesso para construção – determinação das propriedades físicas do pó: Rio de Janeiro, 2017.
- [12] Associação MERCOSUL de Normalização. **NM 23:2000**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica: América do Sul, 2000.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.128**: gesso para construção – determinação das propriedades físicas da pasta: Rio de Janeiro, 2017.