

## Caracterização Física E Mecânica De Pavimentos De Blocos Intertravados De Concreto Com O Uso Do Rejeito De Minério De Ferro: Uma Revisão De Literatura

Valéria Pereira Feitosa<sup>1</sup>, Thalita Maria Ramos Porto<sup>2</sup>, Guilherme Urquiza Leite<sup>3</sup>, Maria Aparecida Bezerra Oliveira<sup>4</sup>, HélykanBerliet dos Santos Monteiro<sup>5</sup>, ElyssonMarcks Gonçalves Andrade<sup>6</sup>, Vanessa Alves de Andrade<sup>7</sup>.

<sup>1</sup>(Discente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>2</sup>(Docente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>3</sup>(Docente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>4</sup>(Docente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>5</sup>(Docente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>6</sup>(Docente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

<sup>7</sup>(Discente do curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, Brasil)

Received 26 November 2020; Accepted 10 December 2020

### Resumo

Visando a produção da grande quantidade de rejeito, proveniente do processo de beneficiamento, é fundamental que as mineradoras procurem analisar a viabilidade técnica e econômica para disposição destes materiais de forma ambientalmente correta e segura. A destinação ultimamente mais utilizada, é a estrutura de barragem de rejeitos, mas atualmente pesquisas mostram sua aplicação em setores da construção civil, da indústria do cimento Portland, entre outros. Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, devido possuir como principal finalidade o uso do rejeito de minério de ferro na produção de blocos intertravados de concreto. Utilizaram-se a Biblioteca Eletrônica Científica Online e Dissertações (SCIELO) e o Google Scholar (Google Acadêmico), como suporte para seleção dos trabalhos, onde foram analisados os estudos de Guerra (2014), Filho (2013), Costa (2009). Onde foram analisados os ensaios de resistência à compressão, absorção de água e desgaste à abrasão, comparando os resultados dos traços de referência com os que contem a adição de rejeito e as normas técnicas. A pesquisa que apresentou o melhor resultado em relação a todos os ensaios foi a de Filho (2013), o traço que possui 50% de rejeito e 50% de areia. Os traços que possuem porcentagem acima de 50% não apresentaram valores satisfatórios, talvez por terem um maior percentual de finos em sua amostra.

**Palavras-Chave:** Resistência a Compressão. Mineração. Pavimentação. Blocos de Concreto. Rejeito.

### I. INTRODUÇÃO

O setor de mineração possui grande importância econômica e é imprescindível para os setores da economia, tecnologia e social. Em contrapartida, esse setor causa um acréscimo relevante nos impactos ambientais, em consequência, do aumento do uso de recursos naturais não renováveis e pela geração dos resíduos que são depositados de forma incorreta no meio ambiente.

Os rejeitos provenientes do processo de mineração de ferro vêm sendo, há muito tempo, dispostos em áreas situadas próximas às jazidas de minério. Estima-se que apenas no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, tenha mais de 700 barragens de resíduos, estabelecendo grandes desafios para os dirigentes das empresas públicas e mineradoras (FILHO,2013).

O United NationsConferenceon Trade andDevelopment (UNCTAD, 2008), considera que o Brasil esteja atrás somente da Austrália na produção de minério de ferro, sendo considerado o segundo maior produtor mundial. De acordo com o IBRAM (2012), só no ano de 2011 o Brasil gerou mais de 390 milhões de toneladas de minério de ferro, correspondendo a 20% da produção mundial.

Visando a produção da grande quantidade de rejeito, proveniente do processo de beneficiamento, é fundamental que as mineradoras procurem analisar a viabilidade técnica e econômica para disposição destes materiais de forma ambientalmente correta e segura. A destinação ultimamente mais utilizada, é a estrutura de barragem de rejeitos, mas atualmente pesquisas mostram sua aplicação em setores da construção civil, da indústria do cimento Portland, entre outros.

A busca por medidas que visam diminuir os impactos ambientais, tem sido muito demandada, tendo em vista a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida para as gerações futuras. Entre os princípios da

Política Nacional dos Resíduos Sólidos, há o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

As empresas de mineração no Brasil têm grande potencial na produção e extração, podendo se destacar o minério de ferro como o mais relevante economicamente, respondendo por cerca de 60% do valor da produção mineral (FERNANDES, 2014).

O tema sugerido justifica-se pelo fato do vasto consumo de minério de ferro no Brasil e a conseqüente produção de rejeito que é depositado em barragens, ocasionando o desperdício do mesmo e transtornos a sociedade. Dessa forma, o estudo procura analisar o uso do rejeito de minério de ferro na produção dos blocos intertravados de concreto.

## **II. METODOLOGIA**

**Caracterização da Pesquisa:** Este trabalho trata-se de uma pesquisa de natureza básica, devido possuir como principal finalidade o uso do rejeito de minério de ferro na produção de blocos intertravados de concreto. A pesquisa se realizou por meio de uma Revisão Narrativa na Literatura. O estudo é identificado como descritivo, modo de abordagem do problema qualitativo, a pesquisa elaborou-se por meio do método de indução.

**Local e Período de Realização de Estudo:** A realização da pesquisa aconteceu no período de agosto a setembro de 2020. Utilizaram-se a Biblioteca Eletrônica Científica Online e Dissertações (SCIELO) e o Google Scholar (Google Acadêmico), como suporte para seleção dos trabalhos.

**Crítérios de Inclusão e Exclusão dos Estudos:** Para escolha dos trabalhos definiram-se critérios de inclusão e exclusão, baseados no requisito de que todos estavam disponíveis para acesso nas bases. Dessa forma os critérios de inclusão (C.I) definidos foram:

- C.I. 1) Trabalhos que contenham em seu título e resumo termos que sejam semelhantes aos da presente pesquisa e que a complemente.

Os critérios de exclusão estão estabelecidos abaixo:

- C.E. 1) Trabalhos que não tenham sido publicados nos últimos 12 anos (2008 a 2020);
- C.E. 2) *Workshops*, slides de apresentação, livros, entre outros que não sejam artigos completos, teses e dissertações;
- C.E. 3) Trabalhos que não tenham sido inscritos no idioma português;
- C.E. 4) Estudos que não apresentem a adição do rejeito de minério de ferro.

**Coleta e Análise de Dados:** A princípio estabeleceram-se as indagações da pesquisa (QP), indicadas respectivamente por QP1 e QP2, definidas da seguinte forma:

- QP1. Quais são os métodos e ensaios realizados nos trabalhos sobre o uso do rejeito de minério de ferro na produção de blocos intertravados de concreto?
- QP2. Quais são as porcentagens de rejeito de minério de ferro encontradas nos trabalhos?

Em conseqüência disso, planejou-se a estratégia empregada na metodologia de busca da seguinte forma:

- I. Buscar com *strings* mais completas em uma das bases de busca;
- II. Análise dos resultados retornados;
- III. Aprimoramento da *string*;
- IV. Realização de novas Buscas;
- V. Armazenamento dos Trabalhos Candidatos;
- VI. Leitura dos Artigos;
- VII. Seleção e Extração dos Trabalhos;
- VIII. Sumarização dos Resultados e Discussão.

A *string* de busca inicial foi construída fundamentada no PICO (*Population (P) – Intervention (I) – Comparator (C - Opcional) – Outcome(O)*).

Para todos os trabalhos realizou-se uma leitura exploratória averiguando o resumo e as palavras-chave. Na ocorrência de dúvidas, verificaram-se os trabalhos de forma completa juntamente com a professora. A pesquisa se trata de uma revisão bibliográfica, sendo assim, a procura nas bases não eram esgotadas, verificando-se apenas aqueles trabalhos que pudessem de alguma forma contribuir para a pesquisa e complementar os parâmetros catalogados pelo pesquisador.

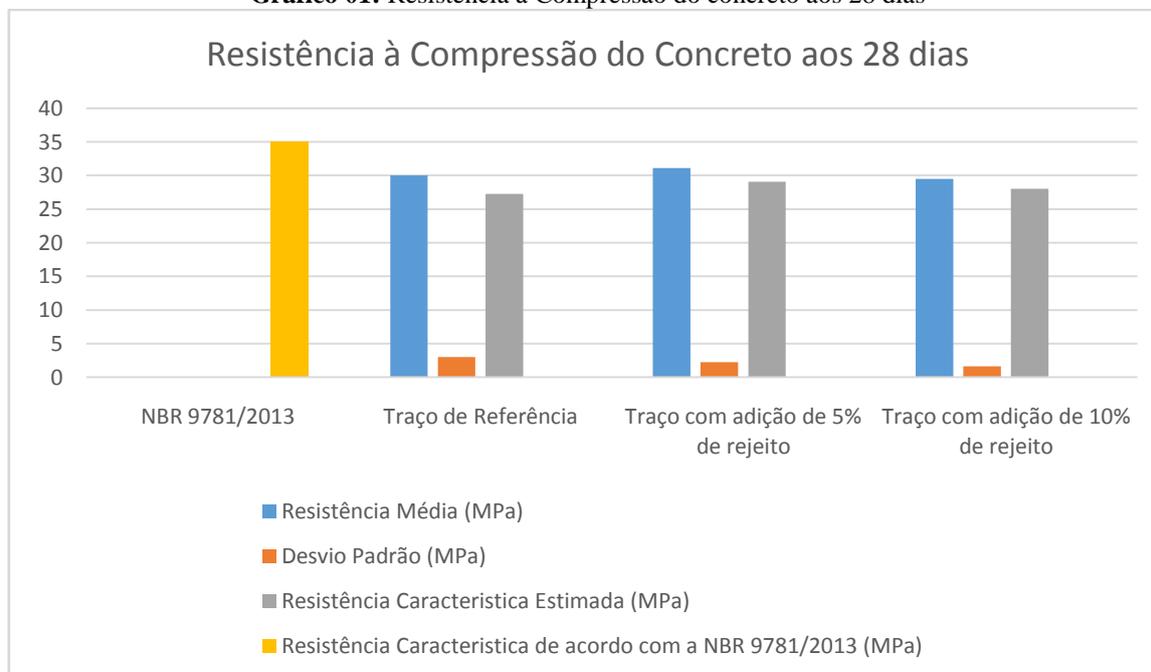
### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

##### Guerra (2014)

O gráfico abaixo demonstra os resultados obtidos em relação aos três traço, produzidos de acordo com a norma NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013), no período de cura de 28 dias, para os traços de 5 e 10% de rejeito.

**Gráfico 01:** Resistência à Compressão do concreto aos 28 dias



Fonte: Autor, 2020.

A norma NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013) define que a resistência mínima característica à compressão aos 28 dias é de 35 MPa. O concreto que mais se aproximou do valor mínimo foi o do traço de 5%, porém, ainda assim inferior ao estabelecido pela norma.

Como mostrado no gráfico acima, os corpos de prova apresentam, de modo geral, valores de resistência bem próximos. O traço de adição de 5% tem um ganho de resistência de 3,7% em relação ao traço de referência. Observa-se que o traço de adição de 10% obteve uma perda de resistência média ligeiramente inferior ao traço de referência, representando 1,7%.

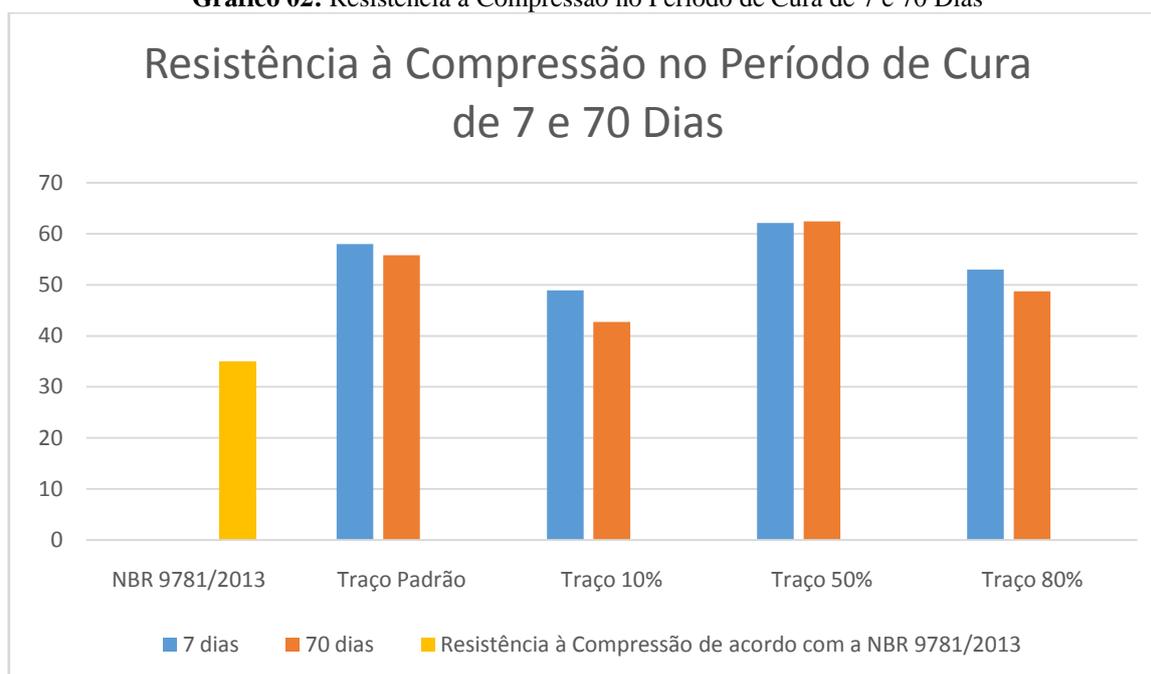
Examinando-se os resultados da resistência característica estimada, observa-se que, provavelmente, em virtude do maior desvio padrão adquirido no traço de referência de 3 MPa, esse concreto apresentou resistência característica inferior aos demais traços, se destacando o traço de 5% que obteve resultado de 29,06 MPa, demonstrando um ganho de 6,6% com relação ao traço de referência.

O acréscimo do rejeito de minério de ferro aos traços, mostrou-se ser uma alternativa benéfica e viável, uma vez que sua adição no concreto acarretou melhorias no seu comportamento em relação ao ensaio de resistência à compressão. O melhor desempenho do traço de 5% pode ser justificado pelo efeito filler do rejeito que promove a hidratação dos grãos de cimento, ou seja, essa amostra possui menor teor de finos, uma granulometria mais contínua com relação a pasta de cimento

##### Filho (2013)

O gráfico a seguir demonstra a Resistência à compressão dos 4 traços, conforme a NBR 9780-Peças de concreto para pavimentação-Determinação de Resistência à Compressão (ABNT, 1987), no tempo de cura de 7 e 70 dias.

**Gráfico 02:** Resistência à Compressão no Período de Cura de 7 e 70 Dias



Fonte: Autor, 2020.

Como se pode ver no gráfico acima no tempo de cura de 7 dias o traço que apresentou a resistência mais elevada foi o de 50%, no valor de 62,1 MPa, apresentando um ganho de resistência de 6,6%, quando comparado com o traço padrão. O traço de 10% obteve um decréscimo de resistência de 15,6% em relação ao concreto convencional, já o traço de 80% obteve uma perda de resistência de 8,6% em comparação com o traço de referência.

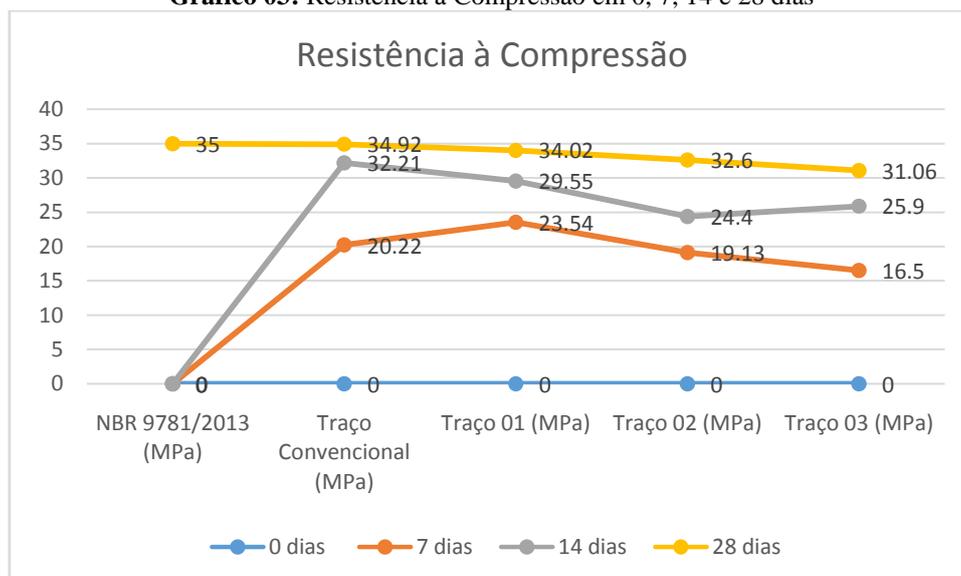
Analisando-se os resultados do período de cura de 70 dias, nota-se que o traço contendo 50% de rejeito apresentou melhor resistência em relação ao traço padrão, representando 10,5% de ganho de resistência. Verifica-se que o traço de 10% e 80% obtiveram uma resistência inferior ao traço padrão, simbolizando 23,4% e 12,7% de perda, respectivamente.

De modo geral a utilização do rejeito de minério de ferro apresentou-se maneira benéfica, o traço de 50% apresentou melhor resultado tanto em relação ao traço convencional, quanto ao valor estabelecido através da norma. A proporção de 80% apresentou resistência inferior a de 50% por possuir mais finos na amostra fazendo com que a absorção de água fosse maior, cerca de 85%, diminuindo assim cobertura do cimento em relação a amostra final.

**Costa (2009)**

O gráfico baixo demonstra os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, conforme NBR 9780 (ABNT, 1987) para amostras dos traços ensaiados.

**Gráfico 03:** Resistência à Compressão em 0, 7, 14 e 28 dias



Verificando-se os resultados, de acordo com o traço referencial, no que diz respeito a resistência característica, nenhum dos traços com adição do rejeito conseguiu ser superior ou igual ao traço padrão produzido em indústria, com o valor de 34,92 MPa. O traço 1 com 75% de rejeito e 25% de areia apresentou-se de forma mais próxima, obteve 2,5% de perda de resistência em relação ao traço padrão.

A norma NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013) define que a resistência mínima característica à compressão aos 28 dias é de 35 MPa, porém nesse caso não atendeu-se essa exigência, já que a maior resistência foi de 34,92 MPa.

Os traços 01 e 03 possuíram valores de resistência inferiores ao traço 02 por ter uma porcentagem maior de material pulverulento, com uma granulometria mais contínua. O traço 02 apresentou uma proporção menor de material pulverulento e uma granulometria mais aberta por possuir apenas o rejeito (granulometria pequena) e areia (granulometria maior). Apesar do teor de materiais pulverulentos do rejeito de minério de ferro ser de 14%, quando incorporado em sua granulometria, em nada prejudica o seu uso para a finalidade visada.

### **Análise das Referências**

Analisando-se os resultados em relação ao ensaio de resistência à compressão dos autores acima citados nota-se, de modo geral, que o uso do resíduo de minério de ferro na produção de blocos intertravados é benéfica. O valor de resistência mais alto foi 62,4 MPa, do traço que continha 50% de rejeito, sendo maior em relação aos traços de referência e também mais do alto do que o valor mínimo estabelecido pela NBR 9180.

Observa-se que o aumento da porcentagem de rejeito reflete no aumento da resistência, de modo geral, já a diminuição da porcentagem nota-se que torna menor a resistência, com exceção do traço com adição de 5%.

### **ABSORÇÃO DE ÁGUA**

#### **Guerra (2014)**

Realizou o ensaio de absorção de água por imersão com os corpos de prova dos traços de referência, 5 e 10%. Os resultados obtidos estão contidos na imagem a seguir.

**Figura 01:** Tabela dos resultados obtidos no ensaio de absorção de água

Concreto	Corpo de Prova	Peso (g)		Absorção (%)	Absorção Média (%)
		Seco	Saturado		
Referência	CP1	3255,40	3470,00	6,59	6,52
	CP2	3125,00	3335,70	6,74	
	CP3	3158,80	3355,00	6,21	
5% de Rejeito	CP1	3100,10	3322,50	7,17	6,83
	CP2	3146,70	3358,80	6,74	
	CP3	3180,60	3389,40	6,56	
10% de Rejeito	CP1	3129,30	3359,70	7,36	6,84
	CP2	3186,10	3401,40	6,76	
	CP3	3179,00	3382,20	6,39	

Fonte: Guerra, 2014.

Baseando-se nos resultados adquiridos apresentados na figura 12, verifica-se que os concretos que contém as adições de rejeito nas proporções de 5 e 10%, adquiriram praticamente os mesmos resultados. Considerando o traço de referência percebe-se que possuiu uma absorção média um pouco inferior aos demais.

Observando-se os corpos de prova nota-se que os corpos de prova o traço de 5 e 10% do rejeito apresentaram valores um pouco maiores em comparação com o traço de referência. O CP1 do traço de 5% possui 7,36%, se destacando como a maior absorção.

Segundo a norma NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013), estabelece que a amostra de peças de concreto deve conter absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %, a partir de ensaios realizados. Analisando-se os resultados, percebe-se que os concretos apresentaram uma absorção média ligeiramente superior a 6%, porém, dos corpos de prova ensaiados apenas dois excederam o limite de 7%, o CP1 contendo 5% de rejeito e o CP2 contendo 10% de rejeito.

A adição do rejeito em relação ao ensaio de absorção de água apresentou menor desempenho em relação ao traço convencional e também as normas técnicas, que pode ser justificado pela ausência de moldagem por prensagem dos corpos de prova, que possivelmente iria melhorar o adensamento os corpos de provas e também o desempenho.

**Filho (2013)**

Executou o ensaio de absorção de água no período de 28 dias para o traço convencional e os demais que contem rejeito. O gráfico abaixo apresenta os resultados para cada traço.

**Quadro 01:** Resultados para o ensaio de absorção de água aos 28 dias

Concreto	Absorção Média (%)
Referência	0
Traço 10%	1,5
Traço 50%	0
Traço 80%	0

Fonte: Autor, 2020

Analisando os resultados do gráfico acima percebe-se que apenas o traço com 10% do rejeito possui porcentagem de absorção de água diferente de zero, apresentando 1,5%. Com base na NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013), as peças de concreto estão dentro das exigências necessárias, devido nenhuma peça ter valor de resistência média maior do que 6%. Realizando-se o ensaio foram obtidos o resultado de 0% de absorção média para o traço convencional, o de 50 e 80%. Os traços com 50 e 80% obtiveram melhores resultados quando comparado com os demais.

A análise micro estrutural realizada por tomografia, demonstra que há uma redução do percentual de poros para os componentes de concreto com 10,50 e 80% de resíduos em relação ao traço padrão, por isso os concretos com 50 e 80% apresentaram melhor absorção em comparação com os demais. Quanto menor o percentual de poros, menor a absorção de água no concreto, aumento a durabilidade dos blocos.

#### Costa (2009)

Efetivou o ensaio de absorção de água para o traço convencional produzido pelo IBEC e para os demais traços que contém o rejeito de minério de ferro, conforme a NBR 12118-Blocos vazados de concreto simples para alvenaria-Métodos de ensaio. O quadro abaixo demonstra os resultados da absorção média para cada traço.

**Quadro 02:** Resultados da absorção de água para cada traço

Concreto	Corpo de Prova	Peso Seco no Ar(Kg)	Peso Saturado (Kg)	Peso Seco em Estufa (Kg)	Absorção Média (%)
Referência IBEC					6,86
Traço 01	CP1	3,76	3,61	3,86	6,46
	CP2	3,77	3,59	3,79	
	CP3	3,57	3,41	3,65	
Traço 02	CP1	3,41	3,26	3,5	7,12
	CP2	3,74	3,57	3,8	
	CP3	3,46	3,3	3,55	
Traço 03	CP1	3,43	3,22	3,39	5,9
	CP2	3,51	3,33	3,54	
	CP3	3,46	3,27	3,47	

Fonte: Autor, 2020.

Como se pode ver no quadro acima, os traços produzidos com o rejeito, aos 28 dias, possuem índices de absorção bem próximos ao da produção de referência. O traço 03 apresentou melhor resultado de 5,9%, refletindo uma absorção inferior de 14%, comparando com o de referência. O traço 01 e 02 mostram uma diferença de absorção de 5,8% inferior e 3,8% superior, respectivamente.

Tendo em vista que o valor determinado pela NBR 6136 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural (ABNT, 2013), deve ser menor ou igual a 10%, todos os traços atendem a essa condição, sendo o traço 03 com melhor resultado.

O traço 03 apresentou melhor resultado por possuir uma granulometria mais contínua com um menor índice de vazios, sendo assim apresentando uma menor absorção de água. O traço 02 apresenta um valor mais alto de absorção por ter uma maior quantidade de vazios, devido ter sido usado metade de rejeito e a outra metade de areia. O traço 01 também obteve um resultado maior em função de sua granulometria não ser tão contínua.

Os estudos de Filho e Costa obtiveram resultados mais satisfatórios pelo motivo de quanto menor o percentual de poros, menor será a absorção de água, dessa forma aumentando a durabilidade dos blocos.

#### **Análise das Referências**

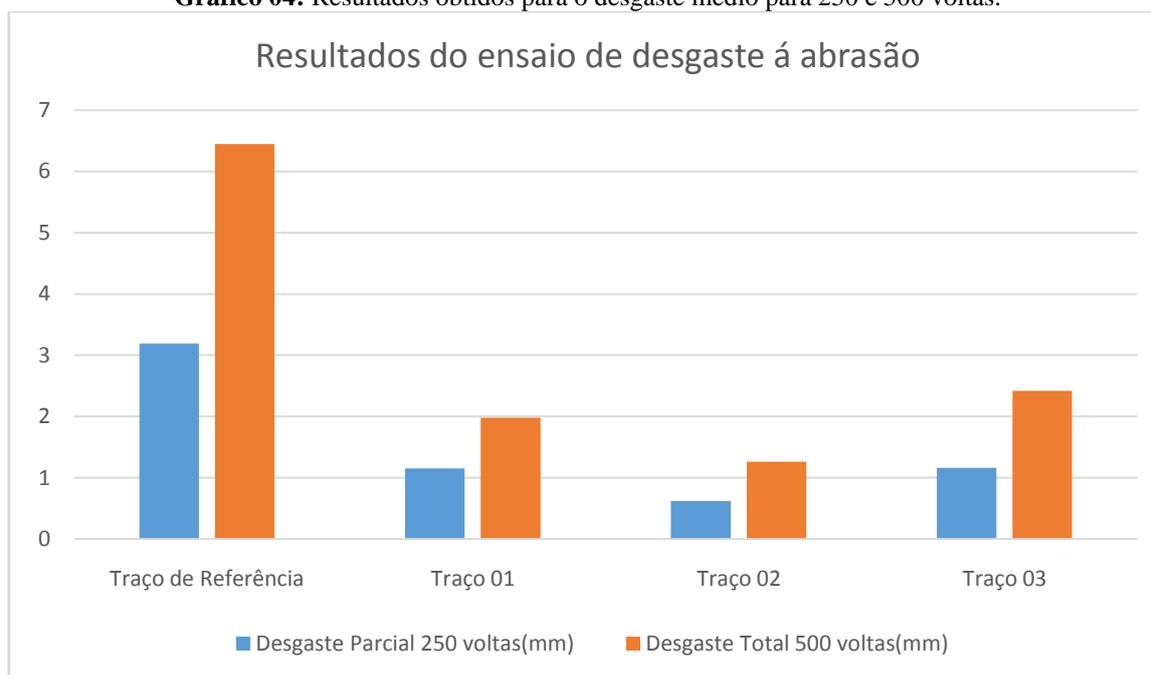
O uso do rejeito de minério de ferro mostra-se de maneira benéfica com relação aos resultados de ensaio de absorção de água. De acordo com as normas analisadas e com os traços convencionais, verificou-se que a porcentagem que apresentou melhor resultado foi a de 50% de rejeito+25% de areia+25% de pó do estudo de Filho. Em algumas das pesquisas o aumento da proporção de rejeito fez com que aumentasse o índice de absorção, já em outros aconteceu o inverso, uma das possíveis causas é que o método de ensaio que realizou-se de forma diferente.

#### **DESGASTE À ABRASÃO**

##### **Costa (2009)**

Realizou o ensaio de resistência à abrasão do traço referência IBEC e dos outros três traços, utilizando-se princípios da Norma Brasileira ABNT NBR – 12.042, que refere-se a determinação do desgaste por abrasão de materiais inorgânicos, com uma adaptação conveniente de mensuração dos desgastes por perda de peso, por não existir uma norma específica para verificar o desgaste por abrasão em bloquetes. O gráfico a diante mostra os resultados obtidos para o desgaste médio para 250 e 500 voltas.

**Gráfico 04:** Resultados obtidos para o desgaste médio para 250 e 500 voltas.



Fonte: Autor, 2020.

Os desgastes a abrasão dos traços produzidos com o rejeito, apresentaram, aos 28 dias de idade, índices de perda de massa sensivelmente menores que o apresentado pela amostra de referência, tanto no estágio de 250 voltas como no estágio final de 500 voltas. A coluna referente ao desgaste apresentado pelo Traço 2 (50% de rejeito e 50% de areia) é a que demonstra o melhor desempenho total, refletindo um percentual de desgaste 80% inferior ao apresentado pelo traço de referência. As colunas relativas ao Traço 1 e Traço 3 apresentaram percentuais inferiores de desgastes totais de 69% e 62%, respectivamente, em relação ao traço de referência.

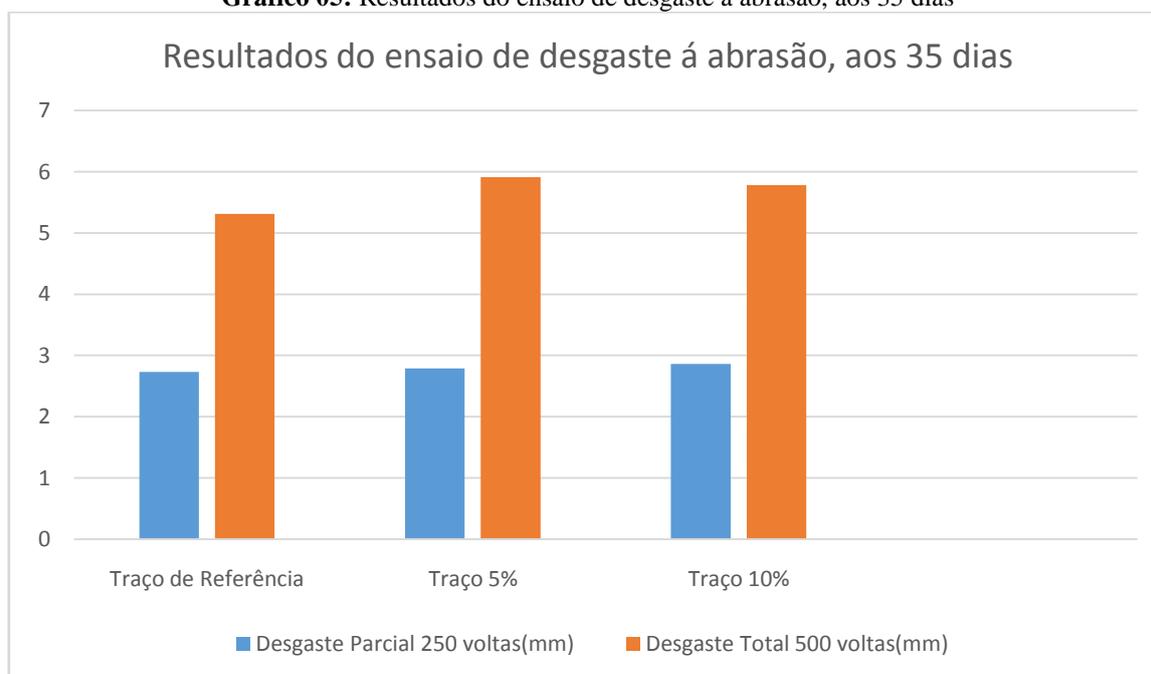
A adição de rejeito apresenta-se de maneira benéfica por mostrar um desgaste inferior ao estabelecido pela norma, quando executado o ensaio de caracterização de desgaste com sulfato de magnésio. Os traços 01 e

03 possuem desgaste um pouco maior em relação ao traço 02 por apresentarem uma maior proporção de partículas finas na sua amostra.

#### **Guerra (2014)**

Efetivou o ensaio de desgaste à abrasão através de uma adaptação da norma NBR 12042 – Materiais inorgânicos – determinação do desgaste por abrasão (ABNT, 1992), devido a indisponibilidade do equipamento especificado na norma NBR 9781 (ABNT, 2013). Referente às amostras dos concretos de referência, 5 e 10% de rejeito, na idade de 35 dias. Os resultados obtidos se encontram no gráfico a seguir.

**Gráfico 05:** Resultados do ensaio de desgaste á abrasão, aos 35 dias



Fonte: Autor, 2020.

Verificando os resultados do concreto contendo adições do rejeito de minério de ferro mostrando um desgaste ligeiramente elevado em relação ao de referência. O concreto que inclui 10% de rejeito, após 250 voltas, apresentou um maior desgaste quando relacionado ao de referência, em 4,7%. Depois de 500 voltas, o desgaste aumentou, ficando 9% superior ao de referência.

O concreto que contém 5% de rejeito, nas 250 voltas, conteve desgaste menor do que o de 10%, mas superior ao de referência, apresentando um aumento de 2%. Depois das 500 voltas, o traço de 5% demonstrou um desgaste superior aos demais traços, sendo 11% em comparação ao de referência.

A norma NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013), considera aceitável cavidade máxima de até 23 mm. Porém, o limite normativo apresentado não é parâmetro comparativo para os resultados obtidos no experimento, tendo em vista que o ensaio realizado foi uma adaptação da norma NBR 12042.

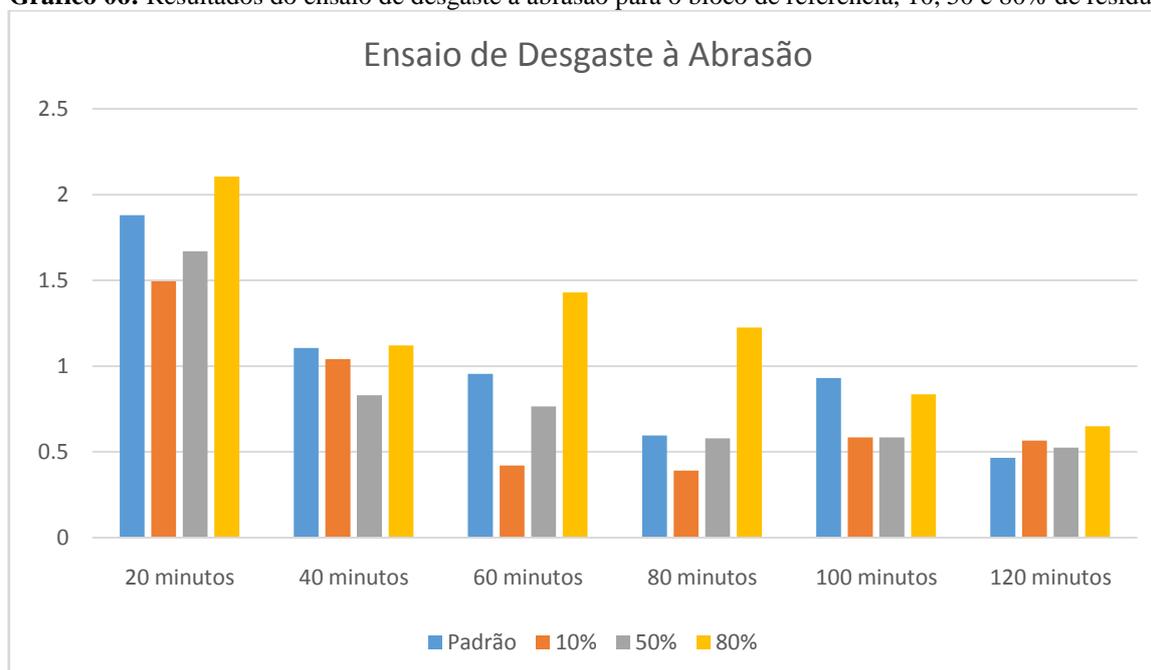
Era de se esperar que os traços que possuem a adição, apresentassem um desgaste menor por conta do teor de ferro presente no rejeito, porém foram superiores ao traço convencional. Isso pode ter acontecido por conta da adaptação da NBR 12042, pela indisponibilidade do equipamento da NBR 9781. Costa (2009) no seu estudo adicionou uma percentual bem mais alto de rejeito e conseguiu obter uma maior redução do desgaste. Guerra adicionou de 5 e 10% de rejeito e já obteve um desgaste próximo ao da amostra de referencial. Possivelmente, se ele tivesse adicionado uma maior proporção de rejeito poderia diminuir o desgaste.

#### **Filho (2013)**

Filho (2013) realizou o ensaio de resistência à abrasão por meio de um abrasômetro do tipo roda de borracha com uso de granelha seca, o ensaio é bastante difundido sendo preconizado as condições de contorno pela norma American Society for Testing and Materials (ASTM) G 65-00- 2001. Esse método recomenda como rotação do eixo da roda até 200 rpm (foi adaptada a rotação neste abrasômetro por meio de uma caixa redução para 6 rpm), carga normal 90 de 100 N (no caso deste trabalho foram utilizados dois blocos de 80% de resíduos

sobre o bloco ensaiado), e tempo de ensaio de 10 a 20 minutos entre passos (foram ensaios os blocos de 20 em 20 minutos até 2 horas de ensaio). O gráfico a seguir mostra os resultados obtidos por meio desse ensaio.

**Gráfico 06:** Resultados do ensaio de desgaste à abrasão para o bloco de referência, 10, 50 e 80% de resíduo



Fonte: Autor, 2020.

Observando o gráfico, constata-se que para valores de adição de 10 e 50% de resíduos há uma menor perda de massa, o que pode garantir uma maior duração dos blocos. Apesar dos dados dos outros traços serem relativamente semelhantes, porém maiores. Nota-se que a perda inicial de massa é alta. Aos 20 minutos todos os traços apresentam valores maiores do que no final dos 120 minutos.

Os traços de 10 e 50% apresentaram menor desgaste à abrasão por conta da porcentagem de ferro no rejeito. O teor de 80% não apresentou resultado tão bom, quando comparado aos demais por possuir muitos finos em sua composição. Realizando um comparativo com o estudo de Costa que realizou o ensaio de caracterização de desgaste com sulfato de magnésio, percebe-se que os traços que possuem em sua amostra um maior teor de partículas finas, apresentam maior desgaste à abrasão.

#### **Análise das Referências**

Relacionando os três estudos percebe-se que a adição do rejeito, em razão da presença de rejeito de minério de ferro ajudou a minimizar das amostras até, conforme as pesquisas, a porcentagem de 50%. A adição de acima dessa, no caso a de 80%, já não se apresentou de forma benéfica, possivelmente pela quantidade de finos presentes na amostra.

### **IV. CONCLUSÃO**

Do ponto de vista da viabilidade técnica, o reaproveitamento do rejeito de minério de ferro na produção do concreto apresenta-se de forma positiva, além de evitar o descarte indevido do mesmo, os resultados dos ensaios e a comparação com o concreto convencional mostra que apresenta bom desempenho em relação a resistência à compressão, absorção de água e desgaste à abrasão.

Em relação a economia a utilização do rejeito também se apresenta de forma positiva e benéfica, uma vez que acarreta a diminuição de custos tanto em relação ao uso de agregado miúdo quanto de adições minerais.

O traço que apresentou melhores resultados, tanto na resistência à compressão quanto à absorção de água e desgaste à abrasão foi o de 50% de rejeito e 50% de areia. Em relação a resistência à compressão esse traço apresentou 62,4 MPa e o convencional 55,8 MPa. No ensaio à absorção concreto com adição apresentou 0% se igualando com o padrão. O desgaste à abrasão possui 0,585 mm com relação ao traço de 50% e o convencional 0,93 mm. A melhoria ou não dos traços de acordo com maior ou menor proporção de rejeito variava de estudo para estudo.

### REFERÊNCIAS

- [1]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12118/2006 – Bloco Vazado de Concreto Simples para Alvenaria. Método de ensaio.
- [2]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6136/1994- Bloco Vazado de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural.
- [3]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9780/1987 – Peças de Concreto para Pavimentação - Determinação de Resistência à Compressão (Norma em revisão)
- [4]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9781/2013 – Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio.
- [5]. COSTA, A. V. **Utilização Do Rejeito De SinterFeed Como Agregado Na Produção De Peças De Concreto Para Pavimentação**. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- [6]. FERNANDES, F. R. C. **Recursos minerais e comunidade - impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.
- [7]. FILHO, J. N. S. **Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados**. 2013. 131 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Engenharia dos Materiais, Cefet-mg, Belo Horizonte, 2013.
- [8]. GUERRA, A. N. L. P. **Caracterização E Utilização De Rejeito De Minério De Ferro Pellet Feed Em Pavimentos De Blocos Intertravados De Concreto**. Dissertação -Mestrado em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- [9]. IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análises da economia mineral brasileira: ano base 2012**. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/> >. Acessado em: 08 abr. 2020.
- [10]. United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD. **The Iron Ore Market 2008**. Disponível em: <<http://www.unctad.org/>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

Valéria Pereira Feitosa, et. al. " Caracterização Física E Mecânica De Pavimentos De Blocos Intertravados De Concreto Com O Uso Do Rejeito De Minério De Ferro: Uma Revisão De Literatura." *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(11), 2020, pp. 39-49.