

**Estudo da aplicação de rejeito de minério de ferro como agregado miúdo  
na produção de argamassa para assentamento e revestimento**

*Study on the application of iron ore tailings as small aggregate in the production of  
mortar for laying and coating*

*Estudio sobre la aplicación de relaves de mineral de hierro como pequeño árido en la  
producción de mortero para colocación y revestimiento*

**Ricardo Martins Morais**

Aluno Graduação, Unileste MG, Brasil  
Ricardo.morais@a.unileste.edu.br

**Lucas Pinto de Carvalho**

Professora Mestre, Unileste MG, Brasil  
Lucas.carvalho@p.unileste.edu.br

**Fabício Moura Dias**

Professor Doutor, Unileste MG, Brasil  
Fabricio.dias@p.unileste.edu.br

## RESUMO

A exploração do minério de ferro gera um volume grande de rejeitos que são armazenados normalmente em barragens, quando produzidos em forma de polpa, e também em pilhas, quando são gerados a seco. Estes rejeitos estocados, além de ocupar uma área extensa, geram um passivo ambiental muito grande, o que pode ser agravado com o rompimento de barragens de contenção. Com objetivo de destinação adequada a estes rejeitos, estudos têm sido feitos para aplicação destes como matéria-prima na construção civil. Diante deste cenário, este trabalho visa analisar a aplicação do rejeito de minério de ferro na produção de argamassa como alternativa para substituição da areia (agregado miúdo). Foram confeccionados quatro traços de argamassas para avaliar o comportamento do compósito com diferentes percentuais de resíduo. Foi produzido uma argamassa com traço padrão de cimento e mais três argamassas substituindo 25%, 50% e 70% da quantidade de areia por resíduo de minério de ferro. Foi avaliada a trabalhabilidade da argamassa com a adição do resíduo e após 28 dias de cura os corpos de prova foram rompidos para obtenção da resistência à compressão. Foi observado que parte dos corpos de prova com resíduo apresentaram maior resistência quando comparados com os corpos de prova padrão, o que pode possibilitar a sua utilização como material estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade. Argamassa. Resíduo de mineração.

## SUMMARY

*The exploitation of iron ore generates a large volume of tailings that are normally stored in dams, when produced in the form of pulp, and also in piles, when they are generated dry. These stored tailings, in addition to occupying an extensive area, generate a very large environmental liability, which can be aggravated by the rupture of containment dams. In order to properly dispose of these wastes, studies have been carried out to apply them as raw materials in civil construction. Given this scenario, this work aims to analyze the application of iron ore waste in the production of mortar as an alternative to replacing sand (fine aggregate). Four mortar mixes were made to evaluate the behavior of the composite with different percentages of residue. A mortar with a standard cement mix and three more mortars were produced, replacing 25%, 50% and 70% of the amount of sand with iron ore residue. The workability of the mortar with the addition of the residue was evaluated and after 28 days of curing, the specimens were broken to obtain the compressive strength. It was observed that part of the specimens with residue showed greater resistance when compared to the standard specimens, which may enable its use as a structural material.*

**KEYWORDS:** Sustainability. Mortar. Mining waste.

## RESUMEN

*La explotación del mineral de hierro genera un gran volumen de relaves que normalmente se almacenan en presas, cuando se producen en forma de celulosa, y también en pilas, cuando se generan en seco. Estos relaves almacenados, además de ocupar un área extensa, generan un pasivo ambiental muy grande, que puede verse agravado por la ruptura de las presas de contención. Con el fin de disponer adecuadamente estos residuos, se han realizado estudios para aplicarlos como materia prima en la construcción civil. Ante este escenario, este trabajo tiene como objetivo analizar la aplicación de residuos de mineral de hierro en la producción de mortero como alternativa a la sustitución de arena (árido fino). Se realizaron cuatro mezclas de mortero para evaluar el comportamiento del compósito con diferentes porcentajes de residuo. Se elaboró un mortero con una mezcla estándar de cemento y tres morteros más, reemplazando el 25%, 50% y 70% de la cantidad de arena con residuo de mineral de hierro. Se evaluó la trabajabilidad del mortero con la adición del residuo y luego de 28 días de curado, se rompieron las probetas para obtener la resistencia a compresión. Se observó que parte de las probetas con residuo presentaron mayor resistencia en comparación con las probetas estándar, lo que puede posibilitar su uso como material estructural.*

**PALABRAS CLAVE:** Sostenibilidad. Mortero. Residuos mineros.

## 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais, em virtude das consequências das explorações desordenadas dos recursos naturais, que geram grandes impactos ambientais, aumenta a necessidade de se criar alternativas visando aproveitamento dos rejeitos que são gerados, e com isto, reduzindo a necessidade de exploração. Entre as indústrias que mais consomem recursos naturais está a da construção civil, que absorve da natureza água, rochas, madeiras, entre outros.

Estudos vêm sendo feitos tanto por pesquisadores como por meio de investimento de empresas privadas para buscar alternativas na construção civil para o reaproveitamento de resíduos provenientes de empresas e indústrias de diversas áreas. Contudo, devido ao alto investimento e pouco incentivo governamental, muitas vezes as pesquisas não avançam e estagnam em resultados primários (Andrade, 2014; Guerra, 2014)

No Estado de Minas Gerais existem diversas empresas que produzem minério de ferro e estão em busca de alternativas para a utilização de seus resíduos em materiais alternativos. Em diversos trabalhos foi verificado que há viabilidade da utilização de rejeitos de minério de ferro como matéria-prima para aplicação na construção civil como argamassa e concreto, o que pode contribuir para redução do passivo ambiental e para redução da demanda por materiais como agregado miúdo (areia) (Nascimento, 2018).

Nesta perspectiva, o artigo tem como objetivo avaliar a aplicação de rejeitos de minério de ferro em substituição percentual ao agregado miúdo (areia) na fabricação de argamassas para assentamento e revestimento na construção civil, atendendo aos requisitos técnicos e de segurança.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Argamassas

A argamassa é um material de construção com propriedade de aderência e endurecimento, obtido a partir de mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento e cal), agregado miúdo (areia) e água, podendo conter aditivos e adições de minerais. Na antiguidade, eram utilizadas argamassas de areia e cal, e com a modernidade, surgiram as argamassas compostas por cimento Portland e aditivos (LISBOA *et al.* 2017), podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (NBR 13281, 2005).

As argamassas são utilizadas na construção civil em assentamentos de alvenarias e cerâmicas, revestimentos de paredes e tetos, aplicada entre os blocos (tijolos) cerâmicos ou de cimento para o levantamento de paredes e muros. As funções mais importantes da argamassa na alvenaria são unir as unidades de alvenaria para melhorar sua resistência aos esforços laterais, distribuir as cargas atuantes nas paredes de modo uniforme, impedir a passagem da água da chuva e absorver as deformações naturais de origem térmica e as de retração por secagem (RIPPER, 1995; PETRUCCI, 1998).

A argamassa também pode servir como revestimento, e é utilizada para revestir paredes, tetos e muros. Normalmente após a aplicação do revestimento, recebe acabamento como pintura ou outro tipo de revestimento. Tem a propriedade de proteger a alvenaria contra intempéries, fornecer isolamento acústico e térmico, estanqueidade e resistência ao desgaste (BAUER, 2000)

A argamassa de revestimento pode ser distribuída em várias camadas ou em camada única. É constituída pelo chapisco, emboço, reboco ou camada única. Estas camadas são definidas como (Lisboa et al. 2017; BAUER, 2000):

- Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou não, para uniformizar e melhorar a absorção e aderência do revestimento;
- Emboço: camada de revestimento para cobrir e regularizar a base para receber revestimento decorativo;
- Reboco: camada de revestimento usada para cobrir e emboçar antes de receber o revestimento decorativo ou acabamento final, em geral a pintura;
- Camada única: revestimento com um único tipo de argamassa aplicado na base. Também pode ser empregada para receber o acabamento final, como a pintura.

A areia é utilizada como agregado na produção da argamassa e representa cerca de 60% a 80% do consumo dos materiais da argamassa pronta. Para evitar manifestações patológicas, a areia deve ser isenta ou ter um percentual irrisório de impurezas. As principais impurezas são matéria orgânica, torrões de argila, carvão, sais solúveis e mica (BAUER, 2000).

Os revestimentos de argamassa, para cumprir adequadamente as suas funções devem possuir características e propriedades que sejam compatíveis com as condições em que estarão expostas, com as condições de execução, com a natureza da base, com as especificações de desempenho, e com o acabamento final previsto. As principais propriedades são trabalhabilidade, aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, retração e retenção de água.

## **2.2 Resíduo de minério de ferro**

A exploração de recursos minerais tem grande relevância no desenvolvimento econômico e social do Brasil. A produção mineral em 2020, conforme a Agência Nacional de Mineração – ANM (2020), foi de 1,62 bilhões de toneladas, sendo que a produção de minério de ferro contribuiu com 524,7 milhões de toneladas. Entretanto, a exploração representa um grande risco ao meio ambiente, em função da própria atividade de extração e também pela geração dos resíduos sólidos.

Destacam-se dois tipos de resíduos provenientes do processo de mineração, os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são materiais sem valor econômico que são gerados durante a preparação do solo para ter acesso às jazidas de minério de ferro e posterior extração, sendo armazenados em forma de pilhas. Os rejeitos são materiais originados do beneficiamento do minério de ferro, produzidos em forma de polpa devido ao uso de água e produtos químicos durante o beneficiamento, sendo armazenados principalmente em barragens (ANM, 2020).

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia a ser aplicada se baseia na revisão bibliográfica, pesquisa de laboratório e na execução de ensaios e análises conforme normas e procedimentos aplicáveis. Serão feitos a caracterização granulométrica da areia e do rejeito de minério de ferro, a produção dos corpos de provas e os ensaios de resistência à compressão.

A escolha dos materiais é um processo muito importante para a realização dos ensaios, pois a granulometria e a qualidade do agregado e aglomerante influenciam no comportamento que os materiais terão na obra. Os materiais a serem utilizados na produção dos corpos de provas são cimento Portland de alto-forno, areia média, cal hidratada, rejeito de minério de ferro e água. A areia natural utilizada possui granulometria média, e foi extraída de leito de rio da região de Coronel Fabriciano – MG.

O cimento Portland de auto-forno é um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland e escória de alto-forno, moídos em conjunto ou separadamente, podendo conter uma ou mais formas de sulfato de cálcio e materiais carbonáticos (NBR-16697/2018). Foi utilizado para produção da argamassa o cimento CPIII 40 RS, fabricado pela indústria MIZU Cimentos Especiais, cuja resistência à compressão é igual ou superior a 40 Mpa.

A Cal é um aglomerante inorgânico, produzido a partir de rochas calcárias, composto principalmente de cálcio e magnésio, na forma de um fino pó. A principal aplicação é a cal hidratada para a produção de argamassa com uma importante função de promover a retenção da água no estado fresco e boa contribuição para o endurecimento (LISBOA et al. 2017).

A Cal hidratada é obtida pela hidratação da cal virgem. São classificadas em CH-I, CH-II e CH-III. Esta classificação está relacionada com o grau de pureza, sendo que a CH-I tem maior grau de pureza e a CH-III tem menor. A NBR 7175/2003 especifica as exigências químicas e físicas para cada classificação. Foi utilizado na produção da argamassa, a cal hidratada CH-III produzida pela indústria Mineração Belocal, marca Tradical.

O rejeito de minério de ferro aplicado na produção da argamassa foi cedido por uma mineradora do Estado de Minas Gerais. A extração é feita a céu aberto e o beneficiamento ocorre sem utilização de água, através do processo de concentração a seco (concentração magnética). O rejeito gerado é seco, sendo estocado em forma de pilhas e não em barragens.

### 3.1 Caracterização granulométrica da areia e do resíduo

A determinação da composição granulométrica da areia e do rejeito de minério de ferro foi feita baseada na norma NBR 7217/1987. Foi utilizado um conjunto de peneiras da série normal, sucessivas com as aberturas (mm) 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,300 e 0,150. O peneiramento foi realizado por meio de agitador mecânico conforme Figura 1.

Figura 1 – Peneiramento em agitador mecânico.



Fonte: Autor, 2023

De acordo com as análises granulométricas da areia, demonstrada na Tabela 3, e do rejeito de minério de ferro, demonstrada na Tabela 4, o percentual maior de massa ficou retida entre as peneiras de 1,2 e 0,3 mm caracterizando assim, como agregado miúdo de fração média, atendendo o requisito da norma ABNT NBR 7214/2019.

O Módulo de Finura (MF) calculado foi de 2,58 para a areia e 2,16 para o rejeito de minério de ferro. Os limites estabelecidos para caracterizar como fração média está entre 2,12 e 2,71, desta forma, o Módulo de Finura atende ao especificado pela norma ABNT NBR 7211/2009. Calcula-se o módulo de finura conforme fórmula:  $MF = \sum \% \text{massa retida} / 100$ . A caracterização granulométrica da areia após o peneiramento foi classificada conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria da areia

Abertura peneira (mm)	Massa retira (g)	%retida na peneira	% retida acumulada	% passante
4,75	0	0	0	100
2,36	210,77	4	4	96
1,18	768,22	14,4	14,4	81,6
0,6	1.505,94	28,3	28,3	53,3
0,3	2.367,55	44,5	44,5	8,8
0,15	372,87	7	7	1,8
Panela	94,85	1,8	1,8	0
<b>Total</b>	<b>5.320,20</b>	<b>100</b>		

Fonte: Autor, 2023

A granulometria do rejeito de minério de ferro foi classificada conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Granulometria do resíduo de minério de ferro

Abertura peneira (mm)	Massa retira (g)	%retida na peneira	% retida acumulada	% passante
4,75	0	0	0	100
2,36	32,01	0,7	0,7	99,3
1,18	307,22	6,6	7,3	92,7
0,6	883,00	19,1	26,4	73,6
0,3	2.667,51	57,7	84,1	15,9
0,15	616,39	13,3	97,4	2,6
Fundo	118,72	2,6	100	0
<b>Total</b>	<b>4.624,85</b>	<b>100</b>		

Fonte: Autor, 2023

Conforme analisado nas tabelas, observa-se que o resíduo de minério de ferro possui granulometria menor quando comparado com a areia (a maior porcentagem de resíduo ficou retida em peneiras menores). Isso influencia no comportamento da argamassa no estado fresco, pois o compósito absorverá mais água, o que irá reduzir a sua trabalhabilidade. Ou seja, é possível inferir que a trabalhabilidade da argamassa irá reduzir proporcionalmente conforme o aumento do percentual de resíduo de minério de ferro adicionado.

### 3.2 Produção dos corpos de prova

Foram moldados quatro corpos-de-prova para cada traço, conforme norma de referência NBR 7215/2019, em cilindros de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Sendo um traço padrão e três variando o percentual de areia (agregado miúdo), conforme a seguir:

Traço 1 – cimento, cal hidratada e areia (100%);

- Traço 2 – cimento, cal hidratada, 75% de areia e 25% de rejeito de minério;
- Traço 3 – cimento, cal hidratada, 50% de areia e 50% de rejeito de minério;
- Traço 4 – cimento, cal hidratada, 25% de areia e 75% de rejeito de minério.

A argamassa foi produzida no traço 1 : 1,26 : 6,74 : 1,78 sendo utilizado peso de cada material conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Traço da argamassa em kg.

Traço	Cimento	Cal hidratado	Areia	Rejeito de minério	Água
Traço 1	0,178	0,224	1,200	0,000	0,317
Traço 2	0,178	0,224	0,900	0,300	0,317
Traço 3	0,178	0,224	0,600	0,600	0,317
Traço 4	0,18	0,224	0,300	0,900	0,317
<b>Total</b>	<b>4.624,85</b>	<b>100</b>			

Fonte: Autor, 2023

As argamassas apresentaram uma boa trabalhabilidade para o traço padrão e para os traços com rejeito de minério de ferro nas proporções de 25% e 50%. Para o traço com 75% de rejeito de minério de ferro, a argamassa apresentou uma consistência maior, demonstrando não ser adequada para utilização em revestimento de paredes e tetos, entretanto atende na aplicação para assentamento de blocos (tijolos) cerâmico ou de cimento.

Os corpos de prova moldados (Figura 2) foram desmoldados dos cilindros 24 horas após a moldagem e foram colocados em câmara úmida por 28 dias, conforme indicado na NBR 13276 (2005).

Figura 2 - Corpos-de-prova moldados em cilindro



Fonte: Autor, 2023

### 3.3 Determinação da resistência à compressão

A norma ABNT NBR 13279/1995 especifica o método de determinação da resistência à compressão de argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos no estado endurecido. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados com os corpos de prova com idade de 28 dias, após a cura em câmara úmida. Para execução do ensaio, foi utilizado uma prensa com capacidade de 100 toneladas, da marca CONTENCO, modelo I 3025 B, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Prensa usada no ensaio de compressão



Fonte: Autor, 2023

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

### 4.1 Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados baseados nas normas ABNT NBR 13279/1995 e NBR 7215/1996. Foram medidos os diâmetros dos corpos-de-prova (Figura 4) e em seguida, foram colocados na prensa (Figura 5) para o rompimento.

Figura 4 – Medição do diâmetro



Fonte: Figura do autor, 2022

Figura 5 – Corpo-de-prova na prensa



Fonte: Autor, 2023

Os resultados obtidos de cada corpo-de-prova estão descritos na Tabela 3.

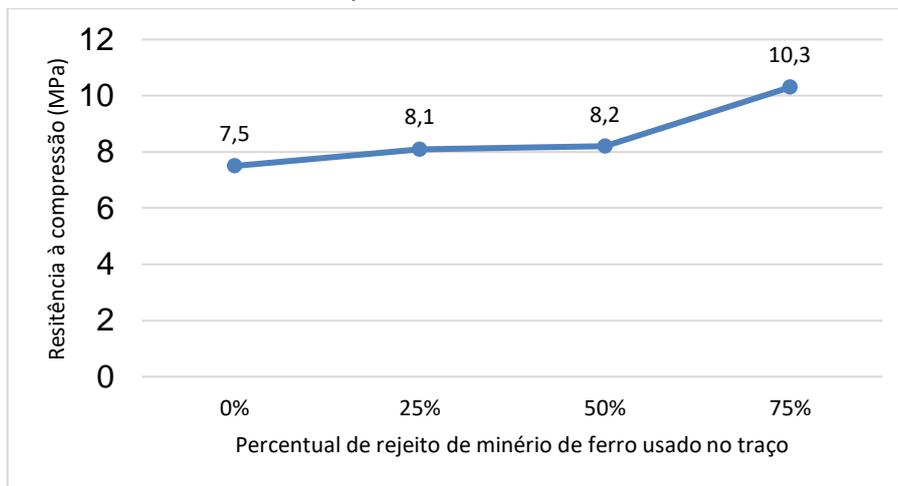
Tabela 3 – Resultado dos ensaios de compressão

Traço	Corpos de prova (MPa)				Resistência média (MPa)	Desvio relativo (<6%)
	CP1	CP2	CP3	CP4		
Traço 1	7,5	7,1	7,3	7,9	7,5	5,0%
Traço 2	8,3	7,8	8,3	7,0	8,1	3,7%
Traço 3	7,8	8,4	9,8	8,5	8,2	5,5%
Traço 4	10,0	10,4	10,8	10,0	10,3	2,7%

Fonte: Autor, 2023

A resistência média obtida para cada traço está demonstrada no Gráfico 1. Os resultados indicam que os traços que contém o rejeito de minério de ferro apresentaram valores de resistência superiores ao traço padrão.

Gráfico 1 – Resistência à compressão



Fonte: Autor, 2022

Em função da resistência à compressão, as argamassas foram classificadas de acordo com a Tabela 7, conforme norma ABNT NBR 13281/2005. Os valores médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão de 8,1 MPa, 8,2 MPa e 10,3 MPa, para os Traços 2, 3 e 4 respectivamente, sendo superiores ao Traço 1 (traço padrão) com resistência de 7,5 MPa, demonstram que a utilização do rejeito de minério de ferro na composição da argamassa atende ao requisito quanto à resistência mecânica.

Foi observada uma boa trabalhabilidade durante a manipulação das argamassas com exceção da argamassa com 75% de rejeito de minério ferro, que apresentou uma consistência maior, fator gerador de dificuldade na aplicação em revestimento de paredes e tetos, sendo indicada para assentamento de blocos (tijolos) cerâmicos ou cimento.

Tabela 4 - Classificação da argamassa

Argamassa	Referência (NBR 13281/2005)	
	Título das colunas	Título das colunas
Traço 1	7,5	5,5 a 9,0
Traço 2	8,1	5,5 a 9,0

Traço 3	8,2	5,5 a 9,0
Traço 4	10,3	>8

---

Fonte: Autor. 2022

## 5 CONCLUSÃO

Considerando os resultados alcançados, é possível a utilização do rejeito de minério de ferro como agregado miúdo na produção de argamassas na construção civil em partes como assentamento e base de edificações, por exemplo, visto que com a adição do resíduo sua resistência aumentou em alguns corpos de prova.

Esta alternativa contribuiria para reduzir gastos com agregados na construção e evitaria que resíduos de minério de ferro fossem destinados para aterros, o que resulta na destinação ambientalmente adequada, reduzindo proporcionalmente a necessidade de extração de areia.

Contudo, outros ensaios para analisar demais propriedades são indispensáveis para melhorar a caracterização da argamassa, como exemplo aderência, retenção de água, tração e durabilidade. Essa opção pode ser considerada como sustentável, pois contribuiria para redução de gastos, evitaria depósitos de resíduos na empresa e poderia contribuir para novas empresas para destinação do resíduo, o que se pode citar como um fator social devido a geração de empregos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM, Anuário Mineral Brasileiro Interativo. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMtZG40OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>> Acesso em 31 out. 2022.

Andrade, L. C. R. d. (2014). Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura esegregados, para aplicação como material de construção civil. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7175: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 248: Agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Bauer, F. L. A. (2000). Materiais de Construção. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, G. C (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2ªed. São Pulo, IBRACON, 2010. Vol.1. p. 893-943.

Guerra, A. N. L. P. (2014) Caracterização e utilização de rejeito de minério de ferro PELLETFEED em pavimentos de blocos intertravados de concreto, Belo Horizonte – MG, 2014. 127 f. Dissertação (Pós-Graduação em Construção Civil) Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LISBOA, Ederval de S.; ALVES, Edir dos S.; MELO, Gustavo Henrique Alves Gomes D. Materiais de Construção: Concreto e Argamassa. Grupo A, 2017. E-book. ISBN9788595020139. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020139/>. Acesso em: 24 out. 2022.

Nascimento, D. W. (2018). Estudo sobre a influência da adição de resíduo de minério de ferro da barragem de fundão, Mariana - MG, como pigmento e nas propriedades do concreto de cimento Portland. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de construção**. 11. ed. São Paulo: Globo, 1998. 435p

RIPPER, Ernesto, 1912. **Manual prático de materiais de construção**: recebimento, transporte interno, estocagem, manuseio e aplicação / Ernesto Ripper. São Paulo: Pini, 1995. 252p