

**REDE DE ENSINO DOCTUM  
UNIDADE JOÃO MONLEVADE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PATRIK DO NASCIMENTO  
UILSON CARLOS DA SILVA**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO-  
FORNO COMO AGREGADO MIÚDO NA  
FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA**

**JOÃO MONLEVADE**

**2019**

**PATRIK DO NASCIMENTO  
UILSON CARLOS DA SILVA**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO COMO AGREGADO  
MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador(a): Prof. Me. Pedro Valle Salles

**JOÃO MONLEVADE**

**2019**

**PATRIK DO NASCIMENTO  
UILSON CARLOS DA SILVA**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO COMO AGREGADO  
MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 10 de Dezembro de 2019

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Me. Pedro Valle Salles

  
Prof. Me. Rafael Vital Januzzi

  
Esp. Gilmar Rodrigues da Silva

**A Deus e a nossa família.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela saúde e força para enfrentar nossos desafios.

Aos nossos pais, pelo amor e incentivo.

Aos nossos irmãos e familiares por nos ajudar a superar as dificuldades.

Ao orientador Pedro Valle Salles pela orientação, motivação e confiança depositada.

Ao Wagner pelos conselhos, e pela compreensão.

Ao Rafael Vital Januzzi e ao Gilmar Rodrigues da Silva por compor a banca de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos nossos amigos que estiveram conosco nesses 5 anos.

Ao curso de Engenharia Civil da rede de Ensino Doctum de João Monlevade.

A professora Francisca Daniela pelos ensinamentos.

A Edilene e a Bete, por motivar cada vez mais para alcançarmos nossos objetivos.

A todos os funcionários da Doctum-JM por está de prontidão a nos ajudar.

A empresa Gerdau que contribuiu diretamente com a doação da escória e por acreditar em nosso trabalho.

A prefeitura de Barão de Cocais por nos dar o transporte diário a João Monlevade para que pudéssemos chegar a nossa formação.

E a todos que de alguma forma contribuiu para a nossa formação, nosso muito obrigado.

**“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.**

**Arthur Schopenhauer**

## RESUMO

As obras de hoje em dia relacionadas com a construção civil, resulta em inúmeras formas de exploração e degradação que afetam o meio ambiente, que vai desde a extração de materiais não renováveis até a destinação de rejeitos que são gerados durante os processos. A areia é uma das principais matérias primas utilizadas na construção civil, sendo extraída constantemente para finalidades de produção e fabricação de outros produtos. Tendo isto como insustentável ao meio ambiente, o presente trabalho visa a redução do consumo da areia que é um bem não renovável, utilizando a escória granulada de alto forno que é um subproduto de empresas siderúrgicas, tens muito pouco fim de aplicação e são depositados os pátios de estocagem ao passo que é coproduto resultante do processo de redução do minério de ferro para fabricação de ferro gusa. Dessa forma ao mesmo passo que se reduzirá uma exploração a um bem natural, se utilizara de outro resíduo quando não há destinação correta podem prejudicar o meio ambiente. O presente trabalho realizou estudos e testes práticos com escória granulada de alto-forno, substituindo a mesma de forma gradual e analisando os resultados para obtenção da viabilidade da mesma como agregado miúdo em argamassa de assentamento de paredes, pisos e tetos. Foram feitos os seguintes ensaios conforme as normas da ABNT: Ensaio granulométrico, massa específica e absorção de água, para caracterizar os agregados miúdos (areia e escoria granulada). A escória granulada apresentou um resultado próximo da areia, porém com um maior volume tendo base o peso específico de ambos, ficando retida sua maior parte das primeiras peneiras ao contrário da areia que teve um maior equilíbrio quanto as divisões das malhas no teste granulométrico. O passo seguinte foram as confecções dos corpos de prova para realizar os ensaios de compressão axial da argamassa após sete e vinte e oito dias de cura e determinação da absorção de água por imersão. Foram moldados seis corpos de prova para analisar os testes de cada uma das composições, sendo três para rompimento aos 7 dias e três aos 28 dias de cura com as seguintes composição dos agregados miúdos: 100% areia, 75% areia e 25% escória granulada, 50% areia e 50% escória granulada e ao fim 100% escoria granulada. Todas as amostras foram confeccionadas com traço de 1:4 e fator água/cimento de 0,8. Os resultados obtidos ao final dos ensaios foram satisfatórios, tendo em vista

que ao passo que a utilização da escória granulada teve resultados superiores ao de 100% areia que era o valor de referência e base dos testes.

**Palavras-chave:** Escória granulada. Argamassa. Meio ambiente. Areia.

## ABSTRACT

Today's construction-related works result in numerous forms of exploitation and degradation that affect the environment, ranging from the extraction of non-renewable materials to the disposal of tailings generated during the processes. Sand is one of the main raw materials used in construction and is constantly extracted for the purposes of production and manufacture of other products. Taking this as unsustainable for the environment, the present work aims to reduce the consumption of sand that is a non-renewable good, using blast furnace slag that is a by-product of steel companies, has very little end of application and is deposited in the stockyards while co-product resulting from the iron ore reduction process for pig iron manufacture. This way while reducing an exploration to a natural good, it will use another waste that when there is no correct destination can harm the environment. The present work carried out studies and practical tests with granular blast furnace slag, gradually replacing it and analyzing the results to obtain its viability as a fine aggregate in wall, floor and ceiling mortar. The following tests were made according to ABNT standards: Particle size test, specific mass and water absorption to characterize the fine aggregates (sand and granulated slag). The granulated slag presented a result close to the sand, but with a larger volume based on the specific weight of both, retaining most of the first sieves unlike the sand had a greater balance as the mesh divisions in the particle size test. The next step was the preparation of the specimens to perform the axial mortar compression tests after seven and twenty-eight days of curing and determination of water absorption by immersion. Six specimens were molded to analyze the tests of each of the compositions, three for breakage at seven days and three at 28 days of cure with the following composition of fine aggregates: 100% sand, 75% sand and 25% granulated slag. 50% sand and 50% granulated slag and finally 100% granulated slag. All samples were made with a 1: 4 trace and a water / cement factor of 0.8. The results obtained at the end of the tests were satisfactory, considering that the use of the granulated slag had results superior to the 100% sand that was the reference value and basis of the tests.

Keywords: Granulated slag. Mortar. Environment. Sand.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração específica de coprodutos e resíduos (kg/t aço bruto).....	23
Figura 2 - Geração de resíduos siderúrgicos e reaproveitamento.....	24
Figura 3 - Destinação dos agregados siderúrgicos de alto-forno .....	24
Figura 4 - Destinação dos agregados siderúrgicos de aciaria.....	25
Figura 5 - Molde metálico prismático.....	30
Figura 6 - Prensa hidráulica .....	30
Figura 7 - Método de frasco chapman.....	31
Figura 8 - Método de Cura .....	32
Figura 9 - Curva Granulométrica.....	33
Figura 10 - Resistência a compressão aos 7 dias.....	35
Figura 11 - Resistência a compressão aos 28 dias.....	36
Figura 12 - Absorção de água aos 7 dias.....	37
Figura 13- Absorção de água aos 28 dias.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de cimento.....	16,17,18
Tabela 2 - Distribuição química da escória .....	22
Tabela 3 - Sigla das Argamassa fabricadas.....	32
Tabela 4 - Determinação da massa específica .....	34
Tabela 5 - Dosagem da Argamassa.....	34
Tabela 6 - Apresenta os resultados da granulometria da Areia.....	46
Tabela 7 - Apresenta os resultados da granulometria da Escória de Alto-Forno .....	46
Tabela 8 - Resultados a compressão aos 7 dias.....	46
Tabela 9 - Resultados a compressão aos 28 dias.....	47
Tabela 10 - Resultados de absorção por imersão aos 7 dias .....	47
Tabela 11 - Resultados de absorção por imersão aos 28 dias .....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(g/cm <sup>3</sup> )	Grama por centímetro cúbico
100% AE	Argamassa 100% de Escória
100% ARA	Argamassa referencia 100% areia
25% AE	Argamassa 25% de Escória
50% AE	Argamassa 50% de Escória
a.C	Antes de Cristo
AAC	Argamassa de Areia e Cimento
AACE	Argamassa de Areia, Cimento e Escória
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACE	Argamassa de Cimento e Escória
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alumina
AL	Alumínio
CA	Cálcio
CaO	Cal
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CP I	Cimento Portland comum com adição
CP II-F 32	Cimento Portland com adição de materiais carbonático
CSH	Silicato de Cálcio Hidratado
ETA	Estação de Tratamento de Água
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Ferro III Hematita
FeO	Óxido de Ferro II
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
Kg	Quilogramas
Kg/m <sup>3</sup>	Quilogramas por Metro Cúbico
MG	Minas Gerais
MgO	Magnésia
Mm	Milímetros
MnO	Magnésio
Mpa	Megapascal
NBR	Norma Brasileira regulamentadora

NM	Norma Mercosul
PMPF	Prefeitura Municipal de Passo Fundo
S	Enxofre
SA	Sociedade Anónima
SI	Silício
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Silício
SO <sub>3</sub>	Anidrido Sulfúrico
TiO <sub>2</sub>	Dióxido de Titânio
µm	Micrómetro

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.3	JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2.0</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1	ARGAMASSA.....	13
2.1.1	CONSTITUINTES DA ARGAMASSA.....	13
2.2	AGREGADOS .....	14
2.2.1	CIMENTO.....	15
2.2.1.1	TIPOS DE CIMENTO.....	16
2.2.2	CAL.....	18
2.2.3	ÁGUA .....	19
2.2.4	ADITIVOS.....	20
2.2.4	AREIA.....	20
2.2.6	ESCÓRIAS DE ALTO-FORNO .....	21
2.2.6.1	CLASSIFICAÇÃO DAS ESCORIAS DE ALTO-FORNO.....	22
2.2.6.2	GERAÇÃO DE ESCORIA DE ALTO-FORNO E ACIARIA .....	23
2.2.6.3	UTILIZAÇÃO DE ESCORIA DE ALTO-FORNO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS INTER TRAVADOS .....	25
2.2.6.4	UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA PRODUÇÃO DE CIMENTO PORTLAND.....	26
<b>3.0</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
3.1	DELINEAMENTO DE PESQUISA E OBJETIVO.....	27
<b>4.0</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	MATERIAIS .....	28
4.1.1	AREIA MÉDIA .....	28
4.1.2	ESCÓRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO.....	28
4.1.3	ÁGUA .....	29
4.1.4	CIMENTO.....	29
4.2	MÉTODOS.....	29
4.2.1	PRODUÇÃO DA ARGAMASSA .....	29
4.2.2	TESTES DE COMPRESSÃO AXIAL.....	30
4.2.3	MASSA ESPECÍFICA.....	31

4.2.4	METODOLOGIA DE MISTURA DA ARGAMASSA E CURA.....	31
<b>5.0</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
5.1	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA .....	33
5.2	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA.....	34
5.3	DOSAGEM DA ARGAMASSA .....	34
5.4	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 7 DIAS.....	35
5.5	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 28 DIAS.....	36
5.6	ABSORÇÃO DE ÁGUA AOS 7 DIAS .....	37
5.7	ABSORÇÃO DE ÁGUA AOS 28 DIAS .....	38
6.0	CONCLUSÃO.....	40
<b>7.0</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE A – TABELA COM VALORES OBTIDOS NOS ENSAIOS .....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXO A – NOTA FISCAL DE VENDA DE ESCÓRIA .....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXO B – DOCUMENTO AUXILIAR ORÇAMENTAL .....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A escória de alto forno é um coproduto proveniente do processo siderúrgico de produção do Ferro Gusa, que é o produto imediato da fabricação da redução do minério de ferro em alto forno. A escória é classificada como resíduo de classe II pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Grande parte dessa escória fica estocada nos pátios das grandes empresas, pois a reutilização desta tem poucos fins de aplicação.

A grande quantidade desse subproduto que é produzida no país impressiona. No Brasil, a cada tonelada de aço produzida pelas empresas tem-se a geração de 607 Kg de coproduto, conforme o Relatório de Sustentabilidade de 2018 do INSTITUTO AÇO BRASIL. Em 2017 se gerou 34,4 milhões de toneladas de aço bruto assim gerando aproximadamente 20,88 milhões de toneladas de escória, podendo dizer que quase toda sua totalidade foi vendida nos dois últimos anos (96% em 2016 e 92% em 2017), sendo assim 42% de escoria de alto forno (o que corresponde a 8,76 milhões de toneladas), sendo vendida diretamente para a produção de cimento (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2018).

A execução de um plano que aumente a aplicação da escória para outras finalidades, além da produção de cimento faz com que se eleve também a quantidade que a mesma é reutilizada, fazendo assim, possível o reuso de grande quantidade produzida no Brasil.

A produção de argamassa utilizando a escória granulada de alto forno, como agregado miúdo, torna-se sustentável e economicamente viável, tanto para quem a vende e não teria outros fins de utilização, deixando-a em estoque, quanto para quem está reaproveitando, reduzindo o uso de recursos naturais e os custos.

Tem-se, então, como objetivo primário, auxiliar o meio ambiente, as empresas produtoras deste coproduto e o construtor civil. Tal fato permite empregar parcialmente a escória granulada de alto forno como agregado miúdo na produção de argamassa.

Mediante as características do mercado e as considerações feitas acima, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar e fisicamente uma escória de alto forno para produção de argamassa, e para isso serão realizados os estudos e

análises da massa específica como agregado, levando em consideração se sua reutilização é um método sustentável para o meio ambiente.

Parti-se da hipótese de que ela não possui outros fins de aplicação, e da consideração de sua reutilização ser um método sustentável para o meio ambiente.

Na relevância desta pesquisa, espera-se contribuir diretamente para estudos e mudanças de estratégias que auxiliarão na fixação de conhecimento e, assim, aprimorar a instrução de utilização.

## 1.1 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo geral estudar o desempenho mecânico e físico de argamassas com escória de alto-forno como agregado miúdo.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar e comparar o custo da escória de alto-forno em relação ao agregado natural;
- Analisar a resistência à compressão da argamassa;
- Analisar possíveis aplicações da argamassa produzida com escória de alto-forno na construção civil.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A importância do tema trabalhado é estar utilizando um subproduto, no intuito de se desenvolver um produto final sustentável.

Uma vantagem é se reaproveitar um material que muitas vezes fica estocado em grandes quantidades pelas empresas, que o tem como parte de seu processo produtivo, outra é deixar de extrair um recurso não renovável da natureza, nesse caso a areia.

A escória de alto-forno também tem vantagem financeira em relação ao preço da areia, se obtidos resultados similares ou melhores do que a argamassa convencional.

Hoje em dia, todo processo criado para utilização de um determinado produto necessita de um plano sustentável, a fim de minimizar os impactos ambientais. Mas dentro de toda busca existem vários aspectos como custo, facilidade de compra ou aquisição, logística entre outros, que são levados em conta para a viabilidade deste produto.

O projeto, portanto, representa a sustentabilidade, composição, custeio, benefícios, vantagens e desvantagens do uso da escória na fabricação de argamassa. Análises durante a pesquisa e aplicações a uma coleção de dados, métodos e testes; visando a disseminação, tanto do tema, escória quanto dos conceitos estabelecidos até o momento sobre sua sustentabilidade.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ARGAMASSA

Segundo nos livros de BOLTSHAUER (1963) constam, que na Grécia, no período micênico (por volta de 2000 a.C.), a argila crua foi empregada em construções de taipa ou pau-a-pique, envolvendo as estruturas resistentes de madeira. Técnica idêntica foi utilizada pela arquitetura romana etrusca (séculos VII ao VI a.C), e também em construções egípcias modestas, de 1600 a 1100 a.C.

De acordo com WESTPHAL (2004), no Brasil a argamassa passou a ser utilizada no primeiro século para assentamento de alvenaria de pedra (largamente utilizada na época). Com isso, cal utilizada na argamassa era obtida através da queima de conchas e mariscos. Já o óleo de baleia era também muito utilizado como aglomerante.

Portanto, há mais de 2.000 anos, a argamassa vem sendo utilizada para assentamento e revestimento dos blocos de pedra que constituem as paredes das edificações.

#### 2.1.1 CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

A NBR 13529 (ABNT, 1995), define a argamassa para revestimento como sendo “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s)

inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Nesta mesma norma brasileira são definidos outros termos usuais envolvendo o revestimento executado à base de cimento e cal, ou ambos, quanto ao campo de sua aplicação.

Usualmente, utilizam-se para confecção de argamassas Cimento Portland CP II Z (com adição de material pozolânico) e o CP II F (com adição de material carbonático-filer).

## 2.2 AGREGADOS

Segundo BAUER, (1985), o estudo dos agregados do concreto deve ser realizado minuciosamente, uma vez que este elemento expressa cerca de 70% do concreto quanto a seu peso, além de se referir ao material menos homogêneo com que trabalhamos na produção de concretos e argamassas.

Conforme discorre Gabrich (2008) sobre o assunto, é importante que os agregados não reajam com o aglomerante e que sejam estáveis frente aos agentes que irão entrar em contato com o concreto.

Agregados miúdos são areias naturais quartzosas ou artificiais, resultantes do britamento de rochas estáveis. Possuem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,75mm, e os que ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1, de acordo com a norma da ABNT, NBR 7211:2005.

Os agregados são tradicionalmente tratados como materiais de enchimento dentro do concreto, pelo fato de não apresentarem reações químicas complexas quando entram em contato com a água, sendo considerados inertes.

Porém, esse tratamento secundário dado aos agregados se mostrou errôneo diante de descobertas acerca da influência que os agregados exercem na trabalhabilidade das misturas, resistência, estabilidade dimensional e durabilidade do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Ainda sobre os agregados, os mesmos podem ser qualificados como naturais ou artificiais (origem), leves, normais ou pesados (peso unitário), miúdo ou graúdo (dimensões). Em virtude do desempenho bastante diferenciado que cada tipo exerce

quando utilizado, esta última classificação é mais ponderada na produção do concreto.

### 2.2.1 CIMENTO

Segundo Arnaldo Forti Battagin, gerente do laboratório da Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP), a palavra cimento é originada do latim *caementu*, que designava na velha Roma espécie de pedra natural de rochedos e não esquadrejada.

Segundo o mesmo Arnaldo Forti Battagin, a origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos, como é visto nos imponentes monumentos do Egito antigo que já utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado.

Segundo o mesmo Arnaldo Forti Battagin, as grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram construídas com o uso de solos de origem vulcânica da ilha grega de Santorino ou das proximidades da cidade italiana de Pozzuoli, que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água.

Segundo o mesmo Arnaldo Forti Battagin, o grande passo no desenvolvimento do cimento foi dado em 1756 pelo inglês John Smeaton, que conseguiu obter um produto de alta resistência por meio de calcinação de calcários moles e argilosos.

Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes aos de Smeaton, pela mistura de componentes argilosos e calcários, ele é considerado o inventor do cimento artificial.

Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino, o mesmo percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções, tal mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, recebendo esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland.

De acordo com NBR 11578:(ABNT,1991), os principais elementos que compõem o cimento Portland são a cal (CaO), a sílica (SiO<sub>2</sub>), e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), o óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), uma proporção de magnésia (MgO) e pequena porcentagem

de anidrido sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ), que é acrescentado após a calcinação com o intuito de retardar o tempo de pega do mesmo.

#### 2.2.1.1 TIPOS DE CIMENTO

Hoje em dia existe no Brasil uma grande variedade de cimento no mercado. Ao todo são onze tipos comercializados que têm suas características e propriedades diferentes uns dos outros, onde os mesmos possam ser aplicados em determinadas aplicações diferentes, que estão relacionadas às adições que são feitas durante o processo de fabricação do mesmo.

A Tabela 1, abaixo, cita os nomes de onze tipos de cimento do mercado e suas características principais:

Tabela 1 - Tipos de cimento

<b>TIPOS DE CIMENTO</b>	<b>NOMES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
CP I	Cimento Portland comum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo mais comum disponível;</li> <li>• Possui adição de gesso, que trabalha como retardador de pega;</li> <li>• Utilizado comumente em construções em geral;</li> <li>• Possui alto custo e menor resistência.</li> </ul>
CP I-S	Cimento Portland comum com adição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basicamente tem a mesma composição do CP I, comum, porém com um pouco de material pozolânico;</li> <li>• Menor permeabilidade.</li> </ul>
CP II-E	Cimento Portland com adição de escória de alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contem adição de escória granulada de alto forno;</li> <li>• A adição confere ao cimento um menor calor moderadamente lento;</li> </ul>

	forno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendado para estruturas que necessitam de desprendimento de calor de hidratação.</li> </ul>
CP II-Z	Cimento Portland com adição de material pozolânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzido com adição de pozolona;</li> <li>• Menor permeabilidade;</li> <li>• Ideal para obras subterrâneas e/ou contato com água.</li> </ul>
CP II-F	Cimento Portland com adição de material carbonático – fíler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui entre 6% a 10% de material carbonático em sua composição;</li> <li>• Utilizado comumente em concretos simples, armado, protendido, pisos e etc.</li> </ul>
CP III	Cimento Portland de alto forno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui uma adição de escória maior que o CP II</li> <li>• Pode chegar a 70% adição de escória;</li> <li>• Alta impermeabilidade e durabilidade;</li> <li>• Baixo calor de hidratação;</li> <li>• Alta resistência a expansão e à sulfatos.</li> </ul>
CP IV	Cimento Portland pozolânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui entre 15% e 50% de material pozolânico;</li> <li>• Alta durabilidade e impermeabilidade;</li> <li>• Proporciona estabilidade em ambientes de ataque de ácidos.</li> </ul>
CP V	Cimento Portland com alta resistência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é fabricado com adições;</li> <li>• O processo de dosagem do clínquer e sua fabricação que confere uma</li> </ul>

	inicial	<p>alta reatividade com poucas horas da sua aplicação;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atinge resistências maiores que os cimentos convencionais;</li> <li>• Utiliza-se uma moagem mais fina.</li> </ul>
RS	Cimento Portland resistência a sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a sulfatos e enquadrado em exigências específicas;</li> <li>• Muito utilizado em esgotos e em construções em contato com a água do mar.</li> </ul>
BC	Cimento Portland com baixo calor de hidratação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tem a propriedade de retardar o desprendimento do calor de hidratação em grandes peças;</li> <li>• Evita o surgimento de fissuras de origem térmica.</li> </ul>
CPB	Cimento Portland branco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tem como característica a cor branca.</li> <li>• Baixo teor de manganês e ferro;</li> <li>• Utiliza caulim no lugar da argila.</li> </ul>

Fonte: Hometeka, 2014

### 2.2.2 CAL

Segundo Guimarães (2002), o homem conheceu a cal provavelmente nos primórdios da idade da pedra (período paleolítico), ao final do pliocênico. Ainda, segundo o autor, por volta de 3000 a.C. foram achadas ruínas cujo solo argiloso foi estabilizado com cal para a construção da pirâmide de Shersi, na região de Tibet.

Análises feitas nos materiais utilizados na vedação das câmaras da pirâmide de Quéops (2614-2591 a.C.) e nas juntas dos blocos de calcário e granito da pirâmide de Quéfrem (2590-2568 a.C.) revelaram a presença da cal.

Os calcários e os dolomitos quando calcinados à temperatura próxima de 1000°C, produzem a cal virgem, pela perda de parte dos seus constituintes (anidrido carbônico – CO<sub>2</sub>).

A NBR 7175 (ABNT, 2003) destaca que a cal é um pó seco obtido pela hidratação adequada da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésios, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Dentre todos os produtos de origem mineral, a cal tem muitas aplicações, tais como: Na construção civil, na indústria, nos serviços públicos, na proteção do meio ambiente, nas comunicações, nos lares, nos escritórios, e também na obtenção de outros materiais.

### 2.2.3 ÁGUA

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água pode ser detectada em distintos estados. Não apenas em vapor nos poros vazios não tomados ou gradualmente preenchidos, há água na composição da pasta de cimento hidratada nos seguintes estados:

Água adsorvida, presente próxima à superfície do agregado, maleável quanto as forças de atração dos sólidos da pasta de cimento hidratada. A perda desta água acarreta a retração da pasta de cimento.

Água inter lamelar, integrada com a estrutura do silicato de cálcio hidratado (C-S-H), esta é produzida a partir da hidratação do cimento Portland e apresenta grande influência sobre as propriedades físicas e mecânicas dos materiais cimentícios.

Água quimicamente combinada, é aquela encontrada na estrutura de diversos produtos hidratados do cimento. A norma NBR 15900 (ABNT, 2009) prescreve que a água utilizada na produção de concretos e argamassas não deve conter substâncias que alterem as propriedades químicas e físicas desses materiais, como a hidratação do cimento, resistência, ou alteração na pega.

Contudo, conforme visto, a água utilizada deve ser potável, como à de próprio consumo humano. Nisso a mesma não deve interferir na mistura de argamassa ou concreto, fazendo com que sofram alterações que tragam resultados indesejados.

#### 2.2.4 ADITIVOS

O emprego de aditivos em concretos e argamassas é tão antigo quanto o próprio cimento ou de outros aglomerantes hidráulicos. Os romanos adicionavam clara de ovo, sangue, banha ou leite aos concretos e argamassas rudimentares utilizados em suas construções para melhorar a trabalhabilidade das misturas (ABCP, 2002).

A norma NBR 12655, (ABNT,2006) define aditivos como material adicionado durante o processo de mistura do concreto em pequenas quantidades (geralmente inferior a 5%) proporcional à massa de cimento para modificar as propriedades do concreto fresco ou endurecido, adequando o a determinadas condições.

Mehta e Monteiro (1994) afirmam que o emprego de aditivos na produção de concretos, pastas e argamassas cresceu, expressivamente, em escala mundial, e cerca de 70 a 80% de todo o concreto produzido contenha um ou mais aditivos.

O emprego do aditivo, então, está diretamente relacionado a algum desejo específico que faz, determinar o tipo e quantidade que será utilizado durante a fabricação de argamassas ou concreto.

#### 2.2.5 AREIA

Segundo Silva (2006), areia é composta por rochas e minerais, principalmente pôr quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), mas dependendo da composição da rocha da qual é originária, pode agregar outros minerais como: feldspato, mica, zircão, magnetita, ilmenita, mônazita, cassiterita, em algumas regiões do território nacional não se encontra mais areia natural, como alternativa passou-se a utilizar a areia artificial que é produzida a partir da britagem de rochas, esta areia possui grãos mais alongados e está livre de impurezas orgânicas, por este motivo novos estudos surgem sobre este agregado avaliando suas propriedades quando utilizado em concretos e argamassas.

Visto isso, a demanda por novos meios de fabricação para concretos tem sido incorporado no mercado. E preferencialmente à busca por materiais que podem ser reciclados, ao invés de extrair recursos naturais, estão muito em alta hoje em dia devido à preocupação com a sustentabilidade.

Na utilização da areia nas obras de engenharia civil, aterros, execução de argamassas, concreto e também na fabricação de vidros, a granulometria é dada por areia fina (entre 0,06 mm e 0,2 mm), areia média (entre 0,2 mm e 0,6 mm), areia grossa (entre 0,6 mm e 2,0 mm), de acordo com a NBR 7211 (ABNT,2009).

### 2.2.6 ESCÓRIAS DE ALTO-FORNO

As escórias se formam pela fusão das impurezas do minério de ferro, juntamente com a adição de fundentes (calcário e dolomita) e as cinzas do coque. A escória fundida é uma massa que, por sua insolubilidade e menor densidade, sobrenada no ferro gusa e é conduzida por canais, até o lugar de resfriamento. (ARCELLOR MITTAL, 2015)

A escória de alto forno tem um grande potencial de utilização como agregado para argamassas e concretos, por apresentar heterogeneidade como característica de subproduto, ela pode ser moída e utilizada como agregado leve e demonstra ser viável. (ARRIVABENI *et al.*, 2007).

Conforme relata Silva, (2006), há uma variação química dos componentes da escória granulada de alto forno, e essa variação é relativamente pequena. Dentre esses elementos há os que existem em maiores quantidades como o cálcio (Ca), silício (Si), alumínio (Al) e magnésio (Mg), também tem os elementos que fazem parte das propriedades em quantidades menores como óxido de ferro (FeO), óxido de magnésio (MnO), dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), enxofre (S), dentre outros.

A Tabela 2 demonstra a distribuição desses valores que são mais relevantes em sua composição:

Tabela 2 - Distribuição química da escória.

CaO	41,60%
SiO <sub>2</sub>	33,65%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,42%
MgO	7,95%
TiO	0,73%
FeO	0,45%

Fonte: Arcelor Mittal tubarão, 2015

#### 2.2.6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESCÓRIAS DE ALTO-FORNO

Almeida (2009) classifica as escórias de alto-forno de acordo com a forma de resfriamento em:

- Escória de alto-forno resfriada ao ar ou bruta: é resfriada lentamente num poço ao ar livre, ocorrendo à cristalização do material, sendo aproveitada depois de britada e classificada para agregado graúdo em concretos, usada base na pavimentação, lastro de via férrea e cobertura de solo, funcionando como adubo para aprimora as condições de solo.
- Escória de alto-forno granulada: é formada pelo resfriamento rápido da escória líquida numa estrutura química vitrificada, utilizando jatos de água em alta pressão lançados diretamente na saída da escória fundida, nesse processo não ocorre à cristalização do material, possibilitando o seu uso na produção de cimentos ou como agregado miúdo em concretos.
- Escória de alto-forno expandida: obtida pelo rápido vazamento da escória fundida em poços de paredes inclinadas, molhadas no fundo, que permite que o vapor penetre na escória quando líquida.

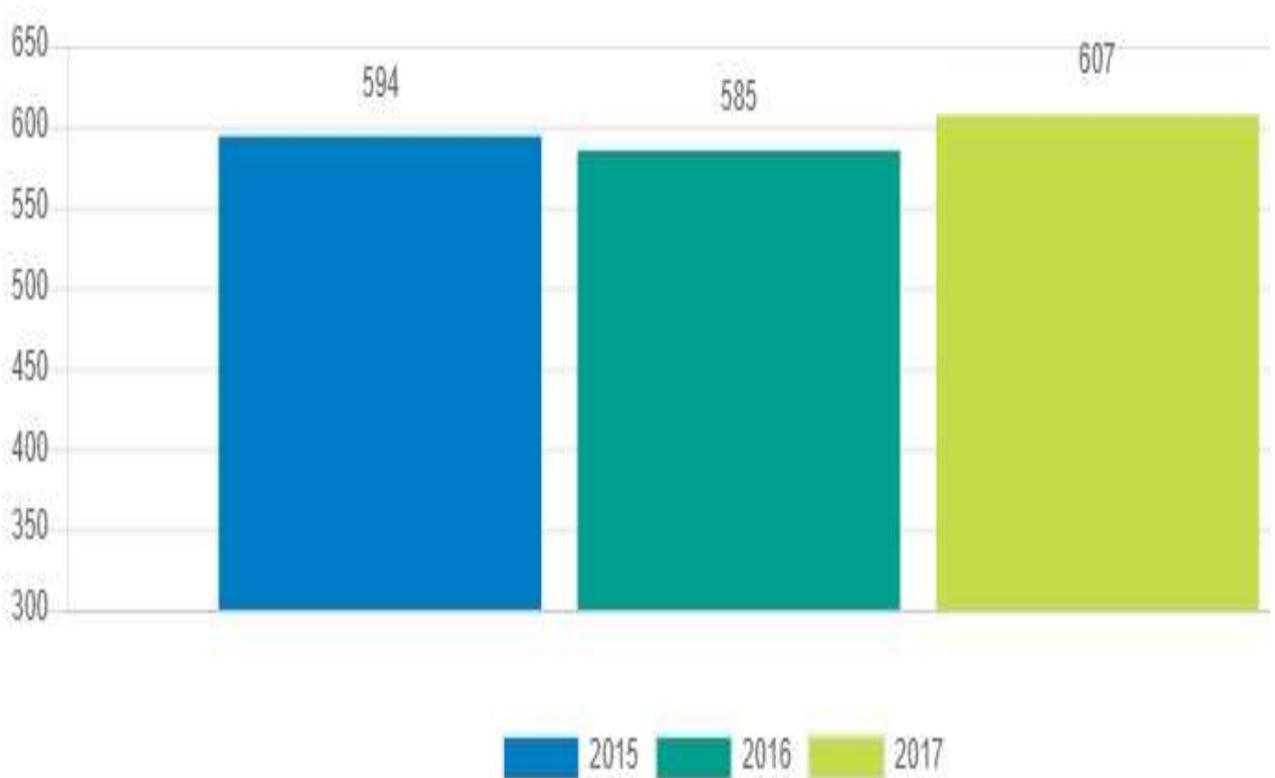
Conforme BAUER (2008), a escória expandida poderá ser utilizada como agregado graúdo e miúdo no preparo de concretos leves em peças isolantes

térmicas e acústicas, e também em concretos estruturais, com resistência aos 28 dias da ordem de 8-20 MPa.

#### 2.2.6.2 GERAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO E ACIARIA

Segundo o Relatório de Sustentabilidade 2018 do Instituto Aço Brasil, em 2017, a geração de resíduos e coprodutos diretos foi um pouco maior do que no ano anterior. Cada tonelada de aço produzido pelas empresas associadas gerou 607kg, como na Figura 1.

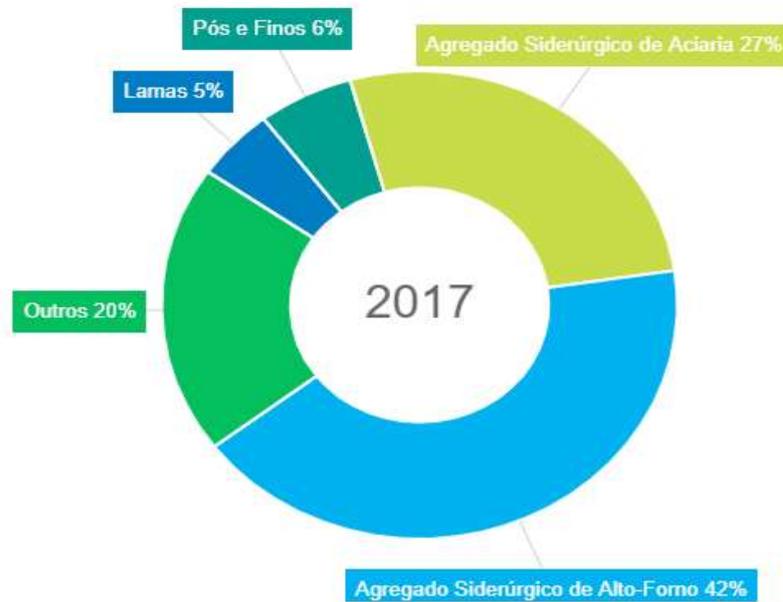
Figura 1 - Geração específica de coprodutos e resíduos (kg/t aço bruto).



Fonte: Instituto Aço Brasil (2017).

A geração de agregado siderúrgico de alto-forno representou 42% do volume total, e a de escória de aciaria, 27%. O restante foram os finos, pós, lamas e outros, resultantes dos processos e sistemas de tratamento existentes. Desse total, foi reaproveitado 86% em 2017, como na Figura 2.

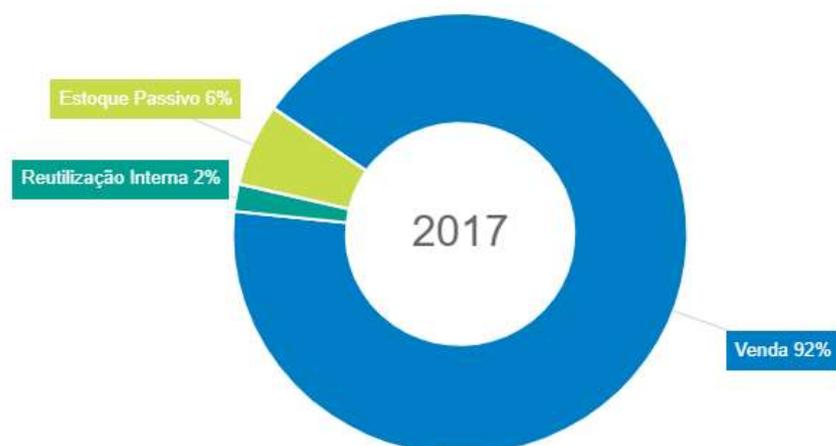
Figura 2 - Geração de resíduos siderúrgicos e reaproveitamento.



Fonte: Instituto Aço Brasil (2017).

Os agregados siderúrgicos de alto-forno em sua quase totalidade foram vendidos 92% em 2017, especialmente para a produção de cimento (99%), como na Figura 3.

Figura 3 - Destinação dos agregados siderúrgicos de alto-forno.



Fonte: Instituto Aço Brasil, (2017).

No caso das escórias de aciaria, foi vendido 36% em 2017 e reutilizados internamente, 23%, respectivamente. A sua principal aplicação de 50% em 2017 foi como base para a pavimentação de vias e estradas, como na Figura 4:

Figura 4 - Destinação dos agregados siderúrgicos de aciaria.



Fonte: Instituto Aço Brasil (2017).

### 2.2.6.3 UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS INTER TRAVADOS

Segundo o Relatório de Sustentabilidade do Instituto Aço Brasil, em Minas Gerais, a iniciativa de produzir blocos Inter travados a partir de coprodutos gerados no processo do aço, onde suas propriedades permiti substituir porcentagem da areia, pó de brita e brita na fabricação dos blocos, veio a utilizar o coproduto.

O produto final é uma parceria entre a siderurgia, a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG) e uma empresa sediada no Vale do Aço de construção.

Nesses 10 meses de pesquisas e testes alcançaram a mistura ideal entre os agregados e as demais matérias-primas com a resistência mecânica nos primeiros blocos fabricados de 35 Mpa onde possibilita a aplicação para o transito de pessoas e trafego de carros de passeio.

A empresa de aço continua ainda pesquisando e realizando teste conjuntamente com Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG) para obter

um produto de resistência na ordem de 50 Mpa para suportar tráfego de veículos pesados como ônibus e caminhões, para desenvolver outros produtos como manilhas, mourões, muros, boca de lobo, entre outros.

O projeto piloto é na cidade de Ipatinga (MG), no estacionamento do hospital Márcio Cunha, totalizando 4 mil m<sup>2</sup> e outros 300 m<sup>2</sup> no canteiro central da Avenida 5 da siderurgia entre o gasômetro e a portaria central.

Além de ser uma opção econômica e de qualidade para o consumidor, o bloco traz uma série de outros benefícios ambientais e econômicos. O uso do agregado siderúrgico substitui recursos naturais finitos, reduzindo a necessidade de extração da natureza. Soma-se, ainda, a redução do volume de agregado siderúrgico enviado para aterros ou depósito e a permeabilidade do material, o que possibilita a infiltração da chuva no solo. Do ponto de vista econômico, a fabricação e comercialização dos blocos abre uma nova frente de negócios na região.

#### 2.2.6.4 UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA NA PRODUÇÃO DE CIMENTO PORTLAND

A análise do poder aglomerante da escória de alto forno vem do século XIX (1865), quando na Alemanha produziu o primeiro aglomerante hidráulico de escória ativada por cal.

O subproduto precisa ser moído para funcionar como aglomerante e receber adição de substâncias ativadoras, dentre as quais: a cal hidratada (hidróxido de cálcio), a soda (hidróxido de sódio), a gipsita (sulfato de cálcico dihidratado) e outros (MARQUES e TANGO, 1994).

O primeiro cimento Portland de alto forno fabricado no Brasil foi em 1952, pela Cimento Tupi S.A, em Volta Redonda, normalizado pela NBR 5735 (ABNT, 1980), mas somente em 1977, foi aceito a adição de até 10% de escória no cimento Portland comum através da norma NBR 5732 (ABNT, 1991), antiga EB-1, e em 1991 foi normalizado o cimento Portland de alto-forno (ALMEIDA,2009).

Hoje, está consagrada, mundialmente, a utilização da escória de alto-forno como adição ou como constituinte principal ao cimento Portland, devido às

vantagens proporcionadas como à economia de energia devido à redução do calor de formação do clínquer, baixo custo por se tratar de um resíduo siderúrgico industrial, diminuição da formação de gases, especialmente o CO<sub>2</sub>, este nocivo à atmosfera e pelas propriedades específicas comparadas ao cimento Portland comum (ALMEIDA, 2009).

Os cimentos nacionais comercializados que possuem adição de escória de alto forno são o CP II - E (cimento Portland composto) e CP III (cimento Portland de alto forno), o primeiro possui adição de 6 a 34% de escória e o segundo de 35 a 70% (SCHNEIDER, 2005).

A escória granulada de alto forno, está bem difundida no processo de fabricação do cimento. E há varias empregabilidade do CP II–E e CP III que faz com estes tenham melhores resultados aos que contenham outros tipos de adições.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 DELINEAMENTO DE PESQUISA E OBJETIVO**

A proposta do estudo seguinte é uma pesquisa quantitativa, abordada de modo que sejam feitos levantamentos bibliográficos, estudos e análises de experimentos.

Os métodos serão propostas dedutivas, que através das hipóteses existentes levaram a conclusão das teorias.

Para Prodanov e Freitas (2013), explica que quando a pesquisa está na fase inicial, o caráter exploratório tem como propósito proporcionar mais informações sobre o assunto que será pesquisado.

Ainda segundo Prodanov (2013) “Pesquisa exploratória é quando a pesquisa se encontra na fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa.

Visto isso, os objetivos que se deseja executar, são pesquisas de forma flexíveis, a fim de obter maior conhecimento sobre o uso da escória granulada de alto-forno à carvão vegetal na construção civil.

Posteriormente se utilizará de procedimento experimentais para trazer respostas, pois visa uma busca por fatores que proporcionarão dar continuidade a pesquisa com mais detalhes.

Sendo uma pesquisa de natureza básica, o seguinte trabalho abordará a utilização de um subproduto (escória granulada de alto-forno), que pode ser reutilizado na construção civil.

Como este elemento já é utilizado no mercado substituindo outros materiais, a busca visa ampliar essa gama ainda mais.

O objetivo da análise busca verificar, a resistência mecânica, compressão axial da argamassa, utilizando escória granulada de alto-forno como agregado miúdo.

Como fator principal a amostra com escória deverá apresentar resistência a compressão, igual ou superior aos testes a serem feitos utilizando apenas areia média seca, sendo analisado ao final dos 7 e 28 dias de cura.

A mistura será confeccionada manual para obter uma boa homogeneidade, terá traço 1:4, com fator de água/cimento próximo à 0,8.

## **4. MATERIAIS E MÉTODO**

### **4.1 MATERIAIS**

#### **4.1.1 AREIA MÉDIA**

A areia utilizada no trabalho será proveniente da Faculdade Doctum de João Monlevade, onde a mesma será analisada quanto às propriedades físicas, e verificada de maneira que seja livre de impurezas e seca como descrito na NBR NM 7211 (ABNT, 2009).

#### **4.1.2 ESCÓRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO**

A escória foi adquirida por doação da Gerdau Aços Longos SA, onde a mesma ainda se encontrava saturada, com algumas horas desde que havia sido resultante do processo de fabricação do ferro gusa do alto forno da empresa.

#### 4.1.3 ÁGUA

A água utilizada na dosagem da argamassa será proveniente da empresa de distribuição de água de João Monlevade, se obterá por meio da rede de distribuição da ETA, atendendo aos critérios da NBR 15900 (ABNT, 2009) descrita como (água para amassamento do concreto), sendo potável e podendo ser consumida pelo ser humano.

#### 4.1.4 CIMENTO

O cimento que utilizaremos é o CP IV-32 RS Cimento Portland de resistência a sulfatos da empresa LIZ, o ideal para ambientes agressivos como piso, argamassas, concreto, esgotos, entre outros.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 PRODUÇÃO DA ARGAMASSA

A argamassa será fabricada no laboratório de Engenharia Civil da Faculdade DOCTUM de João Monlevade, onde serão utilizados os materiais que necessitem para produzir a mistura no local, acompanhando a NBR 13279 (ABNT, 2005), argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos, assim podendo determinando a resistência à compressão da argamassa.

A princípio será preparada a aparelhagem dos moldes metálicos prismáticos, conforme Figura 5, seguido por moldar os corpos de prova de 5 cm por 10 cm, primeiramente somente de areia média, cimento e água, para que ao final se possa ter o embasamento necessário, à título de comparação com as amostras que contenham escória. Após essa etapa, novamente consistirá no preparo de novos moldes, dessa vez com escória granulada de alto forno ( $2200 \text{ kg/m}^3$ ), e areia média seca ( $1500 \text{ kg/m}^3$ ), utilizando como base os valores de peso específico de cada componente.

Figura 5: Molde metálico prismático



Fonte: Autores, 2019.

#### 4.2.2 TESTES DE COMPRESSÃO AXIAL

Os testes de compressão serão feitos na prensa da Faculdade DOCTUM de João Monlevade, conforme NBR 13279 (ABNT, 2005) e demonstrado na Figura 6, com intervalos entre o rompimento de uma amostra e outra que será sete dias, e vinte e oito dias com atraso máximo de uma hora para o primeiro rompimento e duas horas para as demais amostras, para analisar o aumento gradativo da resistência à compressão da argamassa.

Figura 6: Prensa Hidráulica



Fonte: Autores, 2019.

#### 4.2.3 MASSA ESPECÍFICA

Segundo a NBR 9776 (ABNT, 1988), é determinada a massa específica do agregado miúdo pelo frasco Chapman, conforme a Figura 7.

Nota-se que o ensaio das amostras obteve resultado similares de determinação de massa específica, pelo resultado então pode se dizer que a massa específica da escória é maior em comparação à areia.

Figura 7: Frasco Chapman



Fonte: Autores, 2019.

#### 4.2.4 METODOLOGIA DE MISTURA DA ARGAMASSA E CURA

Conforme a NBR 13276 (ABNT, 2002), a dosagem da argamassa diretamente em obra tem sua base o cimento que é definido proporcionalmente pelo usuário, onde se mistura em baixa velocidade por 90 segundos, após a mistura deixar em

repouso por 15 minutos e só após espátula por 30 segundos para a homogeneização.

Tabela 3: Sigla das Argamassa fabricadas

<b>Traço fabricado</b>	<b>Sigla</b>
Argamassa Referência com 100% de Areia	100% ARA
Argamassa com 25% de Escória	25% AE
Argamassa com 50% de Escória	50% AE
Argamassa com 100% de Escória	100% AE

Fonte: Autores, 2019.

O adensamento da argamassa, utilizado método manual auxiliado por uma pá de jardinagem do próprio laboratório da faculdade, após 24 horas os corpos-de-prova foram desmoldados e identificados, em seguida foram imersos em um caixote de 150 litros com água até completar 28 dias, idade de ensaio final para que fosse realizado os demais ensaios, conforme a Figura 8.

Figura 8. Método de Cura



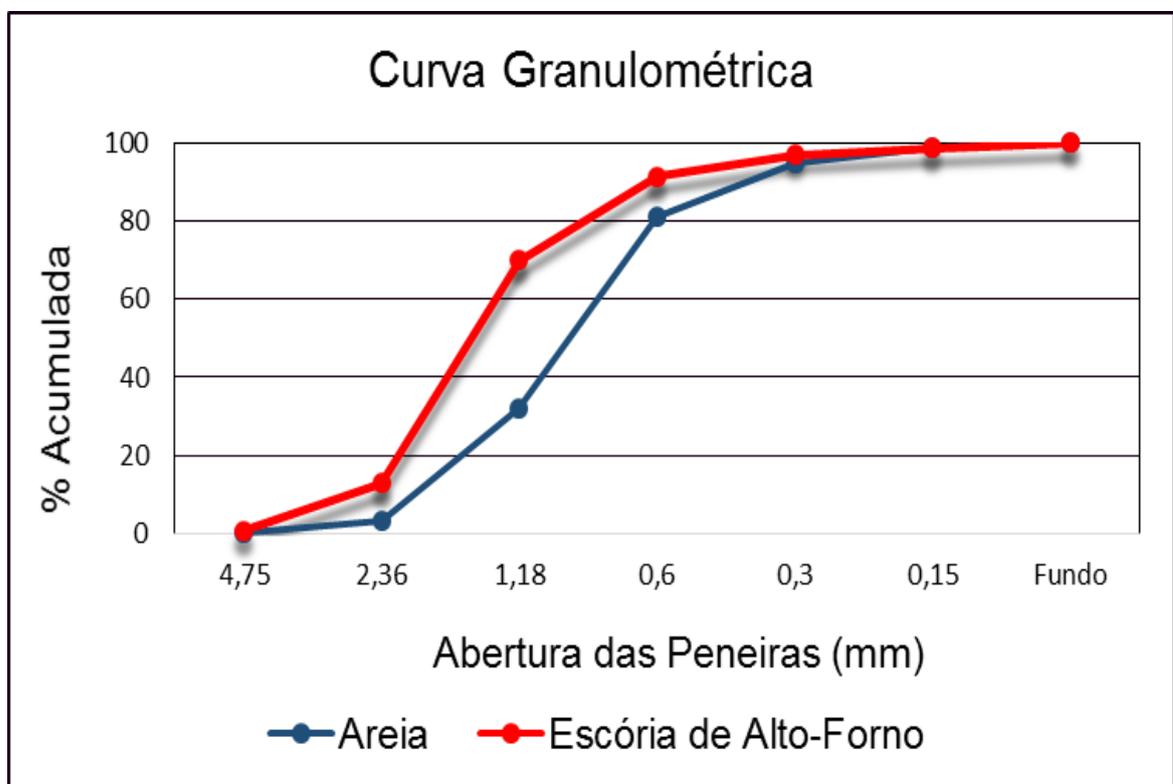
Fonte: Autores, 2019.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 COMPOSIÇÕES GRANULOMÉTRICA

Conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2001), que é de determinar a granulometria dos grãos e dar a porcentagens dos mesmos retidos em cada peneira conforme se mostra na Figura 9.

Figura 9: Curva Granulométrica



Fonte: Autores, 2019.

O ensaio foi realizado a partir da separação dos materiais secos em estufa por 24 horas a 105°C, estufa da Rede de Ensino Doctum, foi feito a separação dos mesmos com o peso de 3000 gramas de cada, a partir do peneiramento chegamos a apresentação da porcentagem média retido dos agregados miúdos, pode se notar que a maior parte retida de agregado miúdo tanto da Areia como da Escória de Alto-Forno, tem a maior parte retida nas peneiras 1,18 mm e na 0,6 mm, onde pode ser dito que a argamassa terá uma maior quantidade granulométrica de ambos materiais nas dimensões das peneiras citadas.

## 5.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

Nota-se que o ensaio das amostras tem o resultado similares de determinação de massa específica tanto Areia como a Escória de Alto-Forno pelos resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Determinação da massa específica

<b>Massa específica da Areia (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa específica da Escória de Alto-Forno(g/cm<sup>3</sup>)</b>
2,638	2,793

Fonte: Autores, 2019.

É possível verificar através dos resultados apresentados, que a massa específica da Escória é maior que da Areia, calculo  $(2,793 - 2,638)$  aproximadamente  $0,155$  (g/cm<sup>3</sup>), de massa específica, cerca de 5,5% a mais.

## 5.3 DOSAGEM DA ARGAMASSA

No processo de dosagem foi realizada discussão de melhor forma de produção, e através da produção própria da argamassa, foram feitos acréscimos de quantidade de água para que se chegasse a um ponto, onde a argamassa obtivesse uma boa trabalhabilidade para poder ser introduzida aos moldes de forma adequada para que não tenha perdas.

Na tabela 5 estão representados o traço determinado, e o fator água/cimento adotados.

Tabela 5: Dosagem da Argamassa

	<b>Cimento</b>	<b>Areia</b>	<b>Água</b>
<b>Traço</b>	1	4	0,8

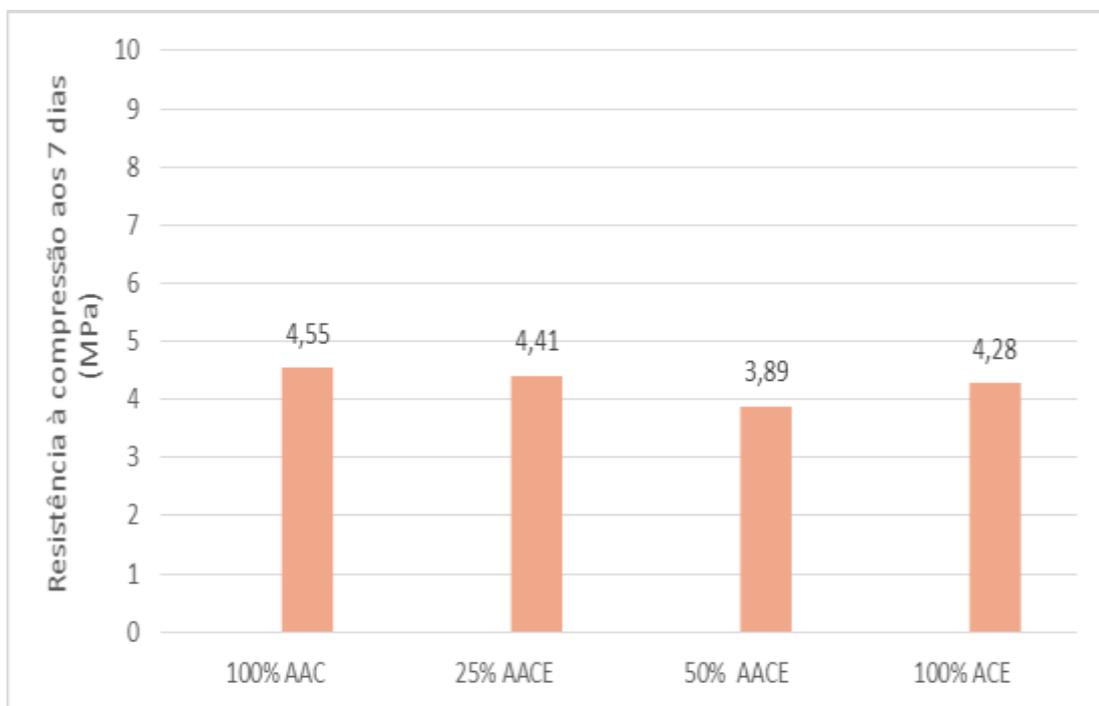
Fonte: Autores, 2019.

#### 5.4 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 7 DIAS

A seguir estarão os resultados obtidos nos ensaios de compressão, a partir dos mesmos será possível fazer as análises e comparações entre os valores alcançados para areia natural, e os valores alcançados para escória de alto-forno.

A Figura 10 apresenta a resistência alcançada no rompimento dos corpos de prova aos 7 dias de cura.

Figura 10: Resistência a compressão aos 7 dias



Fonte: Autores, 2019.

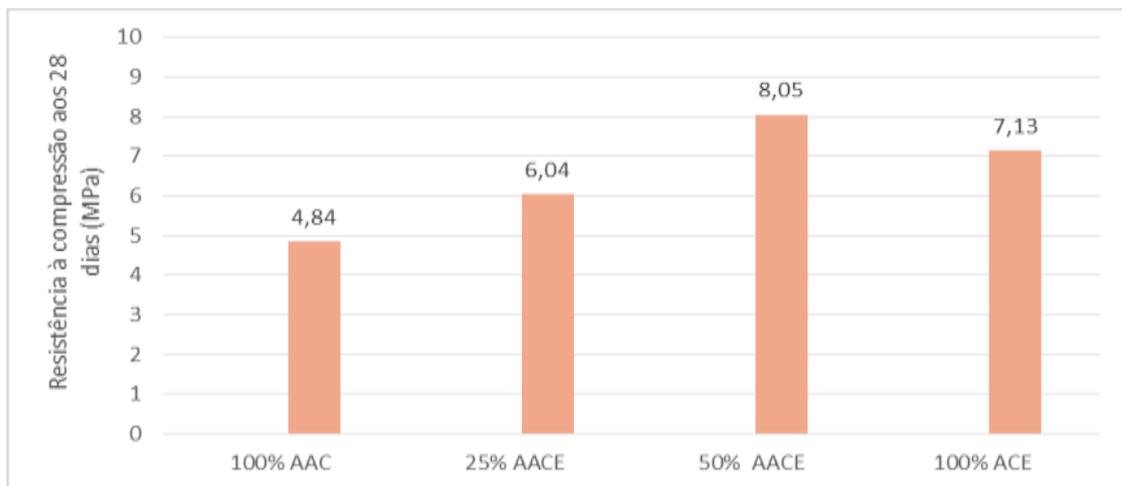
A partir dos resultados de resistência à compressão aos 7 dias podemos dizer que os valores das amostras de argamassa foram aproximados, não sendo superiores a amostra de argamassa de 100% AAC (água, cem por cento areia e cimento) que foi de 4,55 MPa que é a nossa referência de partida para o desenvolvimento das amostras de argamassa aos 7 dias, onde o que mais se aproximou da referência foi a amostra de argamassa de 25% AACE (água, setenta e cinco por cento areia, cimento e escória de alto-forno) com o valor de 4,41 MPa, seguido pela amostra de argamassa 100% ACE (água, cimento e cem por cento

escória de alto-forno) que obteve o valor de 4,28 Mpa, onde a amostra de argamassa 50% AACE (água, cinquenta por cento areia, cimento de escória de alto-forno) teve o menor resultado de análise que foi 3,89 Mpa, portanto pode afirmar que nenhuma das amostras de argamassa teve o resultado superior a argamassa de referência.

## 5.5 RESISTÊNCIAS A COMPRESSÃO AOS 28 DIAS

A Figura 11 apresenta os resultados dos testes de compressão aos 28 dias de cura, que trazem valores desejados e alcançados que eram objetivos do trabalho proposto, nos quais podem ser verificados os valores máximos de resistência a compressão dos corpos de prova.

Figura 11: Resistência a compressão aos 28 dias



Fonte: Autores, 2019.

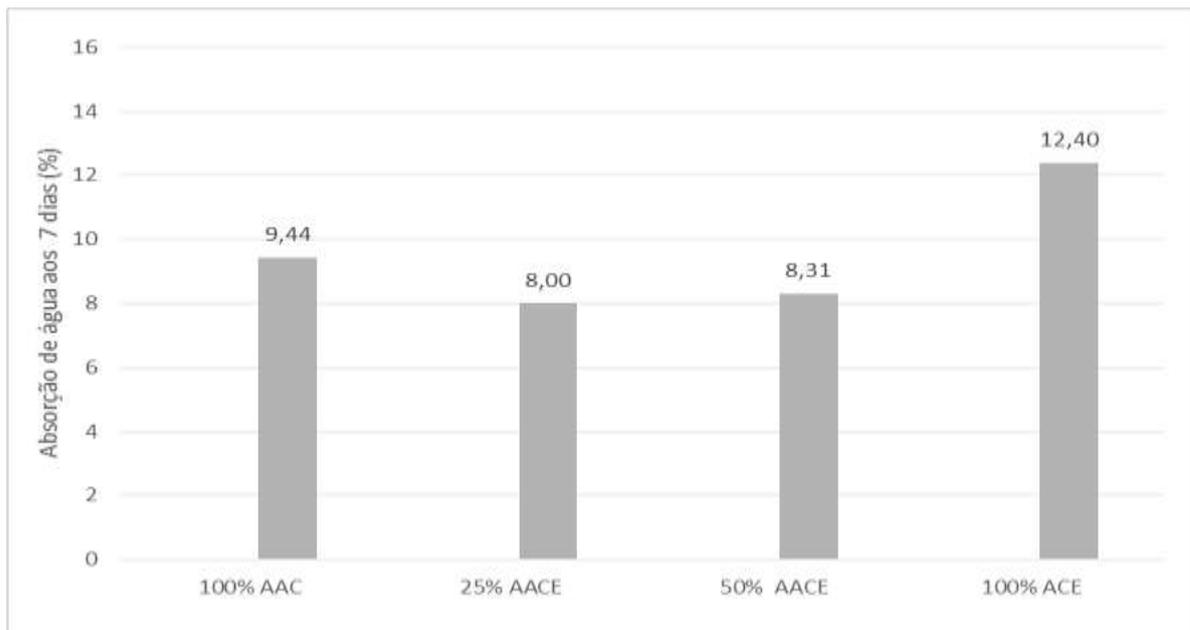
As análises dos resultados de resistência à compressão aos 28 dias nos mostra ganhos de resistência melhores do que de 7 dias, como a amostra de argamassa de 50% AACE que chegou 8,05 Mpa sendo o mais resistente obtendo um ganho de 4,16 Mpa através do cálculo da (figura 11 de 50% AACE – a figura 10 de 50% de AACE), ou seja, aproximados 52% que superou a sua resistência aos 7 dias, totalmente contrário quando se comparados, assim tendo ganho de resistência a amostra de argamassa de 100% ACE que se obteve um ganho de 2,85 Mpa, através do cálculo da ( figura 11 de 100% ACE – a figura 10 de 100% ACE) assim

tendo um ganho de 1,63 Mpa como mostra no cálculo da (figura 11 de 25% AACE – a figura 10 de 25%AACE), e por menor ganho que seja a amostra de argamassa de 100% AAC que teve um ganho de 0,29 Mpa que se mostra que houve ganho de resistência em todas as amostras de argamassa, assim é possível afirmar que todos os resultados aos 28 dias com adição de escória granulada de alto-forno teve desempenhos superiores à argamassa de referência de 100% AAC.

## 5.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA AOS 7 DIAS

A Figura 12 apresenta a obtenção dos percentuais de absorção de água durante os 7 dias submersos, que os corpos de prova ficaram.

Figura 12: Absorção de água aos 7



Fonte: Autores, 2019.

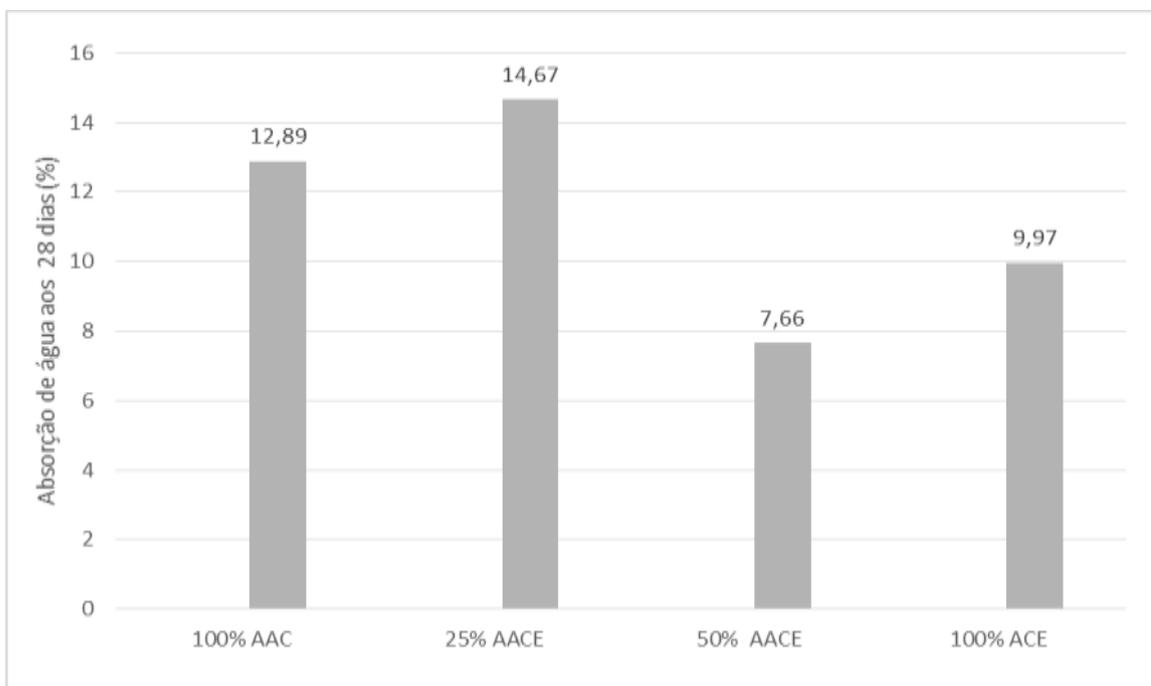
A absorção maior se é apresentada na amostra de argamassa de 100% ACE que foi de 12,40%, onde podemos dizer que há um número maior de vazios entre os componentes de produção, podemos dizer que o percentual de 9,44 da amostra de argamassa de 100% AAC teve um percentual aproximado das demais, já a argamassa de 50% AACE teve o percentual de 8,31% de absorção que foi aproximado da argamassa de 25% AACE é de 8,0% que foi o melhor percentual de

absorção de água, verificado assim que há um número menor de vazios inicialmente.

### 5.7 ABSORÇÃO DE ÁGUA AOS 28 DIAS

A Figura 13 apresenta os resultados dos 28 dias que os corpos de prova ficaram imersos na água e a partir dos mesmos podem se tirar conclusões e verificar qual dosagem e composição absorveram mais água.

Figura 13: Absorção de água aos 28 dias



Fonte: Autores, 2019.

Durante as análises de absorção de água aos 28 dias, pode-se ver que houve grande alterações se comparados com a absorção de água aos 7 dias, onde que a argamassa de 25% AACE, tem o percentual de 14,67% que aumentou 6,67% de absorção de água conforme o cálculo da (Figura 13 de 25% AACE - Figura 10 de 25% AACE), seguido pela argamassa de 100% AAC que teve aumento de 3,35% de absorção de água, conforme o cálculo da (Figura 13 de 100% AAC - Figura 12 de 100% AAC). Aos 28 dias a argamassa de 50% AACE ao contrário das anteriores teve redução de -0,65% de água conforme o cálculo da (Figura 12 de 50% AACE -

Figura 13 de 50% AACE) mantendo se similar aos 7 dias, já a argamassa de 100% ACE houve um percentual menor de redução e mais significativo do que as demais conforme o cálculo da (Figura 12 de 100% ACE – Figura 13 de 100% ACE) que é de - 2,43% de absorção de água a menos, por meio desses dados, nota-se que aos 28 dias a argamassa de 100% ACE tem o melhor percentual de redução à absorção de água.

## 6.0 CONCLUSÃO

No trabalho apresentado foi possível verificar e analisar alguns ensaios, nos quais a argamassa fabricada com escória e areia em diferentes quantidades, e somente a escória granulada teve objetivos satisfatórios, uma vez que todas as amostras no ensaio de compressão rompidos aos 28 dias de cura nas quais continham 25%, 50% e 100% de escória granulada como agregado miúdo, obtiveram resultados superiores comparados aos corpos de prova de argamassa fabricada contendo somente areia.

Dessa forma, a partir dos experimentos realizados, é possível concluir que:

- Após todas as análises realizadas, infere-se que é possível e viável utilizar escória granulada de alto forno como agregado miúdo na argamassa de assentamento de paredes, tetos e pisos;
- Os testes granulométricos e de massa específica da escória foram próximos dos da areia, exceção do percentual retido nas peneiras de 1,18 mm da escória ser maior, enquanto da areia sua maior parte percentual ficou retida na peneira de 0,6 mm, o que explica o porquê da escória ter um maior volume que a areia;
- No que diz respeito a absorção de água, houve uma diferença nos corpos de prova, e foi verificado que estes mesmos, absorveram mais água quando confeccionado com maior parte de escória granulada aos 7 dias de cura, porém aos 28 dias os que contiveram um maior percentual de umidade foram os que foram fabricados com maior composição de areia como agregado miúdo;
- Os testes de compressão axial mostraram-se um certo equilíbrio nos rompimentos aos sete dias, contudo os ensaios aos 28 dias de cura demonstraram que com 50% e 100% de escória obtiveram melhor resultados.
- A argamassa tanto com areia, quanto com escória se mostraram muito parecidos, que de certa forma facilitaram os traços e fator água/cimento utilizados, pois pôde ser usado o mesmo em todas as amostras. Vale ressaltar que em nenhuma das amostras das

argamassas foram utilizados produtos como plastificante, ligante ou cal, sendo somente agregado miúdo (areia e/ou escória), cimento e água.

Portanto, pode-se concluir que a utilização da escória granulada de alto-forno como agregado miúdo na confecção de argamassa de assentamento de parede, tetos e pisos, se torna viável pela composição e resistência, e ainda pelo fato da escória ter um valor de compra mais baixo comparado ao da areia, que reduz o valor dos custos finais da obra. Se torna ainda mais uma forma sustentável na busca diminuir a agressão ao meio ambiente.

Dessa forma sugere-se possíveis ensaios que possam ser submetidos a argamassa como o de cisalhamento, tração, índice de consistência, de vazios, ou até mesmo a produção da argamassa com produtos ligantes para que possa ser comparado.

## 7. REFERÊNCIAS

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Normas de apresentação tabular. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23907.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2016.

MACHADO, Angela Saadi. Biblioteca IMED Campus Porto Alegre. 2014. 1 fotografia.

ALMEIDA, A,J. Influência da adição de resíduo siderúrgico na performance do concreto. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009, 74pg. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS8BVPZX/disserta\\_o\\_janaina.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS8BVPZX/disserta_o_janaina.pdf?sequence=1)> Acesso em: 5 de abril, 2019.

ARCELLOR MITTAL 2015. Escória de alto-forno. Disponível em: <[http://tubarao.arcelormittal.com/produtos/co\\_produtos/catalogo\\_produtos/escoria\\_forno/introducao.asp](http://tubarao.arcelormittal.com/produtos/co_produtos/catalogo_produtos/escoria_forno/introducao.asp)>. Acesso em 28 de abr. 2019

ARRIVABENI, L. F. Contribuição ao estudo de utilização da escória bruta e granulada de alto forno para produção de concretos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2000. Disponível em: <<http://servicos.capes.gov.br/capesdw/resumo.html>> Acesso em 28 de abr. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização documento Portland. 7. ed. São Paulo, 2002. 28p. Disponível em: [http://www.abcp.org.br/conteudo/wpcontent/uploads/2009/12/BT106\\_2003.pdf](http://www.abcp.org.br/conteudo/wpcontent/uploads/2009/12/BT106_2003.pdf) Acesso em: 07 de Abril, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 3310 – Peneiras de ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. NBR NM 248 – Determinação da composição granulométrica - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 5732 – Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. NBR 5735 – Cimento Portland de alto-forno - Rio de Janeiro, 1980.

\_\_\_\_\_. NBR 5735 – Cimento Portland de Alto-Forno - Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova - Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR 7175 – Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 7211 – Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_.NBR 7211 – Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_.NBR 9776 – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman – Especificação. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 9778 – Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica - Especificação. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_.NBR 11578 – Cimento Portland Composto - Especificação Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_.NBR 12655 – Concreto Cimento Portland. Preparo controle recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_.NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e Determinação do índice de consistência - Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_.NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência - Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_.NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_.NBR 13529 – Revestimento de paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_.NBR 15900 – Água para amassamento do concreto - Requisitos Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_.NBR 16697 – Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_.NBR NM 248 – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_.NBR NM 7211 – Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BARROS, P. Santos. Estudo da utilização de escória de alto forno como agregado graúdo em concretos fabricado em Marabá. Trabalho de conclusão de curso (TCC) - Universidade Federal do Pará. Marabá, 2013. 59pg. Disponível em: <<https://femat.unifesspa.edu.br/.../TCC-PAMELLA-BARROS-DOS-SANTOS-2013.pdf>> Acesso em: 23 de maio, 2019.

BATTAGIN, A. F. Uma breve história do cimento Portland. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>> Acesso em: 08 de abr. 2019

BAUER, L. A. F. *Matérias de Construção*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, (1985).

BAUER, L. A. F. *Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil*. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.

BAUER, L. A.F. *Materiais de construção 1, 5ª edição*, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Ed., 471p, 2008.

BOLTSHAUSER, J. *História da arquitetura*. v. 1. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, 1963.

BRANCO, C. F. T. *Caracterização de misturas asfálticas com o uso de escória de aciaria como agregado*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004, 135p. Disponível em: <[http://www.redeasfalto.org.br/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=187](http://www.redeasfalto.org.br/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=187)>. Acesso em: 24 de Maio, 2019

GABRICH, M. F. *Estudo da influência das adições minerais no comportamento do concreto sob a ação do fogo*. 2008. 111 p. Dissertação (Pós-graduação em Construção Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

GUIMARÃES, J. E. P. *A cal – fundamentos e aplicações na engenharia civil*. 2. ed. São Paulo: Pini, 2002.

<https://www.hometeka.com.br/decoracoes-e-moveis/> Acesso em 24 de maio de 2019.

<https://www.kamacha.ind.br/> Kamacha indústria e comércio Ltda./ Acesso em 24 de maio de 2019.

INSTITUTO DE AÇO BRASIL 2018. *Relatório de Sustentabilidade de 2018*. DADOS 2016, 2017. Disponível em <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/relatorios.asp> “Relatório de Sustentabilidade 2018”. Dados 2016/2017. O Instituto Aço Brasil.> Acesso em 27 de abr. 2019

JUNIOR, R.J. *Utilização de escória de alto forno como adição em argamassa colante tipo AC-I*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009. 99 pg. Disponível em: < <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/162.pdf>>. Acesso em: 23 de Maio, 2019.

MARQUES, C. J; TANGO S. E. C. *Escória de alto forno: estudo visando seu emprego no preparo de argamassas e concretos*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. *Concreto: Microestrutura Propriedades e Materiais*. 3ª ed. São Paulo: Pini, 2008. 674 p.

METHA, O. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César. Metodologia do Trabalho Científico-Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. Rio Grande do Sul. 2ª ed. Editora Feevale, 2013.

RECENE, Fernando Antônio Piazza. Conhecendo argamassa. Livro; segunda edição; 10 de abr. de 2017.

ROSSIGNOLO, João Adriano. Concreto Leve Estrutural: Produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: PINI, 2009.

SCHNEIDER, J. A. Penetração de cloretos em concretos com escória de alto forno e ativador químico submetidos a diferentes períodos de cura. Dissertação de (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.2005.154 pg.

SILVA, A. L. Reciclagem de Escória Cristalizada para a Produção de Argamassas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2006. 81 p. Disponível em: < <http://juno.unifei.edu.br/bim/0030717.pdf>>. Acesso em 18 de abr. 2019.

WESTPHAL, E. H. Argamassas. Florianópolis: UFSC. Disponível em:< [www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/argamassas.](http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/argamassas.)>. Acesso em: 24 maio 2019.

## APÊNDICE A – TABELA COM VALORES OBTIDOS NOS ENSAIOS

A Tabela 6 apresenta os resultados da granulometria da Areia

Peneiras (mm)	Massa (g)	Massa (g)	Média (g)	% Retida	% Acumulada	D. Padrão
4,75	1	3	2	0,06663335	0,06663335	1,414213562
2,36	78	112	95	3,16508412	3,231717475	24,04163056
1,18	561	1173	867	28,8855572	32,1172747	432,7493501
0,60	1540	1395	1467,5	48,8922206	81,00949525	102,5304833
0,30	596	232	414	13,7931034	94,8025987	257,3868684
0,15	161	68	114,5	3,81475929	98,61735799	65,76093065
<b>Fundo</b>	60	23	41,5	1,38264201	100	26,1629509
<b>Total</b>	2997	3006	3001,5	100		

A Tabela 7 apresenta os resultados da granulometria da Escória de Alto-Forno

Peneiras (mm)	Massa (g)	Massa (g)	Média (g)	% Retida	% Acumulada	D. Padrão
4,75	35	17	26	0,86493679	0,864936793	12,72792206
2,36	392	334	363	12,0758483	12,9407851	41,01219331
1,18	1779	1647	1713	56,9860279	69,92681304	93,33809512
0,60	570	720	645	21,4570858	91,38389887	106,0660172
0,30	144	193	168,5	5,60545576	96,98935462	34,64823228
0,15	49	57	53	1,76314039	98,75249501	5,656854249
<b>Fundo</b>	36	39	37,5	1,24750499	100	2,121320344
<b>Total</b>	3005	3007	3006	100		

A Tabela 8 apresenta os resultados a compressão aos 7 dias

Moldagem	Resistencia à compressão aos 7 dias (MPa)			Média	Desvio Padrão
<b>100% AAC</b>	4,79	4,48	4,38	4,55	0,214
<b>25% AACE</b>	4,28	4,63	4,33	4,41	0,247
<b>50% AACE</b>	4,38	4,28	3,00	3,89	0,071
<b>100% ACE</b>	4,38	4,38	4,07	4,28	0,179

A Tabela 9 apresenta os resultados a compressão aos 28 dias

Moldagem	Resistencia à compressão aos 28 dias (MPa)			Média	Desvio Padrão
<b>100% AAC</b>	4,73	4,94	4,84	4,84	0,105
<b>25% AACE</b>	8,71	4,99	4,43	6,04	2,630
<b>50% AACE</b>	8,10	8,71	7,33	8,05	0,431
<b>100% ACE</b>	7,03	7,44	6,93	7,13	0,270

A Tabela 10 apresenta os resultados de absorção por imersão aos 7 dias

Moldagem	Absorção de água 7 dias(%)			Média	Desvio Padrão
<b>100% AAC</b>	8,94	10,00	6,87	8,60	1,592
<b>25% AACE</b>	7,55	7,55	6,58	7,23	0,560
<b>50% AACE</b>	7,19	7,32	8,67	7,73	0,820
<b>100% ACE</b>	10,62	11,21	11,26	11,03	0,356

A Tabela 11 apresenta os resultados de absorção por imersão aos 28 dias

Moldagem	Absorção de água 28 dias(%)			Média	Desvio Padrão
<b>100% AAC</b>	13,20	12,77	12,70	12,89	0,271
<b>25% AACE</b>	14,32	15,89	13,80	14,67	1,088
<b>50% AACE</b>	7,96	7,16	7,86	7,66	0,436
<b>100% ACE</b>	8,35	9,29	12,27	9,97	2,047

## ANEXO A – NOTA FISCAL DE VENDA DE ESCÓRIA

RECEBEMOS DE GERDAU AÇOS LONGOS S/A OS PRODUTOS E/OU SERVIÇOS CONSTANTES DA NOTA FISCAL INDICADA AO LADO		Nº. 000463207	
DATA DE RECEBIMENTO	IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR		SÉRIE

  GERDAU AÇOS LONGOS S/A AV. GETÚLIO VARGAS 1555 VILA OPERÁRIA - BARRÃO DE COCAIS - MG CEP: 35970-000 FONE/FAX: (31)38378100	<b>DANFE</b> Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica 0 - ENTRADA <input type="checkbox"/> 1 1 - SAÍDA <input checked="" type="checkbox"/>		
	N.º 000463207 SÉRIE FOLHA 1/1		CHAVE DE ACESSO 3119 1107 3587 6100 1645 5500 0000 4632 0712 9879 5859  CONSULTA DE AUTENTICIDADE NO PORTAL NACIONAL DA NF-e WWW.NFE.FAZENDA.GOV.BR/PORTAL.OU NO SITE DA SEFAZ AUTORIZADORA
NATUREZA DA OPERAÇÃO Venda merc. receb. de terceiros - COP		PROTOCOLO DE AUTORIZAÇÃO DE URO 131193485591805 14/11/2019 08:25:07	
INSCRIÇÃO ESTADUAL 2233469450340	INSCR. ESTADUAL DO SUBST. TRIBUT.	CNPJ 07.358.761/0016-45	

DESTINATÁRIO/REMETENTE		CNPJ / CPF	DATA DA EMISSÃO
EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S A - 0100244189		33.920.299/0003-13	14/11/2019
ENDEREÇO	BAIRRO/DISTRITO	CEP	DATA DA ENTRADA/SAÍDA
AVENIDA PORTUGAL - 700	CENTRO	33200-000	14/11/2019
MUNICÍPIO	FONE/FAX	UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL
VESPASIANO	31 3629 2144	MG	7121613010060
			HORA DE SAÍDA 08:33:32

FATURA/REPLICATA				
Vencimento:				
Valor:				
End. Cobrança:				
CÁLCULO DO IMPOSTO				
BASE DE CÁLCULO DO ICMS	VALOR DO ICMS	BASE DE CÁLCULO DO ICMS ST	VALOR DO ICMS SUBSTITUIÇÃO	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS
1.355,34	243,96	0,00	0,00	1.355,34
VALOR DO FRETE	VALOR DO SEGURO	DESCONTO	DUTRAS DESP. ACESSOR	VALOR TOTAL DO IPI
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				VALOR TOTAL DA NOTA 1.355,34

TRANSPORTADOR/VOLUMENS TRANSPORTADOS		FRETE P/ CONTA	CODIGO ANTT	PLACA DO VEICULO	UF	CNPJ / CPF
PRIME LOGISTICA E SERVICOS LTDA		0 - EMITENTE 1 - DESTINAT	0		MG	12.292.596/0001-20
ENDEREÇO		MUNICÍPIO	UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL		
RUA DOS CAETES 530		BELO HORIZONTE	MG	0016359590093		
QUANTIDADE	ESPECIE	MARCA	NUMERO	PESO BRUTO	PESO LÍQUIDO	
28	VOL			27.660,000	27.660,000	

DADOS DOS PRODUTOS /SERVIÇOS												
COD. PROD	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS/SERVIÇOS	NCM/SH	CEP	CNPJ	UNID	QUANT	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	B.C. ICMS	VALOR ICMS	VALOR IPI	ALÍQUOTA
4000071	ESCORIA DE ALTO FORNO GRANULADA	2619 00 00	000	5102	T	27,6600	49,000000	1.355,34	1.355,34	243,96	0,00	18,00
***Não receber o boleto de cobrança bancária até o vencimento. Em caso de atraso, favor entrar em contato com a Gerada no endereço: www.gerada.com.br **Em caso de atraso serão cobrados juros de 1% e multa e responsabilidade de Cobrança. *A DESCARTE DO MATERIAL É DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE. PLACA MG CRO4701 SIM_VP DOC 2301736 REF:9004132786 ORD:7835820 DOC:Transp 12194599 REF:Cliente COP/PRODUTOS												

CÁLCULO DO ISSQN	
INSCRIÇÃO MUNICIPAL	VALOR TOTAL SERVIÇOS
	BASE CALC. ISSQN
	VALOR TOTAL ISSQN

TABELA ADICIONAL	
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES Local de entrega: AVENIDA PORTUGAL 700 CENTRO VESPASIANO MG - BR	RESERVADO AO FISCO
DISPOSITIVO LEGAL IPI	
NÃO TRIBUTADO CFE TIPI DEC. 7.660/11	
DISPOSITIVO LEGAL ICMS	

## ANEXO B – DOCUMENTO AUXILIAR ORÇAMENTAL

**DOCUMENTO AUXILIAR - "ORÇAMENTO" NÃO É DOCUMENTO FISCAL  
NÃO É VALIDO COMO GARANTIA DE MERCADORIA**

**ORGANIZACOES JF MERCANTIL LTDA**

CNPJ: 20.270.047/0001-82 Av Wilson Alvarenga, 620 - - Bairro: VIUVA

Cidade: BARAO DE COCAIS/MG - CEP:35.970-000 - Fone: (31)3857-1524 / (31)9194-0318

ORÇAMENTO

Número: 212534

Validade: 04/12/2019

Cliente: 16842 - CONSUMIDOR FINAL		CNPJ: 030.235.496-48		IE: ISENTO	
Endereço: RUA A, S/N		Bairro: CENTRO			
Cidade: BARAO DE COCAIS		UF: MG	CEP: 35.970-000	Telefone: /	

Item	Produto	Descrição	Nom	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total	
1	36378	AREIA LAVADA MEDIA M3 / 1		M3	1,000	76,000	76,00	
2	15083	AREIA PARA ALVENARIA M3 / 1		M3	1,000	76,000	76,00	
Forma de Pagamento: DINHEIRO					Condição de Pagamento: AVISTA		Tabela: 1	Total Itens: 152,00
							Total: 152,00	

Vendedor: VERA RODRIGUES

Emissão: 04/12/2019

Volume(m<sup>3</sup>): 0,000

Peso: 0,002

Observações