



FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

TCC - TRABALHO FINAL DE CURSO EM ENGENHARIA CIVIL

Coordenação de TCC: Cléber Jean Lacerda, Me

GUSTAVO FIUZA ALVES FEITOSA

MATEUS OLIVEIRA NEVES

**ESTUDOS PARA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE FERRO-NÍQUELNA
ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

PUBLICAÇÃO Nº: 0015

GOIANÉSIA – GO

MARÇO/2017

GUSTAVO FIUZA ALVES FEITOSA

MATEUS OLIVEIRA NEVES

**ESTUDOS PARA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE FERRO-NÍQUEL NA
ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

PUBLICAÇÃO Nº: 0015

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Goianésia como requisito à obtenção do título de obtenção do grau de Engenheiro Civil.

ORIENTADOR: PROF. ENG. BRUNO I. O. C. MAIA

CO-ORIENTADOR: PROF. DANIEL F. CAIXETA

GOIANÉSIA – GO

MARÇO/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

FEITOSA, GUSTAVO FIUZA ALVES
NEVES, MATEUS OLIVEIRA

Estudos para utilização da Escória de ferro-níquel na área de construção civil.

42P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
Orientador: Prof. Eng. Bruno Ismael Oliveira Cardoso Maia

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. Blocos de concreto | 2. ABNT NBR 6136 |
| 3. Escória | 4. Mineradoras |
| 5. Resíduo | |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, GRAZIELLA PEREIRA DOS. Dissertação de Mestrado, estudo sobre a utilização da escória de ferro-níquel em pavimento rodoviário. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 41p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gustavo Fiuza Alves Feitosa e Mateus Oliveira Neves

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Estudos para utilização de ferro-níquel na área de construção civil.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Gustavo Fiuza Alves Feitosa
E-mai: gustavofiuza1@yahoo.com.br

Mateus Oliveira Neves
E-mail: mateus_94@hotmail.com

GUSTAVO FIUZA ALVES FEITOSA

MATEUS OLIVEIRA NEVES

**ESTUDOS PARA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE FERRO-NÍQUEL NA
ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Goianésia como requisito à obtenção do título de obtenção do grau de Engenheiro Civil, 2017.

APROVADO POR:

Orientador: Prof. Eng. Bruno Ismael Oliveira Cardoso Maia
Faculdade Evangélica de Goianésia-GO

Membro Titular da Banca (Examinador Interno): Cléber Jean Lacerda
Faculdade Evangélica de Goianésia-GO

Membro Titular da Banca (Examinador Interno): Luiz Tomáz Aquino
Faculdade Evangélica de Goianésia-GO

DATA: GOIANÉSIA/GO, NOVEMBRO DE 2017

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, em seguida aos nossos familiares, nosso orientador, co-orientador e todos os professores que estiveram conosco durante toda esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos aos nossos familiares, que estiveram ao nosso lado durante todas as etapas deste curso e também deste trabalho. Ao nosso orientador, Prof. Eng. Bruno Maia pelo acompanhamento, orientação e acima de tudo pela amizade, valorizar a contribuição do nosso co-orientador Prof. Daniel Ferreira Caixeta também se torna necessário em pontos-chaves no andamento deste trabalho.

Ao curso de Engenharia Civil como um todo nas pessoas do Diretor da Faculdade Evangélica de Goianésia José Mateus, ex Coordenador do Curso de Engenharia Civil da Faceg Doutor Marcos Vinícius e o atual Coordenador Cléber Jean Lacerda.

À Professora Maria de Fátima Fernandes, que sempre contribuiu para sanar dúvidas sobre as normas regulamentadoras para elaboração deste relatório.

Agradecimento aos colegas desta turma que sempre demonstraram comprometimento e empenho no curso como um todo.

O verdadeiro sentido da vida está no sonhar, pois somente os nossos sonhos são capazes de nos motivar e acreditar que é possível. Se por acaso não alcançarmos esses sonhos pelo menos bem próximo dele estaremos.

Gustavo Fiuza A. Feitosa

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| Bloco de concreto..... | 14 |
| Objetivo Geral..... | 15 |
| Objetivos Específicos..... | 15 |
| Justificativa e relevância..... | 15 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 BLOCOS DE CONCRETO SIMPLES..... | 17 |
| 2.2 CIMENTO | 21 |
| 2.3 AGREGADO AREIA | 23 |
| 2.4 AGREGADO ESCÓRIA | 25 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1 MATERIAIS..... | 27 |
| 3.2 MÉTODOS | 30 |
| 3.3 PROGRAMA EXPERIMENTAL | 30 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 32 |
| 4.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO MIÚDO NBR NM 248..... | 33 |
| 4.2 QUANTO A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - MÉTODO NBR 12118/13..... | 34 |
| 4.3 ANÁLISE DIMENSIONAL - MÉTODO NBR 12118/13..... | 35 |
| 4.4 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÁREA LÍQUIDA - MÉTODO NBR 12118/13..... | 37 |
| 4.5 ANÁLISE POR MICROSCOPIA ÓPTICA DA ESCÓRIA..... | 38 |
| 5 OUTROS ESTUDOS PARA UTILIZAÇÃO DE FERRO-NÍQUEL..... | 39 |
| 5.1 UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA GERADA NA PRODUÇÃO DE NÍQUEL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS..... | 39 |
| 5.2 UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA DE FERRO-NÍQUEL EM PAVIMENTO RODOVIÁRIO | 39 |
| 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 40 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| FIG. 2.1.1 - Bloco de tijolo vazado de concreto com escória..... | 18 |
| FIG. 2.3.1 - Depósito de areia..... | 24 |
| FIG. 2.4.1 - Processo FeNi e localização da Anglo American em Goiás..... | 27 |
| FIG. 3.1.1 - Coleta de amostra de escória de FeNi para ensaios laboratoriais | 28 |
| FIG. 3.1.2 - Escória de ferro-níquel na Planta de Barro Alto / GO | 28 |
| FIG. 3.3.1 - Misturador de cimento e areia..... | 30 |
| FIG. 3.3.2 - Máquina para moldar e compactar blocos de concreto..... | 31 |
| FIG. 3.3.3 - Blocos de concreto com escória de FeNi..... | 31 |
| FIG. 4.5.1 - Microscopia Óptica com aumento de 40 vezes da escória | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TAB. 2.1.1 - Dimensões dos blocos de concreto..... | 19 |
| TAB. 2.1.2 - Família dos blocos de concreto | 21 |
| TAB. 2.2.1 - Classificação do cimento..... | 23 |
| TAB. 4.1.1 - Granulometria de agregado miúdo - escória de Ferro-níquel..... | 33 |
| TAB 4.2.1 - Resultados dos ensaios de resistência a compressão..... | 34 |
| TAB 4.3.1 - Resultado da análise dimensional..... | 35 |
| TAB 4.4.1 - Determinação da absorção de água e área líquida..... | 37 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

| | |
|-------------------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| Al_2O_3 | Óxido de Alumínio |
| FeNi | Ferro-níquel |
| Fe_2O_3 | Óxido de Ferro |
| MgO | Óxido de Magnésio |
| NBR | Norma Brasileira |
| SiO_2 | Dióxido de Silício |
| Ltda | Limitada |

RESUMO

O propósito do presente trabalho é detalhar estudos sobre a composição da escória e sua origem para atingir o foco principal de desenvolver potencialidades na aplicação deste resíduo no âmbito da construção civil, mais especificamente na fabricação de blocos de concreto tendo como referência as normas ABNT NBR 6136/2007 e ABNT NBR 7211/2005. Por definição a escória é o resíduo deixado pela fusão de metais, que neste trabalho se refere ao metal ferro-níquel.

Com a presença de mineradoras nos municípios de Barro Alto e Niquelândia no estado de Goiás, despertou-se interesse de desenvolver este trabalho que contempla a utilização da escória na fabricação de blocos de concreto com o propósito de atenuar os impactos ambientais tanto no ponto de vista do armazenamento como na questão de retirada da areia dos leitos dos rios e riachos, transformando o que seria um rejeito para a natureza em agregado miúdo na fabricação de blocos de concretos. Tendo em vista a alta produção de escória destas mineradoras, estas tornam-se potenciais fornecedores deste agregado para fabricação destes produtos impactando de forma considerável nos custos de fabricação dos mesmos, resultando em melhores condições de compra.

As parcerias com a Goiás Postes, onde foram fabricados os blocos de concreto com a utilização da escória e da empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda, onde se realizaram os ensaios laboratoriais para fins de comparação com as devidas normas associadas, foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Através das pesquisas realizadas sobre este tema foram identificadas outras aplicações deste resíduo na fabricação de cimento pelas indústrias como Lafarge e Votorantim, utilizados em outras aplicações como produtos fertilizantes e também estudos na aplicação em pavimentações asfálticas, enfim, existem Engenheiros, Mestres, Técnicos e vários outros profissionais empenhados de certa forma, estudar recursos alternativos e rentáveis ao mesmo tempo diminuir constantemente os impactos ambientais.

Dentro desse conceito foi possível desenvolver uma ideia para despertar iniciativas de investimentos públicos e/ou privados para agregar valor ao resíduo do processo de fabricação do ferro-níquel, a escória, para fins sociais e econômicos dependendo da(s) parte(s) interessadas.

Palavras-chave: Mineradora, impactos ambientais, resíduo.

ABSTRACT

The definition of Slag is the residue left by the melting of metals, which in this work refers to the iron nickel. The purpose of the present work is to detail studies on the composition of the slag and its origin to reach the main focus of developing potential in the application of this residue in the civil construction, specifically in the manufacture of concrete blocks having as reference the standards ABNT NBR 6136/2007 and ABNT NBR 7211/2005. The definition of Slag is the residue left by the melting of metals, which in this work refers to the ferronickel metal.

With the presence of miners in the municipalities of Barro Alto and Niquelândia in the state of Goiás, interest was aroused to develop this work that contemplates the use of slag in the manufacture of concrete blocks with the purpose of reducing environmental impacts both in the point of view of storage as in the matter of the removal of the sand from the beds of the rivers and streams, transforming what would be a rejection for the nature in small aggregate in the manufacture of concrete blocks. Considering the high production of slag from these miners would result in a large and potential supplier of this aggregate to manufacture these products having a considerable impact on the manufacturing costs of the same, resulting in better purchasing conditions.

The partnerships with Goiás Postes, where the concrete slabs were manufactured using the slag and the company Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda, where the laboratory tests were carried out for the purpose of comparison with the associated standards were fundamental for the development this work.

Through the research carried out on this topic, other applications of this residue in cement manufacturing have been identified by industries such as Lafarge and Votorantim, used in other applications as fertilizer products and also studies on the application of asphalt pavements, in short, there are Engineers, Masters, Technicians and several other professionals engaged in some way, study alternative and profitable resources while at the same time constantly reducing environmental impacts.

Within this concept, it was possible to develop an idea to stimulate public and / or private investment initiatives to add value to the waste from the iron-nickel manufacturing process, the Slag, for social and economic purposes depending on the interested party (s).

Keywords: Mining, environmental impacts, waste.

1 INTRODUÇÃO

Bloco de concreto

Bloco de concreto se define como um elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. Os blocos de classe C com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo com recomendações da utilização da família M10 para edificações de no máximo um pavimento, entretanto pode-se inserir no conceito deste projeto os blocos de concreto de classe D, sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, ABNT NBR 6136/2007 Blocos vazados de concreto para alvenaria.

O reaproveitamento dos produtos industriais é uma forma de minimizar ou até mesmo conter grandes impactos ao meio ambiente com o simples propósito de garantir a sequência da vida no planeta em condições saudáveis. O acúmulo de resíduos é apenas um exemplo, entre vários outros elementos oriundos da indústria, que protagonizam esses impactos ambientais negativos. Entretanto, com a preocupação cada vez maior de integrar a indústria com a sociedade local, garantindo sustentabilidade e conservação das condições da natureza local, pode-se destacar os esforços das grandes empresas para minimizar esses impactos com programas e departamentos específicos que trabalham exclusivamente para esse propósito, como por exemplo os departamentos de meio ambiente e das relações com as comunidades da mineradora Anglo American, situada no município de Barro Alto em Goiás, que além de cuidar dos seus resíduos se preocupa também com a fauna e a flora, trabalhos tão importantes quanto os programas sociais e de formação para proporcionar autonomia futura para as comunidades no fim de mina.

O presente trabalho apresenta características físicas e químicas do resíduo gerado pela indústria de ferro-níquel situado na cidade de Barro Alto-GO. Este resíduo chamado de escória de alto forno de redução é composto basicamente dos seguintes elementos: SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 . Estudos informaram que a caracterização física dos agregados de escória de FeNi é similar a agregados tradicionais do tipo agregado miúdo adequando a norma ABNT NBR 7211 e podem ser utilizados na fabricação de blocos de concreto conforme norma ABNT NBR 6136/2007, seguindo o conceito de agregar valor a este resíduo é possível exemplificar a sua utilização na fabricação de cimento como um grande meio de escoamento deste resíduo e sobretudo e o mais importante a utilização da escória na pavimentação rodoviária. A fabricação de blocos de concreto com escória pode contribuir com este

escoamento e conseqüentemente ajudar com a realidade socioeconômica do município de Barro Alto-GO e proximidades, onde se encontra instalada a mineradora Angla American.

Objetivo Geral

Neste contexto, pretende-se direcionar estudos na aplicação da escória para fabricação de blocos de tijolo de concreto utilizando um "traço" de 50% de areia e 50% de escória na composição de agregado para obter uma resistência satisfatória para a classe C conforme a norma ABNT NBR 6136/2007.

Objetivos Específicos

* Desenvolvimento do traço de concreto para melhor aproveitamento da escória, preservando a resistência mecânica e diminuindo o uso de areia. Nos testes realizados comprovou-se que a utilização somente da escória como agregado torna o bloco mais frágil e mais poroso, no entanto, com adição de brita zero pode-se alcançar blocos com resistência suficiente para projetos estruturais. Para este trabalho foi utilizado o primeiro passo de muitas possibilidades, apenas para garantir a viabilidade do uso da escória como agregado miúdo e criar mais um destino a este resíduo somado a uma alternativa de sustentabilidade para esta região, neste caso necessitaria de estudos de viabilidade socioeconômico que não estão inseridas neste trabalho;

* Cálculo da massa específica da areia e quantidade de materiais a serem utilizados para a fabricação dos tijolos de concreto dependendo da quantidade de escória a ser adotada. A areia tem como princípio fundamental o preenchimento dos espaços vazios deixados pela escória contribuindo positivamente no aspecto de menor absorção de água, por esse motivo ainda é importante o papel da areia;

* Ensaios laboratoriais: Granulometria da escória, testes de resistência e permeabilidade dos blocos, realizados na empresa de Consultoria Carlos Campos, em Goiânia-GO.

Justificativa e relevância

A justificativa para realização deste trabalho é a necessidade de encontrar soluções para minimizar ou até mesmo sanar alguns problemas ambientais que ocorrem

devido ao acúmulo de resíduos oriundos da indústria, mais especificamente das mineradoras de ferro-níquel que tem a escória como seu principal resíduo. É justamente este o propósito do referido trabalho: utilização da escória de ferro-níquel na fabricação de blocos de concreto, proporcionando um baixo custo deste material comparado aos métodos de fabricação tradicional e também a diminuição da retirada de areia nos leitos dos rios, a qual gera impactos negativos ao meio ambiente, é importante ressaltar que as próprias mineradoras investem muitos recursos como grandes eventos nacionais e internacionais em busca de melhores e eficazes alternativas da utilização desses resíduos.

O emprego da escória de ferro-níquel na fabricação de blocos de concreto é somente o primeiro passo para escoar esse resíduo nos municípios de Goianésia, Barro Alto e proximidades. Havendo sucesso, outros estudos da aplicação podem ser desenvolvidos para fabricação de produtos como: manilhas, mata-burros, blocos geométricos para piso de estacionamentos e calçadas etc.

Estudos de aplicação deste resíduo em pavimentações asfálticas atingindo níveis expressivos de seu escoamento seria um grande avanço, em vista da grande necessidade de expansão da infraestrutura rodoviária do Brasil, neste caso é importante considerar o trabalho já realizado, Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia pela discente Graziella dos Santos e que serviu de inspiração para o desenvolvimento deste projeto.

FRANCKLIN JUNIOR & ALMEIDA (2010) verificaram as propriedades do concreto de cimento produzidos com agregados de escória de ferro-níquel. Executaram um traço de concreto referência com agregados convencionais e cinco traços de concreto substituindo o agregado convencional miúdo pela escória de níquel nos teores de 100%, 90%, 80%, 70% e 60% respectivamente. A escória de ferro-níquel estudada foi proveniente da Comercial Lilian Ltda (Mineração Morro Azul), município de Pratápolis no Sudoeste do Estado de Minas Gerais. Um material originado da extração de rochas ultramáficas mineralizadas com sulfetos, composta principalmente por Ferro (Fe), Silicato (SiO_2), Magnésio (MgO) e outros elementos químicos. Concluíram que o traço de concreto com a escória corrigida com o uso de 60% apresentou excelente trabalhabilidade, devido principalmente à forma esférica das partículas da escória, e resistência à compressão compatível ao do concreto utilizado sem escória (traço referência).

Informações obtidas pelo proprietário da empresa Goiás Postes, Sr. Pedro, o traço adotado proporcionou melhor trabalhabilidade, mais eficiência aos equipamentos e proporcionando um rendimento melhor até mesmo quanto a economia de energia. Pode-se dizer que os resultados também foram satisfatórios, principalmente no ponto de vista da

resistência a compressão, onde os ensaios laboratoriais determinaram uma média de 4,2 Fbk, conforme ensaios laboratoriais de acordo com a norma 12118/13 adequando para blocos de classe C conforme norma NBR ABNT 6136/2007.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Será apresentado neste capítulo o embasamento teórico referente aos agregados miúdos, oriundos da escória de alto forno como o principal material utilizado para fabricação de blocos de concreto. Pode-se destacar as propriedades químicas e físicas deste agregado de acordo com artigos publicados e baseados nas normas NBR 7211/2005 e NBR 6136/2007. Obteve-se como principal referência a Dissertação de Mestrado ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transporte do Instituto Militar de Engenharia por Graziella Pereira Pires dos Santos.

Estudos de viabilidade ambiental no âmbito da construção civil foram realizados para aprimorar o conceito de utilização da escória na fabricação de blocos de concreto com propósito de minimizar os impactos no ponto de vista de armazenamento e redução da utilização de areia dos leitos dos rios.

2.1 BLOCOS DE CONCRETO SIMPLES

De acordo com a norma ABNT NBR 6136/2007 existem algumas definições para os blocos de concreto que variam de acordo com o modelo, sendo que a referência utilizada para este trabalho foi o bloco vazado cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta conforme figura 2.1.1.



Fonte: Feitosa, 2017.

É importante destacar que os blocos encaminhados para os devidos ensaios realizados no Instituto Carlos Campos foram fabricados de acordo com os padrões da empresa Goiás Postes, local onde foi utilizado todo maquinário necessário. Esses blocos contém o fundo falso e a norma NBR 6136/2007 determina que os mesmos sejam vazados, entretanto, os resultados obtidos foram satisfatórios de uma forma geral, mesmo havendo algumas não conformidades que serão mencionados ao longo deste trabalho.

Para se adequar a norma NBR 6136/2007 algumas definições são obrigatórias:

- * Bloco vazado - Componente de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta (ver figura 1);
- * Área bruta - Área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem descontos das áreas dos vazios;
- * Área líquida - Área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios;
- * Dimensões nominais - Dimensões comerciais dos blocos, indicadas pelo fabricante, múltiplas do módulo $M = 10$ cm e seus submódulos $M/2$ e $M/4$;
- * Dimensões reais - Aquelas obtidas ao medir cada bloco, equivalentes às dimensões nominais diminuídas em 1 cm, que correspondem à espessura média da junta de argamassa;
- * Blocos modulares - Blocos com dimensões coordenadas, para a execução de alvenarias modulares, isto é, alvenarias com dimensões múltiplas do módulo $M = 10$ cm e seus submódulos $M/2$ e $M/4$;
- * Família de blocos - Conjunto de componentes de alvenaria que integram modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõem a família, segundo suas dimensões, são designados como bloco

inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta.

- * Classe - Diferenciação dos blocos segundo o seu uso;
- * Os blocos de concreto, especificados de acordo com a norma NBR 6136/2007 devem atender, quanto ao seu uso, às classes descritas a seguir:
- * Classe A - Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- * Classe B - Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- * Classe C - Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria do nível do solo.

Nota: Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C designados M10 para edificações de no máximo um pavimento, os designados M12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos e os designados de M15 e M20, para edificações maiores.

Os blocos referentes a este trabalho foram classificados de acordo com a Norma ABNT NBR 6136/2007 e confirmado pelo Instituto Carlos Campos da seguinte forma: Classe C, Módulo M-15 e Família 15 X 40 (ABNT NBR 6136/2007).

O bloco de concreto é um componente industrializado, produzido em máquinas que vibram e prensam, podendo ser fabricados com uma vasta variedade de composições. Por serem moldados em fôrmas de aço, possuem precisão dimensional que confere facilidade na execução da alvenaria. Suas características e desempenho dependem do equipamento, da qualidade dos materiais empregados e da sua proporção adequada.

Os blocos de concreto normalizados possuem formato e dimensões padronizadas, que proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. Além disso, o material concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta de argamassa, aproximando a resistência da alvenaria à do bloco (ABNT NBR 6136/2007).

Além dos aspectos técnicos, os blocos de concreto apresentam outras vantagens:

- * Podem ser produzidos em resistências características variadas, em função da necessidade estrutural das edificações.
- * Podem ser produzidos com diferentes formas, cores e texturas.
- * Possuem vazados de grandes dimensões que permitem a passagem de tubulações elétricas e, em alguns casos, sanitárias. Estes vazados também podem ser preenchidos com graute (microconcreto) para a execução de cintas

de amarração, vergas ou quando se deseja aumentar a resistência da alvenaria à compressão.

- * Por serem produzidos a partir da mistura de cimento, agregados miúdos e graúdos, estão disponíveis em praticamente todas as cidades de médio e grande porte do País.
- * Apresentam baixíssima variação de dimensões, que são modulares, evitando desperdícios por quebras em obra e diminuindo substancialmente as espessuras dos revestimentos aplicados.
- * A norma NBR 6136/2007 especifica as características dos blocos de concreto para alvenaria estrutural, sendo que os principais blocos com função estrutural comercializados atualmente apresentam as seguintes dimensões:

Tabela 2.1.1 - Dimensões dos blocos de concreto.

| Designação | Dimensões (mm) | | |
|----------------|----------------|--------|-------------|
| | Largura | Altura | Comprimento |
| M-15 (15 X 40) | 140 | 190 | 390 |

Fonte: ABNT NBR 6136/2017.

Família de blocos é o conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõem uma família, segundo suas dimensões, são designados como: bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta (NBR 6136 / 2007).

Em geral, quanto mais denso o bloco, menor será a sua absorção. Para ambas as classes (estrutural e não estrutural) a absorção deve ser $< 10\%$ e a retração por secagem deve ser sempre $< 0,065\%$. A retração por secagem é uma redução de volume resultante da evaporação da água excedente (ABNT NBR 6136/2007).

As dimensões reais dos blocos vazados de concreto, modulares e submodulares, devem corresponder às dimensões constantes da tabela.

Tabela 2.1.2 – Família dos blocos de concreto.

| Famílias de blocos | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|-------|-------|-------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|--------|
| Designação | Nominal | 20 | | 15 | | 12,5 | | | 10 | | 7,5 |
| | Módulo | M-20 | | M-15 | | M-12,5 | | | M-10 | | M-7,5 |
| | Amarração | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/3 | 1/2 | 1/2 | 1/3 | 1/2 |
| | Linha | 20x40 | 15x40 | 15x30 | 12,5x40 | 12,5x25 | 12,5x37,5 | 10x40 | 10x30 | 10x30 | 7,5x40 |
| Largura (mm) | | 190 | 140 | 140 | 115 | 115 | 115 | 90 | 90 | 90 | 65 |
| Altura (mm) | | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 |
| Comprimento (mm) | Inteiro | 390 | 390 | 290 | 390 | 240 | 365 | 390 | 190 | 290 | 390 |
| | Meio | 190 | 190 | 140 | 190 | 115 | - | 190 | 90 | - | 190 |
| | 2/3 | - | - | - | - | - | 240 | - | - | 190 | - |
| | 1/3 | - | - | - | - | - | 115 | - | - | 90 | - |
| | Amarração L | - | 340 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Amarração T | - | 540 | 440 | - | 365 | 365 | - | 290 | 290 | - |
| | Compensador A | 90 | 90 | - | 90 | - | - | 90 | - | - | 90 |
| Compensador B | 40 | 40 | - | 40 | - | - | 40 | - | - | 40 | |
| <i>NOTA: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados na tabela 1 são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.</i> | | | | | | | | | | | |

Fonte: ABNT NBR 6136/2017.

2.2 CIMENTO

O cimento é um dos materiais de construção mais utilizados na construção civil, por conta da sua larga utilização em diversas fases da construção. O cimento pertence a classe dos materiais classificados como aglomerantes hidráulicos, esse tipo de material em contato com a água entra em processo físico-químico, tornando-se um elemento sólido com grande resistência à compressão e resistente a água e a sulfatos. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.).

A história do cimento inicia-se no Egito antigo, Grécia e Roma, onde as grandes obras eram construídas com o uso de certas terras de origem vulcânicas, com propriedades de endurecimento sob a ação da água. Os primeiros aglomerantes usados eram compostos de cal, areia e cinza vulcânica. O cimento Portland é um aglomerante hidráulico fabricado pela moagem do clínquer, compostos de silicato e cálcio hidráulicos. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.).

A denominação "cimento Portland", foi dada em 1824 por Joseph Aspdin, um químico e construtor britânico. No mesmo ano, ele queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia

em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.)

Os silicatos de cálcio são os principais constituintes do cimento Portland, as matérias primas para a fabricação devem possuir cálcio e sílica em proporções adequadas de dosagem. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.).

Os materiais que possuem carbonato de cálcio são encontrados naturalmente em pedra calcária, giz, mármore e conchas do mar, a argila e a dolomita são as principais impurezas. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.).

A ASTM C150 define o cimento Portland como um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição. O clínquer possui um diâmetro médio entre 5 a 25 µm. (http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm, s.d.).

Com o passar do tempo as propriedades físico-químicas do cimento portland tem evoluído constantemente, inclusive com o emprego de aditivos que melhoram as características do cimento. Hoje o cimento portland é normalizado e existem onze tipos no mercado:

- CP I – Cimento portland comum
- CP I-S – Cimento portland comum com adição
- CP II-E – Cimento portland composto com escória
- CP II-Z – Cimento portland composto com pozolana
- CP II-F – Cimento portland composto com fíler
- CP III – Cimento portland de alto-forno
- CP IV – Cimento portland Pozolânico
- CP V-ARI – Cimento portland de alta resistência inicial
- RS – Cimento Portland Resistente a Sulfatos
- BC – Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação
- CPB – Cimento Portland Branco

O cimento utilizado neste trabalho foi o CP II-Z-32RS, cimento portland composto com pozolana que varia de 6% a 14% em massa o que confere ao cimento menor permeabilidade, sendo ideal para obras subterrâneas, principalmente com presença de água, inclusive marítimas. O cimento CP II-Z, também pode conter adição de material carbonático (fíler) no limite máximo de 10% em massa (ABNT NBR 11578).

Tabela 2.2.1 – Classificação do cimento.

| Cimento Portland (ABNT) | Tipo | Clínquer + Gesso (%) | Escória siderúrgica (%) | Material pozolânico (%) | Calcário (%) |
|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| CP I | Comum | 100 | - | - | - |
| CP I - S | Comum | 95-99 | 1-5 | 1-5 | 1-5 |
| CP II - E | Composto | 56-94 | 6-34 | - | 0-10 |
| CP II - Z | Composto | 76-94 | - | 6-14 | 0-10 |
| CP II - F | Composto | 90-94 | - | - | 6-10 |
| CP III | Alto-forno | 25-65 | 35-70 | - | 0-5 |
| CP IV | Pozolânico | 45-85 | - | 15-50 | 0-5 |
| CP V - ARI | Alta resistência inicial | 95-100 | - | - | 0-5 |

Fonte: http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland_tipos.htm

2.3 AGREGADO AREIA

Agregados são materiais que, no início do desenvolvimento do concreto, eram adicionados à massa de cimento e água para dar-lhe “corpo”, tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de oitenta por cento do peso do concreto e sabemos que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto. (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

A resistência não é o mais importante de um concreto, mas o que atende as necessidades da obra com relação à peça que será moldada. Logo, a consistência e o modo de aplicação acompanham a resistência como sendo fatores que definem a escolha dos materiais adequados para compor a mistura, que deve associar trabalhabilidade à dosagem mais econômica. (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

Os agregados, dentro desta filosofia de custo-benefício, devem ter uma curva granulométrica variada e devem ser provenientes de jazidas próximas ao local da dosagem. Isto implica em uma regionalização nos tipos de pedras britadas, areias e seixos que podem fazer parte da composição do traço. (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

Com relação ao tamanho dos grãos, os agregados podem ser divididos em graúdos e miúdos, sendo considerado graúdo, todo o agregado que fica retido na peneira de número 4

(malha quadrada com 4,8 mm de lado) e miúdo o que consegue passar por esta peneira. (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

Podem também ser classificados como artificiais ou naturais, sendo artificiais as areias e pedras provenientes do britamento de rochas, pois necessitam da atuação do homem para modificar o tamanho dos seus grãos. Como exemplo de naturais, temos as areias extraídas de rios ou barrancos e os seixos rolados (pedras do leito dos rios). (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

Outro fator que define a classificação dos agregados é sua massa específica aparente, os quais podem ser divididos em leves (argila expandida, pedra-pomes, vermiculita), normais (pedras britadas, areias, seixos) e pesados (hematita, magnetita, barita). (<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>, s.d.).

Devido à importância dos agregados dentro da mistura, vários são os ensaios necessários para sua utilização e servem para definir sua granulometria, massa específica real e aparente, módulo de finura, torrões de argila, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos, etc.

No experimento deste trabalho viabilizou-se alternativas de utilização da quantidade de agregado miúdo para obter um melhor traço, com uma resistência e permeabilidade satisfatórios. Para os ensaios em laboratórios são necessários ao menos 15 blocos de concreto para testes, devido a distância do município de Goianésia ao laboratório Carlos Campos em Goiânia e levando em consideração a quantidade de blocos a serem transportados, optou em apenas um traço, 50% de agregado miúdo utilizando areia com os outros 50% utilizando a escória, referindo apenas na utilização do agregado, suficiente para comprovar a viabilidade deste resíduo como componente.

Figura 2.3.1 – Depósito de Areia.



Fonte: Feitosa, 2017.

2.4 AGREGADO ESCÓRIA

O propósito deste experimento é a utilização da escória de ferro-níquel na composição do traço para fabricação de blocos de concreto na construção civil, tendo esse agregado como "protagonista desta história".

A escória de ferro-níquel é gerada no processo de fusão do minério de níquel em forno elétrico trifásico, onde elementos não metálicos, tais como SiO_2 , MgO e Fe_2O_3 , são granulados na presença de água (Barro Alto Presentation, 2012). A etapa de fusão do minério laterítico em ferro-níquel calcinado e reduzido representa a operação mais importante de tratamento pirometalúrgico de óxidos minerais de níquel. É calcinado e fundido em forno elétrico a arco gerando grandes quantidades de escória. Sua composição corresponde ao ponto de fusão que constitui um dos fatores mais importantes que afeta o modo de operação do forno elétrico (RODRÍGUEZ & VILLAMIL, 2007). A escória de ferro-níquel, diferentemente das escórias de aciaria e alto-forno, ainda é pouco estudada em termos de aplicação na engenharia civil, sendo que alguns estudos existentes encontrados abordam sua aplicação como agregado alternativo em misturas de concreto de cimento e como matéria prima para pigmento cerâmico.

A caracterização da composição química e mineralógica da escória, quando utilizada como um agregado, exerce grande influência nas tomadas de decisão para o uso ou não deste resíduo devido a sua composição e também pelo próprio manuseio. Por haver em sua composição sílica, constatamos uma importância indispensável da utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) para não correr risco de inalação do pó e penetração de pequenas partículas na pele, principalmente nas mãos.

Para descrever melhor sobre este resíduo provindo de um processo industrial tendo como o produto final o ferro-níquel, é importante descrever um pouco sobre a empresa que o produz e de onde foram retirados esses resíduos (escória) para ensaios deste trabalho e conhecer também sobre o próprio ferro-níquel e sua aplicação.

A Anglo American é uma das maiores companhias de mineração do mundo, com sede no Reino Unido e ações negociadas nas bolsas de Londres e Joanesburgo. Seu portfólio de negócios atende às diferentes necessidades dos clientes e abrange commodities de alto volume – minério de ferro e manganês; carvão metalúrgico e carvão mineral; metais básicos e minerais – cobre, níquel; e metais e minerais preciosos – nos quais é líder global em platina e em diamantes.

A Anglo American é comprometida com a realização de um trabalho alinhado aos seus stakeholders - investidores, clientes, parceiros e empregados - para criar valor

sustentável que faz a diferença, respeitando os mais altos padrões de segurança e responsabilidade em todos os seus negócios e localidades. As operações de mineração, projetos de expansão e atividades de exploração da empresa estão presentes no sul da África, América do Sul, Austrália, América do Norte, Ásia e Europa.

A empresa atua no Brasil desde 1973 e hoje está presente no País com dois produtos: minério de ferro, com o Minas-Rio, o maior projeto de exploração de minério de ferro em desenvolvimento no mundo; níquel, com operações nos municípios de Barro Alto e Niquelândia, em Goiás. É importante destacar que a amostra de escória retirada para ensaios laboratoriais para este trabalho foi da planta de Barro Alto.

O ferro-níquel é um metal ferromagnético, com elevada dureza, e um branco brilhante o qual é facilmente convertido numa variedade de produtos. O seu uso mais comum é como um componente de várias ligas, de aços inoxidáveis que são as mais comuns (Minera Loma de Níquel, 2012). FERREIRA et al., (2008) citaram que a maior parte do níquel produzido é consumida na fabricação de ligas ferrosas e não ferrosas. As características físico-químicas do níquel permitem que ele ceda características muito importantes para ligas em variadas aplicações. Dentre as várias características possíveis do níquel, destacam-se as seguintes: resistência a quente, devido ao seu alto ponto de fusão; resistência à corrosão, devido a sua alta dureza e tenacidade; reduzida variação dimensional, dada por seu elevado módulo de elasticidade de 204 GPa; e elevada resistência elétrica (eletronegatividade baixa), que garante um grande aquecimento durante a condução elétrica (LUZ et al., 2010). Os depósitos de níquel podem ser de origem magmática ou residual. As jazidas magmáticas são também chamadas de sulfetadas e as jazidas residuais são constituídas por material extremamente alterado pelas interpéries. As jazidas residuais possuem como fonte as rochas ultrabásicas, são chamadas de lateríticas, normalmente são encontradas na região dos trópicos, e representam 80% das reservas e 45% da produção mundial (MANO, 2002 apud RICHTER, 2009).

O níquel é um metal muito usado sob a forma pura para fazer a proteção de peças metálicas, pois oferece grande resistência à oxidação. Suas principais aplicações são em ligas ferrosas e não-ferrosas para consumo no setor industrial, em material militar, em moedas, em transporte/aeronaves, em aplicações voltadas para a construção civil e em diversos tipos de aços especiais, altamente resistentes à oxidação, como os aços inoxidáveis, bem como em ligas para o fabricação de ímãs (metal Alnico), em ligas elétricas, magnéticas e de expansão, ligas de alta permeabilidade, ligas de cobre-níquel, tipo níquel-45, e em outras ligas nãoferrosas. A niquelagem de peças é feita por galvanoplastia, usando banhos de sais de níquel (LUZ et al., 2010). O Brasil é o sétimo maior produtor de níquel com

aproximadamente 85.000 toneladas em 2008. A Rússia é a maior produtora com 19% do volume total, seguida pelo Canadá com 15%, Austrália com 11% e Indonésia com 9% (USGS/DNPM apud IBRAM, 2013).

Figura 2.4.1 - Etapas do Processo Ferro Níquel e localização das unidades da Anglo American em Goiás.



Fonte: Santos, Um Estudo Sobre a Utilização da Escória de Ferro-níquel em Pavimentação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Foram retirados 100Kg de escória de ferro-níquel da unidade da Anglo American, situada no município de Barro Alto em Goiás e encaminhados para a fabrica de blocos de concreto Goiás Postes em Goianésia-GO, local onde foram fabricadas as amostras para os primeiros ensaios laboratoriais na Empresa de Consultoria Carlos Campos em Goiânia.

A escória de ferro-níquel da redução possui características peculiares em relação a outras obtidas em processos de ferro-níquel espalhados pelo mundo, sobretudo pelas características do minério. A escória de ferro-níquel da redução possui altos teores de sílica e magnésio, podendo ser considerada um material membro do grupo das olivinas que são constituídos por silicatos de magnésio e ferro. A olivina geralmente se apresenta com cor verde oliva, daí o seu nome.

A Figura 3.1.1 ilustra a amostra de escória ferro-níquel estudada neste trabalho com sua tonalidade verde caracterizada pela sua composição química.

Figura 3.1.1 - Coleta de amostra de escória de ferro-níquel para ensaios laboratoriais.



Fonte: Feitosa, 2017.

Em Barro Alto a escória não é separada em estoques por lote de produção, existindo uma pilha única, conforme ilustra Figura 3.1.2, que concentra toda a escória gerada no seu processo produtivo. Caso essa escória fosse expansiva, essa situação não seria boa para a cura da mesma, pois para que ocorra a hidratação de todo o material estocado, o ideal é ter formações de pilhas baixas e separadas em lotes conforme a data de sua geração.

Figura 3.1.2 Depósito de escória de ferro-níquel na Planta de Barro Alto-GO.



Fonte: Feitosa, 2017.

Segundo a empresa, as operações de redução e refino são responsáveis pela quase totalidade da produção de ferro-níquel no país, aproximadamente 97,9% da produção nacional. A empresa configura como uma das maiores produtoras mundiais do metal.

A mineradora ainda ressalta que quando a Planta estiver em regime normal de operação serão geradas anualmente 1.800.000t de escória da redução que, originalmente, serão depositadas em barragens de rejeitos devidamente preparadas para estocar tal material. Trata-se de um grande volume que envolve dispêndios como custo de transporte, impermeabilização do terreno onde será destinada, entre outros.

A quantidade de escória gerada no processo de produção do ferro-níquel e a de quantidade de escória que é comercializada para empresas fabricantes de cimento conforme figura 3.1.2. Observa-se que o consumo ainda é um pouco limitado pela empresa devido à especificação do cimento possuir limitação do teor de magnésio em sua composição. Um levantamento realizado em 2010 foi realizado para saber a relação da quantidade de escória produzida com a quantidade vendida, 370.702 t produzidos contra apenas 44.999 vendidas.

Segundo a norma ABNT NBR 7211/2005 a definição de agregado miúdo são grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m. De acordo com o relatório de número 370-1/17, referente aos ensaios granulométricos da amostra de escória no laboratório da sede da Empresa de Consultoria Carlos Campos alcançou módulo de finura de 3,53 mm e a norma determina

dimensão máxima de 4,8 mm, caracterizando então a escória de auto forno de redução como agregado miúdo.

3.2 MÉTODOS

O padrão estabelecido na empresa Goiás Postes para a fabricação de blocos de concreto adota-se para 03 carrinhos de mão completos de areia, 01 saco e uma pá de cimento, onde:

- * 01 carrinho de mão completo de areia = 04 latas de 18 litros;
- * 01 lata de 18 litros completo de areia = 27 Kg;

Para o experimento onde adicionou a escória no traço para a fabricação dos blocos de concreto adotou a seguinte distribuição e quantidade de materiais:

- * $1 \frac{1}{2}$ de areia (≈ 162 Kg);
- * $1 \frac{1}{2}$ de escória de ferro-níquel (≈ 162 Kg);
- * 1 saco de 50 Kg e uma pá de cimento CPII-Z-32RS (≈ 55 Kg);

Obs.: adição da água depende da condição do agregado, ou seja, teor de umidade, pois a quantidade de água é fundamental nos resultados, não pode exceder e tão pouco faltar água, nesse processo recomenda-se a experiência do mestre de obra para não comprometer os resultados.

3.3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Devido aos custos estimados para este projeto, a sua viabilidade econômica para fabricar os blocos de concreto e custos relacionados ao frete para transportar os mesmos à empresa de Consultoria Carlos Campos em Goiânia, optou-se em um traço no processo de fabricação dos blocos de concreto com escória, suficiente para atingir o objetivo no âmbito da construção civil.

Figura. 3.3.1 – Misturador de cimento e areia.



Fonte: Feitosa, 2017.

FIG. 3.3.2 - Máquina para moldar e compactar blocos de concreto.



Fonte: Feitosa, 2017.

FIG. 3.3.3 - Blocos de concreto com escória de FeNi fabricados pela Goiás Postes.



Fonte: Feitosa, 2017.

Os processos de mistura, moldagem e compactação dos blocos são realizados por máquinas, tornando o processo mais rápido e eficaz proporcionando resultados dos blocos uniformes. Quando encaminhados para o estoque, é feito nos dois primeiros dias jateamento com água pela manhã e pela tarde para que a secagem dos blocos ocorra por igual de dentro para fora. Após esse procedimento os blocos podem ser retirados para aplicação em obras. Tratando deste experimento, os blocos permaneceram no estoque aproximadamente 10 dias até serem encaminhados para os testes laboratoriais quanto a resistência e permeabilidade. Uma medida de obter resultados ainda mais satisfatórios seria obtenção de uma prensa para que ensaios possam ser realizados de forma aleatória, respeitando os devidos procedimentos conforme a norma NBR 6136/2007 na própria empresa Goiás Postes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos das amostras dos blocos de concreto enviados à empresa de Consultoria e Construção Carlos Campos.

4.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO MIÚDO NBR NM 248.

Tabela 4.1.1 - Composição granulométrica de agregado miúdo - escória de Ferro-níquel

| | | |
|---|----------------------------|------------|
|  CARLOS CAMPOS CONSULTORIA E CONSTRUÇÕES LIMITADA <small>DESDE 1979</small> | Relatório de Ensaio | Revisão 00 |
| | Página 1/1 | |

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO MIÚDO NBR NM 248

Interessado: Gustavo Fiusa Alves Feitosa

Relatório nº: 370-1/17

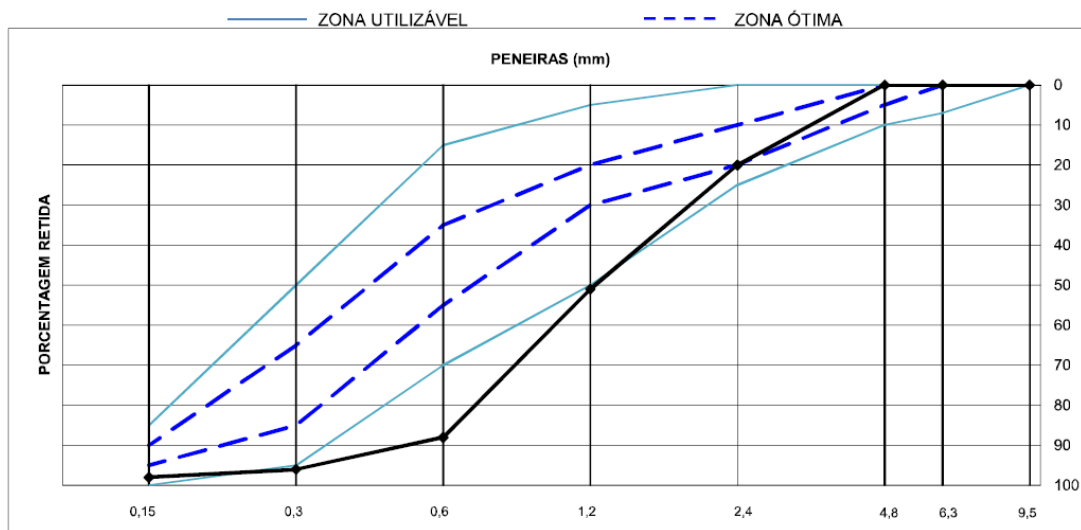
Procedência: Mineradora de Ferro Níquel

Data de realização do ensaio: 05/04/2017

Material: Escória de alto forno

Data de emissão desse relatório: 02/05/2017

| ABERTURA DAS PENEIRAS (mm) | PORCENTAGENS RETIDAS | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-----------|------------------|---------|------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | ENSAIO | | | | | LIMITES RECOMENDADOS - NBR 7211 (ACUMULADAS) | | | |
| | Pesos (g) | Pesos (g) | Pesos médios (g) | Simples | Acumuladas | Zona Utilizável | | Zona Ótima | |
| | | | | | | Limite inferior | Limite superior | Limite inferior | Limite superior |
| 9,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| 4,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 5 |
| 2,4 | 110,2 | 99,8 | 105,0 | 20 | 20 | 0 | 25 | 10 | 20 |
| 1,2 | 162,1 | 173,5 | 167,8 | 31 | 51 | 5 | 50 | 20 | 30 |
| 0,6 | 200,2 | 197,0 | 198,6 | 37 | 88 | 15 | 70 | 35 | 55 |
| 0,3 | 43,2 | 44,5 | 43,9 | 8 | 96 | 50 | 95 | 65 | 85 |
| 0,15 | 13,3 | 13,1 | 13,2 | 2 | 98 | 85 | 100 | 90 | 95 |
| PRATO | 6,2 | 6,6 | 6,4 | 2 | 100 | - | - | - | - |
| TOTAIS | 535,3 | 534,4 | 534,9 | 100 | 453 | - | - | - | - |
| MÓDULO DE FINURA: | 3,53 | | | | | | | | |




Fonte: Carlos Campos Consultoria e Construções, 2017.

Segundo a norma ABNT NBR 6136/2007 os agregados miúdos devem estar de acordo com a ABNT NBR 7211. Escórias de alto forno, podem ser usadas com a condição de que o produto final atenda aos requisitos físico-mecânicos prescritos em 5.3 na ABNT NBR

6136/2007. Recomenda-se que a dimensão máxima característica do agregado não ultrapasse a metade da menor espessura de parede do bloco.

4.2 QUANTO A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - MÉTODO NBR 12118/13.

Tabela 4.2.1 - Resultados dos ensaios de resistência a compressão.

|  | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|--|-------------|--|------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| <p align="center">RELATÓRIO DE ENSAIO BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - METODO NBR 12118/13</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Relatório nº: 369-1/17 | | | | | | | | | | | | | Pagina 1/1 |
| Interessado: GUSTAVO FIUSA ALVES FEITOSA - TCC | | | | Realização do ensaio: 10/04/2017 | | | | Emissão desse relatório: 02/05/2017 | | | | | |
| Endereço: Vial João de Castro Souza, Número 3, Negrinho Carrilho, Goianésia-GO | | | | | | | | | | | | | |
| Datas: | | | | | | | | | | | | | |
| INFORMAÇÕES DO ENSAIO | | | | | | EQUIPAMENTOS UTILIZADOS | | | | | | | |
| Identificação da amostra: Blocos de concreto - amostra nº 1 Procedência: Goiás Postes Classe: C Módulo: M-15 Família: 15 x 40 Lote: 1 Amostragem: Realizada pelo cliente Data da amostragem: 01/04/2017 Condições ambientais da amostragem: Não informada Aplicação: Pesquisa TCC Preparo das faces: Pasta de cimento Condições de secagem: Em ambiente de laboratório Temp. do ar (°C): 26 | | | | | | Balança nº: 113 Prensa nº: 126-B Régua nº: 552 Termohigrometro nº: 555 Espessura das placas de apoio (mm): 100 Termometro nº: 203916/12 Estufa (s) nº: 603 | | | | | | | |
| f_{ik} (MPa): 3,0 Data de fabricação: 28/03/2017 Tipo de cimento: CP II Tipo de agregado: Normal Condições de cura: Cura úmida Idade do cp na data do ensaio (dias): 13 Local do ensaio: Laboratório Sede Umidade Relativa do ar (%): 65 | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | |
| Corpo de prova nº | Massa (g) | Dimensões medias (mm) | | Área Bruta (mm²) | Carga de Ruptura (N) | Resistencia a compressão | | | | $f_{sk, est}$ (MPa) | f_{bl, Ψ_6} (MPa) | Umidade relativa média (%) | $f_{sk, est}$ (MPa) |
| | | Largura | Comprimento | | | Individual (MPa) | Media (MPa) | Desvio padrão (MPa) | Coefficiente de variação (%) | | | | |
| 1 | 11708 | 140 | 391 | 54740 | 232123 | 4,2 | 4,6 | 0,3 | 7,4 | 4,2 | 3,8 | 23,9 | 4,2 |
| 2 | 11411 | 142 | 390 | 55250 | 277038 | 5,0 | | | | | | | |
| 3 | 11529 | 141 | 390 | 54990 | 239086 | 4,3 | | | | | | | |
| 4 | 11375 | 141 | 390 | 54990 | 243989 | 4,4 | | | | | | | |
| 5 | 11432 | 141 | 390 | 55120 | 239969 | 4,4 | | | | | | | |
| 6 | 11868 | 141 | 391 | 55084 | 273115 | 5,0 | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | |

Fonte: Carlos Campos Consultoria e Construções, 2017.

Ensaio realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 12118/13 no dia 03 de abril de 2017.

Para blocos com resistência característica específica inferior a 8 MPa, o teor da umidade relativa média no momento do ensaio da compressão deve ser de $(25 \pm 15) \%$. O teor de umidade relativa média foi de 23,9%, que **ESTÁ EM CONFORMIDADE** com a

condição prevista no item 6.2.3 da norma NBR 12118/13. Quanto ao aspecto visual, a NBR 6136/2007 especifica que os blocos devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção. A inspeção visual permitiu verificar que a amostra **ESTÁ EM CONFORMIDADE** com as especificações.

De acordo com a NBR 6136/2014, blocos vazados de concreto de classe C devem apresentar $f_{bk} \geq 3$ MPa. A amostra apresentou f_{bk} igual a 4,2 MPa. O resultado da amostra **INDICA CONFORMIDADE** com relação à classe do bloco informada pelo interessado.

Nesse método de ensaio pode-se concluir que os blocos de concreto com escória podem ser utilizados em projetos que contemplem a sua aplicação em vedações conforme norma NBR ABNT 6136/2007, entretanto nada impede de que estudos sejam realizados na composição do traço para que melhore esses índices proporcionando a utilização de blocos de concreto em estruturas, desde que seja igual ou superior a uma resistência de compressão de 8 Mpa.

4.3 ANÁLISE DIMENSIONAL - MÉTODO NBR 12118/13.

Tabela 4.3.1 - Resultado da análise dimensional.

| INFORMAÇÕES DO ENSAIO | | EQUIPAMENTOS UTILIZADOS |
|--|--|--|
| <p>Identificação da amostra: Blocos de concreto - amostra nº 1</p> <p>Procedência: Goiás Postes</p> <p>Classe: C</p> <p>Modulo: M-15</p> <p>Familia: 15 x 40</p> <p>Lote: 1</p> <p>Amostragem: Realizada pelo cliente</p> <p>Data da amostragem: 01/04/2017</p> <p>Condições ambientais da amostragem: Não informada</p> <p>Aplicação: Pesquisa TCC</p> <p>Idade do cp na data do ensaio (dias): 6</p> <p>Temp. do ar (°C): 26</p> | | <p>Balança nº: 113</p> <p>Regua nº: 552</p> <p>Paquímetro nº: 520</p> <p>Termohigrometro nº: 555</p> |
| <p>f_{tk} (MPa): 3,0</p> <p>Data de fabricação: 28/03/2017</p> <p>Tipo de cimento: CP II</p> <p>Tipo de agregado: Normal</p> <p>Condições de cura: Cura úmida</p> <p>Local da amostragem: Fornecedor</p> <p>Local do ensaio: Laboratório Sede</p> <p>Umidade Relativa do ar (%): 58</p> | | |

| Corpo de prova nº | Dimensões médias (mm) | | | Massa (g) | Área Bruta (mm ²) | Espessura mínima das paredes longitudinais (mm) | Espessura mínima das paredes transversais (mm) | Espessura equivalente mínima (mm/m) | Furos (mm) | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------|-------|-----------|-------------------------------|---|--|-------------------------------------|----------------------------|----|--------|----|-------------------|
| | Largura | Altura | Comp. | | | | | | Longitudinal / Transversal | | | | D _{furo} |
| | | | | | | | | | Furo 1 | | Furo 2 | | |
| | | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 1 | 140 | 198 | 391 | 11708 | 54740 | 24 | 24 | 183 | 159 | 93 | 161 | 94 | 93 |
| 2 | 142 | 193 | 390 | 11411 | 55250 | 24 | 23 | 174 | 161 | 94 | 163 | 92 | 92 |
| 3 | 141 | 199 | 390 | 11529 | 54990 | 24 | 23 | 175 | 162 | 95 | 161 | 92 | 92 |
| 4 | 141 | 198 | 390 | 11375 | 54990 | 24 | 24 | 182 | 158 | 92 | 160 | 94 | 92 |
| 5 | 141 | 199 | 390 | 11432 | 55120 | 24 | 23 | 174 | 162 | 95 | 162 | 92 | 92 |
| 6 | 141 | 197 | 391 | 11868 | 55084 | 24 | 24 | 185 | 161 | 93 | 158 | 93 | 93 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fonte: Carlos Campos Consultoria e Construções, 2017.

Ensaio realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 12118/13 no dia 03 de abril de 2017.

Quanto ao aspecto visual, a NBR 6136/2007 especifica que os blocos devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção. A inspeção visual permitiu verificar que a amostra **ESTÁ EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES**.

Quanto à análise dimensional, a NBR 6136/2007 especifica que as dimensões permitidas para os blocos da família 15 X 40 são de (140 ± 2) mm para a largura, (390 ± 3) mm para o comprimento e (190 ± 3) mm para a altura. Os blocos vazados de concreto classe C devem apresentar espessura mínima das paredes longitudinais e transversais de 18 mm e 18 mm, respectivamente, e espessura equivalente mínima de 135 mm/m. O resultado da amostra **INDICA CONFORMIDADE**, com relação à classe do bloco informada pelo interessado, para espessura mínima e espessura equivalente das paredes dos blocos.

A amostra apresentou **NÃO CONFORMIDADE** com relação às tolerâncias permitidas para a altura, admitindo-se a família do bloco informada pelo interessado.

Nesse método de ensaio pode-se concluir que os blocos de concreto com escória apresentaram não conformidade quanto às tolerâncias permitidas para a altura, entretanto alguns ajustes no processo de fabricação ou até mesmo na regulagem da máquina de moldar os blocos de concreto podem ser boas alternativas para corrigir esses parâmetros.

4.4 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÁREA LÍQUIDA - MÉTODO NBR 12118/13.

Tabela 4.4.1 - Determinação da absorção de água e área líquida

| INFORMAÇÕES DO ENSAIO | | EQUIPAMENTOS UTILIZADOS | |
|--|--|---|--|
| <p>Identificação da amostra: Blocos de concreto - amostra nº 1</p> <p>Procedência: Goiás Postes f_{tk} (MPa): 3,0</p> <p>Classe: C Data de fabricação: 28/03/2017</p> <p>Módulo: M-15 Tipo de cimento: CP II</p> <p>Família: 15 x 40 Tipo de agregado: Normal</p> <p>Lote: 1 Condições de cura: Cura úmida</p> <p>Amostragem: Realizada pelo cliente</p> <p>Data da amostragem: 01/04/2017 Local da amostragem: Fornecedor</p> <p>Condições ambientais da amostragem: Não informada</p> <p>Aplicação: Pesquisa TCC</p> <p>Idade do cp na data do ensaio (dias): #VALOR! Local do ensaio: Laboratório Sede</p> <p>Temperatura da água (°C): 25,0 Temperatura da estufa (°C): 110,0</p> <p>Massa específica da água utilizada no ensaio (g/cm³): 0,9971</p> | | <p>Balança nº: 113</p> <p>Regua nº: 552</p> <p>Termômetro nº: 203916/12</p> <p>Estufa nº: 603</p> <p>Cronômetro nº: 403</p> | |

| DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------|
| Corpo de prova nº | Massa da amostra recebida (g) | Massa da amostra seca em estufa (g) | Massa da amostra saturada (g) | Absorção (%) | |
| | | | | Individual | Média |
| 10 | 11389,0 | 10990,0 | 12242,0 | 11,4 | 11,7 |
| 11 | 11408,0 | 10997,0 | 12327,0 | 12,1 | |
| 12 | 11558,0 | 11137,0 | 12417,0 | 11,5 | |

| DETERMINAÇÃO DA ÁREA LÍQUIDA | | | | |
|------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Corpo de prova nº | Altura (mm) | Massa aparente da amostra (g) | Área líquida (mm²) | |
| | | | Individual | Média |
| 10 | 197 | - | - | - |
| 11 | 196 | - | - | |
| 12 | 195 | - | - | |

Fonte: Carlos Campos Consultoria e Construções, 2017.

Ensaio realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 12118/13 no dia 05 de abril de 2017.

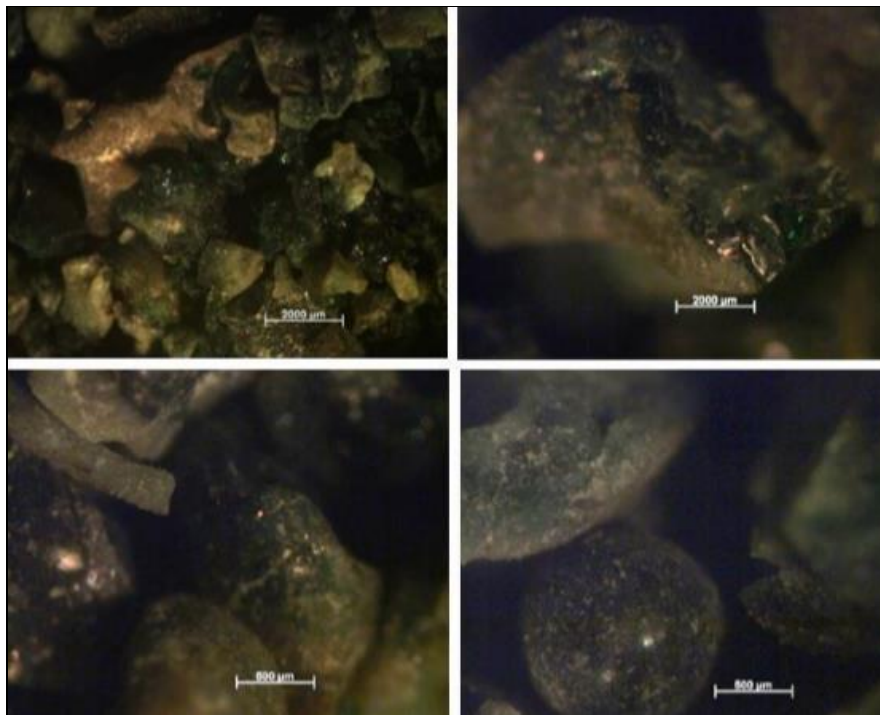
De acordo com a NBR 6136/2007, blocos vazados de concreto classe C, moldados com agregado normal, devem apresentar absorção individual e média menor ou igual a 12,0 % e 10,0 %, respectivamente. O resultado da amostra analisada **INDICA NÃO CONFORMIDADE** com relação às especificações de absorção.

Nesse método de ensaio pode-se concluir que os blocos de concreto com escória apresentaram não conformidade quanto a absorção de água. Neste caso necessita desenvolver novos estudos e experimentos para que novos resultados possam se adequar às normas. É possível melhorar a granulometria dos agregados miúdos (areia e escória) inserindo processo de peneiramento proporcionando diminuição destes agregados e conseqüentemente resultando ainda mais no preenchimento dos espaços vazios.

4.5 ANÁLISE POR MICROSCOPIA ÓPTICA DA ESCÓRIA.

A Figura 4.5.1 ilustra a amostra de escória de ferro-níquel submetida ao ensaio de microscopia óptica para análise da sua superfície e estrutura. É perceptível que o grão da escória de ferro-níquel possui alguns grãos com a superfície lisa, alguns rugosos. Não foram observados poros nem fissuras e a forma dos grãos variando entre esférica e irregular. (Ensaio extraído dos estudos sobre a utilização da escória em pavimento rodoviário, Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro pela discente Graziella Santos.).

FIG. 4.5.1 - Amostras de escória de ferro-níquel submetidas ao ensaio de Microscopia Óptica com aumento de 40 vezes.



Fonte: Santos, Um Estudo Sobre a Utilização da Escória de Ferro-níquel em Pavimentação.

5 OUTROS ESTUDOS PARA UTILIZAÇÃO DE FERRO-NÍQUEL

É válido conhecer e divulgar outros estudos para utilização de resíduos em outras aplicações e a importância dos trabalhos existentes que as grandes mineradoras desenvolvem até mesmo para que sirva de incentivo para uma nova geração de estudantes que estão por vir. Os tópicos 5.1 e 5.2 foram outros projetos desenvolvidos com o objetivo de exemplificar outras formas de utilização dos rejeitos de mineradoras em outros segmentos agregando ainda mais valores aos seus produtos.

5.1 UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA GERADA NA PRODUÇÃO DE NÍQUEL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS.

Este trabalho teve como objetivo o estudo da incorporação de um resíduo de uma mineradora à massa cerâmica de uma indústria de tijolos e telhas, ambas da região Sudoeste do Brasil. Utilizou-se a escória de níquel, estocada no pátio da mineradora e que não tinha uma proposta de destinação mais nobre ou de reutilização, para a incorporação em telhas cerâmicas da região. Foram feitos ensaios de adição de escória à massa cerâmica e buscou-se a melhor composição para que o produto final pudesse ter um ganho de qualidade. Os resultados indicaram que a adição de escória de níquel à massa cerâmica causou aumento na densidade aparente e na resistência mecânica, com redução da retração linear e da permeabilidade, proporcionando maior estabilidade dimensional das telhas e menor penetração de fluidos. Não houve alteração nos parâmetros de solubilização e lixiviação segundo as normas da ABNT (M.D.M. Innocentini, UNAERP, 14096-900 Ribeirão Preto-SP).

5.2 UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA DE FERRO-NÍQUEL EM PAVIMENTO RODOVIÁRIO

Este trabalho aborda a caracterização de misturas asfálticas e mistura solo com escória ferro-níquel como agregado alternativo. A escória de ferro-níquel, proveniente da Mineradora Anglo American/GO, foi caracterizada quimicamente através dos ensaios de Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV) completada pela análise de Energia Dispersiva de Raio-X (EDS), Microscopia Óptica e Difração de Raio-X e também ensaios físicos utilizados na caracterização de agregados na pavimentação, incluindo o ensaio de AIMS (*Aggregate Imaging System*). Os ensaios ambientais de Lixiviação e Solubilização foram

previamente realizados por uma empresa terceirizada, o qual concluiu tratar-se de um material inerte. Foram realizadas dosagens de misturas asfálticas tipo A.A.U.Q e C.A.U.Q com a utilização da escória de ferro-níquel como agregado miúdo, além de brita 1, brita 0, pó pedrisco e cimento com o uso de CAP 50/70 modificado por agente melhorador de adesividade (DOPE). As misturas asfálticas foram dosadas utilizando a metodologia Marshall. Estas misturas foram caracterizadas mecanicamente através dos ensaios de resistência à tração estática por compressão diametral, dano por umidade induzida e módulo de resiliência por compressão diametral. Apresentam-se resultados de caracterização das camadas de um pavimento existente no qual foi realizado um trecho experimental com mistura asfáltica contendo escória de ferro-níquel. Foram realizados ensaios para medida de expansão pelo método do CBR, ensaios de compactação Proctor e Granulometria. Mostra-se também valor de módulo resiliente de uma mistura de solo laterítico e escória de ferro-níquel para camada de base. Os resultados obtidos para a mistura asfáltica tipo A.A.U.Q com escória de ferro-níquel não foram satisfatórios para este tipo de mistura, apresentando estabilidade nula e valores de módulo resiliente muito baixos. A mistura tipo C.A.U.Q obteve bons resultados de estabilidade, resistência à tração por compressão diametral e módulo resiliência, compatível com misturas similares disponibilizadas na literatura. A mistura solo e escória de ferro-níquel gerou excelentes resultados, com expansão nula e valor de módulo resiliente até 600 MPa. Conclui-se que a escória de ferro-níquel é de uso favorável em concretos asfálticos como substituto da areia, e que os demais requisitos ambientais são satisfatórios para o emprego em obras geotécnicas, sendo uma opção viável do ponto de vista econômico e ambiental (Santos, Graziella Pereira Pires dos. Um Estudo Sobre a Utilização da escória de Ferro-níquel em Pavimentação Rodoviária).

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliando este trabalho no ponto de vista geral é válido afirmar que os resultados alcançaram as expectativas e que os ensaios laboratoriais servem como uma referência bastante eficaz para desenvolvimento de novos estudos e assim adequar todos os pontos que evidenciaram não conformidade como na altura do bloco e permeabilidade por exemplo. Esses pontos isolados podem ser de fácil correção, levando-se em consideração que o traço estabelecido quanto ao agregado miúdo foi de 50% de escória e 50% de areia, valores podem ser estudados com o propósito de melhorar a permeabilidade dos blocos de concreto.

Na análise por Microscopia Óptica, investigou-se a superfície do agregado escória de ferro-níquel com o aumento de 40 vezes. Constatou-se que o agregado possuía uma

superfície lisa e não foram observados poros, ou seja, esse ensaio pode contribuir para novos estudos para melhorar a permeabilidade dos blocos de concreto.

Para tornar o uso de blocos de concreto, utilizando a escória como um dos seus componentes de agregado miúdo de forma viável, no ponto de vista econômico é preciso mensurar o custo operacional, melhoria nos pontos não conformes, estudos de mercado de acordo com a utilização destes produtos no município de Goianésia-GO e proximidades para que alcance preços competitivos de mercado comparado aos blocos convencionais e dependendo do projeto, substituindo os tijolos de cerâmica.

O experimento nos possibilitou atentar à importância da utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) por exemplo as luvas, máscaras e óculos são fundamentais no momento da fabricação onde há um contato direto com a escória quanto no manuseio dos blocos já prontos onde haverá um contato "indireto".

Pode-se afirmar que os resultados obtidos neste projeto serviram de combustível, ou seja, um primeiro passo para um futuro promissor utilizando este resíduo na construção civil levando em consideração a sua viabilidade comercial e até mesmo social deste produto. Aprimorar alguns pontos é possível alcançar níveis de excelência e assim adquirir, até mesmo, a certificação de qualidade emitida pelo Instituto Carlos Campos, credenciado pelo Inmetro. O custo da escória também seria outro fator que poderia resultar expressivamente no valor final de cada bloco, podendo estimar mais vendas e conseqüentemente aumentando a mão de obra, lucros e por fim agregando valor deste produto ao município e até mesmo ao estado de Goiás, para isso é fundamental o apoio direto da empresa que forneceria a escória bem como as autoridades locais.

No ponto de vista ambiental, pode-se destacar: primeiro - escoamento dos grandes depósitos de escórias que ficam a céu aberto; segundo - diminuição do uso de areia na fabricação dos blocos e conseqüentemente diminuindo significativamente os impactos ambientais negativos dos leitos dos rios.

Do ponto de vista social, pode-se investir de forma positiva no desenvolvimento econômico do município, gerando empregos e qualificação profissional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). NBR 10004. Resíduos Sólidos - Classificação.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). NBR 7211. Agregados para concreto - Especificação.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). NBR 6118. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos.

FERREIRA, D.; MESQUITA, H.; LIMA, R. Níquel. Trabalho de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará. Belém, PA, 2008. FHWA - Federal Highway Administration 05/5 – 1707 – 01 -1. Aggregate Imaging System (AIMS): Basics and Applications

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000043.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2013

INSTITUTO AÇO BRASIL Panorama de escória de Aciaria no Brasil. Seminário Internacional de Aplicação da escória de Aciaria. Belo Horizonte/MG – Brasil – nov 2010

LUZ, C.; FERREIRA, D.; LOPES, L.; CARDOSO, M.; CAVALCANTI, R. Relatório sobre níquel. Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém do Pará/PA, 2010.

PACHECO, L. C. D.; MARANGON, M. Utilização de escória de aciaria elétrica em obras de engenharia. Juiz de Fora, FCT, 1997.

POLISSENI, A. E. Estudo da viabilidade técnica da utilização de escória de aciaria elétrica micronizada como material cimentício. Tese de Doutorado apresentada ao 124 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre/ RS, 2005.

Santos, Graziella Pereira Pires dos C331s Um Estudo Sobre a Utilização da escória de Ferro-níquel em Pavimentação Rodoviária / Graziella Pereira Pires dos Santos; orientado por Antonio Carlos Rodrigues Guimarães, Luíz Antonio Vieira Carneiro e Julio Cesar Soares de Oliveira. – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2013.

<http://transportes.ime.eb.br/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20GRAZIELLA.pdf>