

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO AUGUSTO GOMES COELHO

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL
PELO RESÍDUO DA PEDRA DE PIRENÓPOLIS NA
RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL**

ANÁPOLIS / GO

2013

EDUARDO AUGUSTO GOMES COELHO

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL
PELO RESÍDUO DA PEDRA DE PIRENÓPOLIS NA
RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: CHRISTIAN MOREIRA

ANÁPOLIS / GO

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

COELHO, EDUARDO AUGUSTO GOMES.

Influencia da substituição da areia natural pelo resíduo da pedra de Pirenópolis na resistência do concreto estrutural 2013

xiii, 36p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2013).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Estrutural

2. Pedra de Pirenópolis

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COELHO, E.A.G. Influência da substituição da areia natural pelo resíduo da pedra de Pirenópolis na resistência do concreto estrutural. TCC, Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, GO, 36p. 2013.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Eduardo Augusto Gomes Coelho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Influência da substituição da areia natural pelo resíduo da pedra de Pirenópolis na resistência do concreto estrutural.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2013

É concedida à Unievangélica 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.

EDUARDO AUGUSTO GOMES COELHO

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL
PELO RESÍDUO DA PEDRA DE PIRENÓPOLIS NA
RESISTÊNCIA DO CONCRETO ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**CHRISTIAN MOREIRA, Mestre (Unievangélica)
(ORIENTADOR)**

**DANIEL ANDRADE, Mestre (Unievangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ISA LORENA, Mestre (Unievangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 DE NOVEMBRO DE 2013.

**“Nenhuma engenharia constrói um caráter”
(Desconhecido)**

Agradecimentos

Em especial aos meus pais, José Teodoro e Betânia, por terem me encorajado, me auxiliado e contribuído nessa jornada tornando hoje esse título uma realidade.

A Tamine, pelo grande apoio, paciência e incentivo que sempre me deu nas horas mais difíceis.

A todos os professores por terem se dispostos a passarem todo o conhecimento a nós estudantes.

Aos colegas de faculdade por terem me ensinado e compartilhado comigo grandes emoções.

Ao Prof. Engº Christian Moreira, pelo excelente trabalho de orientador.

A Técnica Rafaela Lima, pela auxílio exemplar e paciente durante as visitas ao laboratório.

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

A Deus, que sem ele nada disso seria possível.

Muito Obrigado.

Resumo

O concreto estrutural já tem o uso difundido pelo mundo. Ele se objetiva a alcançar resistências e trabalhabilidade, fazendo com que assim se consiga uma estrutura mais resistente, mais durável onde se ganha também na redução dos pilares, tendo um acréscimo nas áreas uteis, diminuição do peso próprio da estrutura entre outros.

Outra questão importante é a ambiental, onde se está produzindo muitos resíduos, gerando assim muita poluição, prejudicando o meio ambiente.

Este trabalho procurou mostrar se a utilização de um resíduo, que teria sua destinação o aterro sanitário, seria viável para a obtenção de um concreto estrutural.

O resíduo escolhido para estes ensaios, foi a areia proveniente do corte em pedras de Pirenópolis, sendo este um resíduo que está se acumulando nas pedreiras da região.

Ele será substituído no lugar da areia natural nas seguintes misturas: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

Com os resultados obtidos, vemos que a mistura de 25% de substituição é a que apresentou os melhores valores de resistências.

Ao término veremos se há a viabilidade de se utilizar este resíduo.

Palavra-Chave: Concreto estrutural, meio ambiente, pedra de Pirenópolis.

Abstract

The structural concrete already has widespread worldwide use. It aims to achieve resistance and workability, thus causing get a stronger structure , which also more durable gains in the reduction of the pillars , with an increase in the useful area , decreased weight of the structure itself and others.

Another important issue is the environment , where it is producing much waste , thus creating a lot of pollution , damaging the environment .

This paper sought to show that the use of a residue, which would use the landfill disposal , it would be feasible to obtain a structural concrete.

The residue chosen for these trials was sand from cut stones Pirenópolis , this is a waste that is accumulating in the quarries of the region .

It will be substituted in place of the natural sand in the following mixtures : 0 % , 25 % , 50 % , 75% and 100%.

With the results , we see that the mixture of 25 % substitution is the one that showed the best values of resistors .

At the end we will see if there is the feasibility of using this waste.

Keyword : Concrete structural , environmental , stone Pirenópolis .

Lista de Figuras

Figura	Pág
Figura 2.1 – Fluxograma de fabricação de Cimento	9
Figura 2.2 – Peneiras Normalizadas pela ABNT	12
Figura 2.3 – Tipos de Areia	12
Figura 2.4 – Classificação das Britas	13
Figura 2.5 – Placa da cidade confeccionada com a pedra de Pirenópolis	16
Figura 2.6 – Principal Pedreira do Município de Pirenópolis	16
Figura 2.7 – Areia da pedra de Pirenópolis (Quartzito Branco)	18
Figura 3.1 – Cálculo do traço	19
Figura 3.2 - Concreto com um mal amassamento	21
Figura 3.3 – Concreto com o correto amassamento	22
Figura 3.4 – Moldes de corpos de prova	23
Figura 3.5 – Corpo de Prova 15cm X 30cm	23
Figura 3.6 – Cura dos corpos de prova	23
Figura 3.7 – Sequência esquemática do ensaio	24
Figura 3.8 – Ensaio do abatimento do tronco de cone	24
Figura 3.9 – Enxofre sendo derretido	25
Figura 3.10 – Corpo de prova no capeador	26
Figura 3.11 – Corpo de prova Capeado	26
Figura 3.12 – Prensa	27
Figura 3.13 – Prensa com corpo de prova	27
Figura 3.14 – Resultado do ensaio de compressão	28

Lista de Tabelas / Gráficos

Tabela / Gráfico	Pág
Tabela 2.1 – Composição do cimento	10
Tabela 2.2 - Classificação do Módulo de Finura	12
Tabela 2.3 – Classificação do Agregado graúdo	13
Tabela 2.4 – Limites Granulométricos	14
Tabela 2.5 – Classificação dos Aditivos	15
Tabela 2.6 – Caracterização do Quartzito	17
Tabela 2.7 – Caracterização da areia natural	17
Tabela 3.1 – Traço em massa	20
Tabela 3.2 – Mistura e suas substituições.....	20
Tabela 3.3 – Mistura e suas substituições corrigidas.....	21
Tabela 3.4 – Média dos Resultados aos 7 dias	29
Tabela 3.5 – Média dos Resultados aos 28 dias	30
 Gráfico 3.1 – Slump Test	 25
Gráfico 4.1 – Resultado ensaio aos 7 dias	29
Gráfico 4.2 – Resultado ensaio aos 28 dias	30
Gráfico 4.3 – Resistência a compressão dos ensaios	31

Lista de Siglas / Símbolos

IBRACON – Instituto brasileiro de concreto

ABCP – Associação brasileira de cimento Portland

ABC – Associação brasileira de concreto

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

NBR – Norma brasileira

ABESC – Associação brasileira de serviços de concretagem

Mpa – Megapascal

CP – Cimento Portland

Cp – Corpo de prova

MF – Módulo de finura

A/C – Água/cimento

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - OBJETIVOS	2
1.1.1 – OBJETIVO GERAL	2
1.1.2 – OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.2 – METODOLOGIA DO TRABALHO	2
1.3 – JUSTIFICATIVA	3
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – CONCRETO	4
2.2 – DEFINIÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL	5
2.3 – COMPOSIÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL	5
2.4 – CONCRETO ESTRUTURAL ARMADO.....	6
2.5 – CONCRETO ESTRUTURAL PROTENDIDO	7
2.6 – APLICAÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL	8
2.7 – MATERIAIS	8
2.7.1 – CIMENTO	8
2.7.1.1 – TIPOS DE CIMENTO PORTLAND.....	9
2.7.2 – AGREGADOS	11
2.7.2.1 – DIMENSÃO DOS GRÃOS.....	11
2.7.2.2 – AGREGADO MIÚDO.....	12
2.7.2.3 – AGREGADO GRÚDO.....	13
2.7.2.4 – ADITIVOS.....	14
2.8 – PEDRA DE PIRENÓPOLIS	15
3 – TRABALHO EXPERIMENTAL	19
3.1 – ENSAIO DO TRABALHO EXPERIMENTAL	19
3.2 – TRAÇO	19
3.3 – PRODUÇÃO DE CONCRETO	20
3.4 – MOLDAGEM E CURA	22
3.5 – ENSAIOS	24
3.5.1 – ESTADO FRESCO	24
3.5.2 – ESTADO ENDURECIDO	25
4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	29
5 – CONCLUSÃO	33
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	35

1 - Introdução

Na atualidade, um dos materiais que tem seu uso tão difundido na engenharia é o concreto de cimento Portland. Devido a sua vasta utilização este material passou por algumas modificações, como a adição de diversos agregados, aditivos químicos, isto tudo para as mais diversas funções; Para obter melhor trabalhabilidade, para retardar o tempo de pega, aumentar a durabilidade entre outros.

Graças a essas características, o concreto proporcionou ao homem, inovar e obter o máximo de desempenho em suas estruturas. Conseguiu reduzir seções de pilares robustos, acarretando assim a diminuição do consumo de material, do peso da estrutura e o ganho de valiosa área útil no terreno.

E são esses resultado que nos motiva a pesquisar cada vez mais a fundo, para que se possa extrair o máximo desse material.

Outra questão muito importante é a questão ambiental. Está se produzindo muito lixo, principalmente na construção civil. Então devemos procurar ao máximo uma forma de reciclagem para tais materiais.

Sendo assim este trabalho tem como o objetivo, reutilizar um resíduo, que sua destinação seria o aterro sanitário, e utiliza-lo como adição e/ou substituição para a obtenção de um concreto estrutural, este resíduo é a areia obtida do corte da pedra de Pirenópolis.

Sendo este trabalho bem sucedido, poderá se acarretar em várias outras pesquisas, que busquem a adição de um material sem destinação final, para a obtenção de um concreto de alta resistência.

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo Geral

Na atualidade, tem se utilizado em larga escala o concreto estrutural. Na construção de edifícios com grandes altitudes, pontes, pavimentos rodoviários e obras de arte em geral.

A utilização do concreto estrutural armado viabiliza a redução de seções de pilares, ganhando em área útil, diminui o peso da estrutura, com isso se tem um alívio de tensões na fundação.

Para que esses e tantos outros benefícios possam ser revelados e aperfeiçoados, faz-se necessário um estudo mais aprimorado sobre o assunto.

1.1.2 - Objetivo Específico

Com a questão ambiental em alta, julga-se necessário elaborar um estudo do concreto estrutural, com algum elemento que tem sua destinação final um lixão ou aterro sanitário.

Este presente trabalho tem como o objetivo testar se a areia obtida através de cortes na pedra de Pirenópolis, que teria o lixão como destinação final, serve para a obtenção de um concreto estrutural.

1.2 - Metodologia do Trabalho

As referências que esta pesquisa embasa-se é através de artigos científicos e publicados na revista do Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) a literatura, como por exemplo, o livro concreto de alto desempenho do Aitcin e o concreto: ciência e tecnologia do Geraldo C. Isaias, e sites da internet, o método de dosagem utilizado para a elaboração do programa experimental foi o método IPT, onde utilizamos um programa para a realização deste cálculo.

Alguns artigos relevantes a esta pesquisa são os: A influência dos agregados na qualidade dos concretos de alto desempenho de autoria do Almeida, e o Concreto de alta resistência do Amaral Filho.

Como a literatura em si deixa a desejar neste ramo, a grande maioria das informações serão obtidas através de artigos.

1.3 - Justificativa

O que mais motivou a elaboração deste trabalho, foi a necessidade de se dar uma destinação mais correta para um material que só contribui para a degradação ambiental, aliado também a necessidade de se obter informações valiosas a respeito do concreto estrutural.

Então por menor que seja a contribuição, este estudo faz-se necessário para dar informações para profissionais da área e até para futuros alunos, servindo como fonte de pesquisa.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Concreto

O inglês Joseph Aspdin, em 1824 pediu a patente do cimento Portland. A partir daí se teve uma grande difusão do cimento pelo mundo e sua utilização começou a ser de proporções gigantescas.

Com tanto cimento sendo utilizado, logo surgiu a mistura de: cimento, agregados graúdos, agregados miúdos e água, dando assim origem ao concreto.

Essa mistura possui características particulares, o ganho de resistência, ser moldada, ter trabalhabilidade e assim começou a ser mais estudada.

Logo em 1918, com a criação da lei de Abrams, a resistência do concreto passou a ser relacionada com o seu fator de água/cimento.

Segundo a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), em 1931 a primeira regulamentação de obras em estrutura de concreto armado, foi constituída pela ABC (Associação Brasileira de Concreto), intitulada “Regulamento para Construção em Concreto Armado”. Este regulamento contemplava concretos cuja resistência estava compreendida entre $f_{ck} < 12$ Mpa, sendo que a máxima permitida era de 26 Mpa.

Com a finalidade de racionalizar espaço, que cada vez está mais escasso, devido ao super crescimento populacional, faz a necessidade de se verticalizar as obras. E a cada ano que se passa, obras mais altas são lançadas, e por consequência suas cargas, seu peso próprio e sua estrutura vão aumentando.

Frente a esse problema, em 1970 surgiu o CAR, concreto de alta resistência, que conseguiu amenizar esse problema. Com dimensões de pilares menores, ele conseguia suportar a mesma carga que pilares bem mais robustos, tendo assim um ganho de área útil das edificações.

Mas com o passar de duas décadas, as obras se tornaram bem mais altas, tendo assim que ser desenvolvido um novo concreto, o CAD, concreto de alto desempenho. Este concreto já possuía aditivos químicos que alteravam a suas ligações, permitindo assim obter um concreto com mais resistência, mais trabalhabilidade e durabilidade.

2.2 – Definição do Concreto Estrutural

A NBR 6118:2003 aplica-se às estruturas de concretos normais, identificados por massa específica seca maior do que 2 000 kg/m³, não excedendo 2 800 kg/m³, do grupo I de resistência (C10 a C50), conforme classificação da ABNT NBR 8953:1992. Entre os concretos especiais excluídos desta norma estão o concreto massa e o concreto sem finos.

Ainda de acordo com a NBR 6118:2003, ela nos traz as seguintes definições:

Concreto estrutural: Termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural.

Elementos de concreto simples estrutural: Elementos estruturais elaborados com concreto que não possui qualquer tipo de armadura, ou que a possui em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado.

Elementos de concreto armado: Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Elementos de concreto protendido: Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último.

2.3 Composição do Concreto Estrutural

O concreto estrutural, é constituído basicamente com os mesmos materiais que um concreto comum que são: água, cimento, agregado graúdo, agregado miúdo.

O que muda são as dosagens de cada elemento que será introduzida na mistura. Essas quantidades é que defini um concreto estrutural.

Segue abaixo uma relação de misturas que devem ser feitas para se obter concreto.

PASTA = AGLOMERANTE(CIMENTO) + ÁGUA

ARGAMASSA = PASTA + AGREGADOS MIÚDOS (+ADITIVOS)

CONCRETO = ARGAMASSA + AGREGADOS GRAÚDOS

CONCRETO ARMADO = CONCRETO + ARMADURA DE AÇO.

Nesse item pode-se fazer uma nova subdivisão em função da armadura:

CONCRETO ARMADO = CONCRETO + ARMADURA PASSIVA.

CONCRETO PROTENDIDO = CONCRETO + ARMADURA ATIVA.

2.4 - Concreto Estrutural Armado

Segundo BASTOS(2006) o concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração, em torno de 10% da sua resistência à compressão. Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração (o aço), com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de tração.

Ainda de acordo com BASTOS(2006) com esse material composto (concreto e aço), surge então o chamado “concreto armado”, onde as barras da armadura absorvem ou resistem às tensões de tração e o concreto resiste às tensões de compressão, no que pode ser auxiliado também por barras de aço. No entanto, o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que é essencial e deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura, pois não basta apenas juntar os dois materiais para se ter o concreto armado. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre ambos o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta.

JÚNIOR(2008), nos traz uma série de vantagens e desvantagens acerca da utilização do concreto armado.

VANTAGENS:

- a) Economia - o concreto se revela mais barato que a estrutura metálica, exceto em casos de vãos muito grandes. Em muitos casos os agregados podem ser obtidos no próprio local da obra. Não exige mão de obra especializada.
- b) Durabilidade - a resistência do concreto aumenta com o tempo.
- c) Adaptação a qualquer tipo de forma.
- d) Manutenção e conservação praticamente nulas.
- e) Resistência ao fogo.
- f) Impermeabilidade.
- g) Monolitismo.
- h) Resistência ao desgaste mecânico (choques, vibrações).
- i) Facilidade de execução (fácil emprego e manuseio).

DESVANTAGENS:

Entretanto, apesar de tantas vantagens, o concreto armado apresenta também serias desvantagens, como:

- a) Grande peso-próprio 2500 kg / m³
- b) Reforma e demolições difíceis ou até impossíveis.

c) Baixo grau de proteção térmica.

As fissuras, causadas pelas tensões de tração no concreto, atrasaram o desenvolvimento do concreto armado devido à dificuldade de como tratar e resolver o problema. Como forma de contornar o problema da fissuração no concreto, M. Koenen propôs, em 1907, tracionar previamente as barras de aço, para assim originar tensões de compressão na seção, como forma de eliminar a tração no concreto e consequentemente eliminar as fissuras. Surgia assim o chamado “Concreto Protendido”. BASTOS(2006)

2.5 - Concreto Estrutural Protendido

Segundo PFEIL(1991) a protensão pode ser definida como o artifício de introduzir, numa estrutura, um estado prévio de tensões, de modo a melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob ação de diversas solicitações.

Ainda de acordo com PFEIL(1991) sendo o concreto um material de propriedades tão diferentes a compressão e a tração, o seu comportamento pode ser melhorado aplicando-se compressão prévia (isto é, protensão) nas regiões onde as solicitações produzem tensões de tração. O artifício da protensão, aplicado ao concreto, consiste em introduzir na viga esforços prévios que reduzam ou anulem as tensões de tração no concreto sob ação das solicitações em serviço. Nessas condições minimiza-se a importância da fissuração como condição determinante de dimensionamento da viga.

PFEIL(1991) em seu livro Concreto Protendido noz diz: "A protensão do concreto é realizada, na prática, por meio de cabos de aço de alta resistência, tracionados e ancorados no próprio concreto. O artifício da protensão desloca a faixa de trabalho do concreto para o âmbito das compressões, onde o material é mais eficiente. Com a protensão, aplicam-se tensões de compressão nas partes da seção tracionadas pelas solicitações dos carregamentos."

a)Algumas vantagens técnicas do concreto protendido em relação ao concreto armado:

b)Reduz as tensões de tração provocadas pela flexão e pelos esforços cortantes.

c)Reduz a incidência de fissuras.

d)Reduz as quantidades necessárias de concreto e de aço, devido ao emprego eficiente de materiais de maior resistência.

e)Permite vencer vãos maiores que o concreto armado convencional; para o mesmo vão, permite reduzir a altura necessária da viga.

2.6 – Aplicação do concreto estrutural

Concretos estruturais, estão sendo usados atualmente em pontes, pavimentos, elementos pré-fabricados, túneis, estacas, silos, reatores nucleares, estruturas sob ambientes agressivos, reforço de estruturas e principalmente em pilares de edifícios.

Thomas e Carneiro(2010) em um artigo para a revista Concreto diz: “Em pontes com concreto protendido, usam-se atualmente no Brasil concretos com f_{ck} variando de 40 MPa a 60 MPa. Muitas obras especiais junto ao mar, com grandes exigências de durabilidade, são feitas de concretos de alta resistência, pois há uma crença de que estes concretos são sempre muito mais duráveis, o que não é sempre verdadeiro, para isso deveria ser utilizado o CAD, para obtenção de um concreto com alta trabalhabilidade e durabilidade.”

2.7 – Materiais

Vários materiais são utilizados na construção de edificações, e dentre os inúmeros materiais estruturais utilizados pelo homem na atualidade, destaca-se não apenas um material isolado, e sim um material que é a mistura de vários. Esse material é o concreto.

O concreto é proveniente da mistura, em proporção adequada, de aglomerantes, agregados e água PINHEIRO(2007).

Qualquer material que atenda as especificações da ASTM C39 é adequado para dosagens de concreto de alta resistência.

2.7.1 - Cimento

Conhecido mundialmente como cimento Portland, pode ser considerado um material aglomerante, que são matérias que se hidratam na presença de água, formando uma pasta resistente capaz de aglutinar agregados.

Ele é constituído basicamente de silicatos e aluminatos de cálcio, com a propriedade de ser moldável quando misturado com água e desenvolver resistência mecânica com o tempo.

Para sua fabricação segundo Ribeiro(2011) o primeiro passo é a mineração do calcário, que é a principal matéria-prima do cimento.

Logo em seguida o material passa pelo britador, sendo empilhado na área de pré-homogeneização. O calcário passa pela balança de dosagem e em seguida é moído com argilas e aditivos no moinho de farinha. O material resultante é conhecido como “farinha”.

Depois essa “farinha” segue então para o forno rotativo, onde será produzido o clínquer. Em seguida se mistura gesso, calcário e pozolana ou escória. A porcentagem de cada produto adicionada é que determina a especificação (tipo) do cimento. Essa mistura é moída até que todos os componentes atinjam a granulometria ideal, sendo assim produzido o cimento.



Figura 2.1 – Fluxograma de fabricação de Cimento (FONTE: ABCP)

2.7.1.1 - Tipos de cimento Portland

Os cimentos podem ser classificados não só pela composição mas também por algumas adições feita, tais como escória de alto forno, resíduo siderúrgico da produção do aço, pozolana, material silicoso, materiais carbonáticos, minerais moídos, entre outras.

Ribeiro(2011) nos diz que os principais tipos de cimento Portland, normalizados pela ABNT são:

Cimento Portland Comum – CP I

Cimento Portland Composto – CP II (com adição de escória de alto forno, pozolana e filer.)

Cimento Portland de Alto Forno – CP III (com adição de escória de alto forno, com baixo calor de hidratação.)

Cimento Portland Pozolânico – CP IV (com adição de pozolana, com baixo calor de hidratação.)

Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (com maiores proporções de silicato de tricálcio.)

Segue abaixo uma tabela retirada de Ribeiro(2011):

Tabela 2.1 – Composição do cimento (FONTE: Ribeiro,2011)

Cimento Portland	Composição (% de massa)				
	Sigla	Clínquer	Escória	Pozolana	Materiais Carbonáticos
CP comum	CP I	100	0	0	0
CP com adição	CP I - S	95-99		1-5	
CP com escória	CP II - E	56-94	6-34		0-10
CP com pozolana	CP II - Z	76-94		6-14	0-10
CP com filer	CP II - F	90-94			6-10
CP de alto forno	CP III	25-65	35-70		0-5
CP pozolânico	CP IV	50-85		15-50	0-5
CP de alta resistência inicial	CP V ARI	95-100	0	0	0-5

2.7.2 – Agregados

De acordo com Ribeiro(2011) os agregados se apresentam em forma de grãos, tais como as areias e britas, e devem ser inertes, ou sejam, não devem provocar reações indesejáveis.

Ele ainda afirma que os agregados constituem aproximadamente 70% do volume total dos produtos em que são utilizados desempenhando, um papel importante do ponto de vista do custo. Além disso propicia uma menor retração das pastas formadas por cimento e água e aumenta a resistência ao desgaste superficial.

Os agregados podem ser obtidos de duas maneiras: natural ou artificialmente. Na natureza eles são encontrados em leitos de rios ou barrancos e artificialmente podem ser obtidos através da fragmentação de matérias de extração.

2.7.2.1 - Dimensão dos grãos

Os agregados podem ser classificados quanto a dimensão dos seus grãos, em graúdos ou miúdos.

Agregados miúdos são aqueles que passam pela peneira definida pela ABNT como 4,8 mm e ficam retidos da peneira ABNT 0,15mm. Já os agregados graúdos são aqueles que passam pela peneira ABNT 76 mm, e ficam retidos na peneira ABNT 4,8mm.

Peneiras Normalizadas pela ABNT

Série Normal

ABNT 76mm / ABNT 38mm / ABNT 19mm / ABNT 9,5mm / ABNT 4,8mm / ABNT 2,4mm

ABNT 1,2mm / ABNT 0,60mm / ABNT 0,30mm / ABNT 0,15mm



Figura 2.2 – Peneiras Normalizadas pela ABNT (FONTE: Assunção,2009)

2.7.2.2 - Agregado Miúdo

As areias que ficam retidas entre as peneiras entre as peneira ABNT 0,15 e 4,8mm podem ser subdivididas em 3 grupos: areia grossa, média e fina.

Para essa determinação é utilizado o módulo de finura, que consistem em ser a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras dividida por 100.

Tabela 2.2 - Classificação do Módulo de Finura (FONTE: Ribeiro,2011)

Tipo	Módulo de Finura – MF
Areia grossa	$MF > 3,3$
Areia média	$2,4 < MF < 3,3$
Areia Fina	$MF < 2,4$



Figura 2.3 – Tipos de Areia (FONTE: Assunção,2009)

De acordo com Cordeiro (2001), os principais requisitos para a escolha do agregado miúdo baseia-se na quantidade de água de mistura. Um agregado miúdo de partículas arredondadas e textura lisa precisa de menor quantidade de água, e por este motivo é indicado para o concreto de alto desempenho.

Segundo Cordeiro (2001), deve-se atentar para a proporção ótima de agregados miúdos e graúdos, de acordo com a sua granulometria e forma, procurando que a mistura seja a mais compacta possível, para que seja diminuto o consumo de pasta, afim de reduzir o custo final do concreto.

Conforme Amaral Filho (1989), com a areia natural quartzosa, dentro das especificações, é possível a obtenção de concretos com resistências de até 170 MPa.

Segundo Vieira et al. (1997), afirmam que os agregados miúdos exercem maiores influência na mistura do que o agregado graúdo.

2.7.2.3 - Agregados graúdos

Já os agregados graúdos podem ser subdivididos comercialmente segundo as faixas determinadas pelas peneiras ABNT.

Tabela 2.3 – Classificação do Agregado graúdo (FONTE: Bastos,2006)

Classificação	Peneiras Normalizadas
Brita 0	4,8 - 9,5mm
Brita 1	9,5 – 19,0mm
Brita 2	19,0 – 25,0mm
Brita 3	25,0 – 38,0mm
Brita 4	38,0 – 64mm
Pedra de Mão	>76mm



Figura 2.4 – Classificação das Britas (FONTE: Assunção,2009)

A tabela 3 a seguir apresenta os limites granulométricos estabelecidos pela NBR 7211:2009, com as respectivas graduações dos agregados graúdos.

Tabela 2.4 – Limites Granulométricos (FONTE: NBR 7211:2009)

Nº	Porcentagem retida acumulada, em massa, nas peneiras de abertura nominal (mm)											
	76	64	50	38	32	25	19	12,5	9,5	6,3	4,8	2,4
0	-	-	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	95-100
1	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	92-100	95-100	-
2	-	-	-	-	0	0-25	75-100	90-100	95-100	-	-	-
3	-	-	0	0-30	75-100	87-100	95-100	-	-	-	-	-
4	0	0-30	75-100	90-100	95-100	-	-	-	-	-	-	-

Segundo Mehta e Monteiro (1994), as características mais significativas dos agregados graúdos são: resistência a compressão; resistência a abrasão; módulo de elasticidade; massa específica e massa unitária compactada; absorção; porosidade; composição granulométrica; módulo de finura; dimensões máxima; forma e textura superficial e presença de substâncias deletérias.

2.7.2.4 - Aditivos

Os aditivos são produtos adicionados a mistura de concreto, podem se dividir em químicos e minerais.

Aditivos químicos altera as características do cimento sem alterar sua proporção no concreto.

Aditivos minerais podem somar ou substituir parcialmente o cimento.

A ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) em um artigo diz que: “Muitos se enganam pensando que se utilizar de aditivos é uma coisa nova, a registro que desde a época romana, eram utilizados desde claras de ovos a sangue de animal, em misturas, para dar-lhes uma certa característica.”

Já os aditivos químicos que conhecemos teve seu desenvolvimento a partir do início deste século.

Basicamente se subdividem em: retardadores, aceleradores, incorporadores de ar, plastificantes e superplastificantes.

A seguir temos uma tabela para exemplificar:

Tabela 2.5 – Classificação dos Aditivos (FONTE: ABESC)

Aditivos			
Tipos	Efeitos	Vantagens	Desvantagens
Retardadores (R)	Aumenta o tempo de início de pega	Mantém a trabalhabilidade e amplia o tempo de aplicação	Pode promover a exudação
Aceleradores (A)	Diminui o tempo de início de pega	Redução do tempo de desforma	Possível fissuração devido ao calor de hidratação
Plastificante (P)	Aumenta o índice de consistência e reduz no mínimo 6% da água de amassamento	Maior trabalhabilidade	Risco de segregação
Superplastificante (SP)	Aumenta o índice de consistência e reduz no mínimo 12% da água de amassamento	Eficiente redutor de água	Duração do efeito fluidificante
Incorporadores de Ar (IAR)	Incorpora bolhas de ar	Reduz a permeabilidade	Aumento da trabalhabilidade pode ser inaceitável

2.8 - Pedra de Pirenópolis

A cidade de Pirenópolis sempre foi uma cidade mineradora, começou com extração de ouro, quando seu nome ainda era Minas de Nossa Senhora do Rosário Meia Ponte por volta de 1720 nome dado pelo português minerador Manoel Rodrigues.

As minas da região foram descobertas pelo bandeirante Amaro Leite, porém foram entregues aos portugueses por Urbano do Couto Menezes, companheiro de Bartolomeu Bueno da Silva, o Anhanguera Filho.

Em 1890, mudou seu nome para Pirenópolis, o município dos Pireneus, nome dado à serra que a circunda. Segundo a tradição local, a serra recebeu este nome por haver na região imigrantes espanhóis que encontraram alguma semelhança com os Pirenéus da Europa, cadeia de montanhas situada entre a Espanha e a França



Figura 2.5 – Placa da cidade confeccionada com a pedra de Pirenópolis

Entre 1900 e 1930, começou-se na região a exploração do mineral conhecido como quartzito Micaceo, e teve uma propulsão quando começou a construção da nova capital, Brasília, entorno de 1950.

A principal pedreira, fica localizada na área da Serra dos Pireneus, que é próximo a cidade. É constituída por "pias" de onde são extraídos o mineral, conhecido como "Pedras de Pirenópolis".



Figura 2.6 – Principal Pedreira do Município de Pirenópolis (FONTE: Pedreira da Prefeitura)

Essa mineração é considerada uma das principais atividades do município. Com um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 93,953 milhões em 2002, de acordo com dados da Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás, o município tem cerca de 70% de sua economia ligada à extração do quartzito, o que representa movimentação de R\$ 65,76 milhões por ano.

Devido a esse grande movimento na economia regional, as serrarias tiveram que atender a demanda dos pedidos, trocaram entalhadeiras e formões, que era ferramentas manuais, por avançadas máquinas de cortes, com sistema de corte a base de água, que tornaram o serviço mais prático e ágil.

Com os cortes feitos nas pedras, há uma produção de resíduos, a areia.

Como todo avanço tecnológico, começou a se produzir muitos, e por consequência os resíduos começaram a se amontoar nas serrarias, gerando assim um problema com o meio ambiente da região.

A única destinação para tais resíduos, sem utilidade até então, é o aterro sanitário da região.

O governo do Estado de Goiás fez um convênio com o Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás e com a Agência Goiana de Desenvolvimento Industrial e Mineral, de se desenvolver um relatório que fizesse um estudo preliminar das características do resíduo da pedra de Pirenópolis(quartzito).

Os resultados seguem na tabela 6 abaixo:

Tabela 2.6 – Caracterização do Quartzito (FONTE: Governo de Goiás)

Caracterização Tecnológica do Quartzito					
Quartzitos	Verde	Vermelho	Amarelo	Branco	Especificação 7211/83
Clas. Granulométrica	Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	*
Dimensão Máxima	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	12,5 mm	< 9,5 mm
Módulo de Finura	3,49	3,78	3,04	1,2	*
Índice de Forma	2,68	2,45	2,48	2,47	< 3
Material Pulverulento	3,10%	2,50%	2,30%	3,10%	< 7%
Material Friável	5,10%	3,90%	7,40%	8,20%	< 3%
Abrasão (grad. D)	68%	62%	65%	76%	<50%

Em comparação eles também fizeram uma tabela onde caracterizaram a areia natural de Silvania.

Tabela 2.7 – Caracterização da areia natural (FONTE: Governo de Goiás)

Areia Natural Típica de Silvania					
Clas. Granulométrica	Dimensão Máxima	Módulo de Finura	Material Pulverulento	Material Friável	Desgaste Abrasão
Areia Grossa	4,8 mm	3,27	5%	1,50%	34%

Com os resultados podemos deduzir que a diferença entre ambas as areias são grande.

Entretanto na NBR 7211:2005, no item 3 do primeiro parágrafo ela deixa claro que mesmo que o agregado não cumpra todas as condições exigidas pela norma, ele pode vir a ser utilizado. Segue o trecho que diz respeito:

“Para os agregados sobre os quais não existem antecedentes de desempenho, ou que serão utilizados pela primeira vez, ou ainda aquelas regiões em que não seja economicamente possível a obtenção de agregados que preenchem as condições desta norma, o consumidor poderá utiliza-los, desde que, se comprove mediante parecer técnico baseado em estudo experimental, que os mesmo produzam concreto de qualidade satisfatória.”

Sendo assim o relatório do governo se conclui com a seguinte sentença: “Apesar desses índices desqualificarem os agregados, aos olhos da norma o seu emprego na construção civil é certamente um fato de estudos e de conveniência política-ambiental, salvo juízo melhor.”



Figura 2.7 – Areia da pedra de Pirenópolis - Quartzito Branco(FONTE: Pedreira da Prefeitura)

3 - Trabalho Experimental

3.1 – Ensaio do trabalho experimental

Como apresentado, este trabalho objetiva-se a realizar a substituição do agregado miúdo, areia natural, pelo resíduo obtido através do corte da pedra de Pirenópolis.

Esta substituição será realizada em 5 misturas com os seguintes teores de substituição:

Mistura 1 – Não será substituído o agregado;

Mistura 2 – Será substituído 25% do agregado;

Mistura 3 – Será substituído 50% do agregado;

Mistura 4 – Será substituído 75% do agregado;

Mistura 5 – Será substituído 100% do agregado.

Depois de apresentado toda a definição dos materiais, os que utilizaremos para o ensaio serão: Cimento CP-II Z, areia natural, brita 0 e a areia da pedra de Pirenópolis do quartzito branco.

O ensaio será realizado no centro tecnológico da faculdade Unievangélica, que irá fornecer toda a estrutura necessária para a realização.

3.2 – Traço

Em um primeiro momento, visando obter um traço de concreto estrutural sem a utilização da areia da pedra de Pirenópolis, foi se calculado um traço que se baseia no método do IPT, com a utilização de um programa bem simples. Este traço teria como objetivo produzir um concreto com resistência a compressão em torno de 48 Mpa.

Segue abaixo, uma figura que ilustra a obtenção do traço.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
FORMULÁRIO PARA DOSAGEM DE CONCRETO SEM ADIÇÕES QUÍMICAS											
						Valores recomendados					
entre com a resistência à compressão do concreto em MPa						48	14 a 48 Mpa				
entre com a consistência requerida do concreto fresco						more	seco para reduzir o consumo de cimento				
entre com a dimensão máxima da brita em mm						25	25 para Brita 1				
entre com o módulo de finura da areia						2,5	2,5 para areia média				
entre com a massa unitária compactada seca da areia em kg/m³						1450	1450 para areia média, 1470 para areia grossa, 1430 para areia fina				
entre com a massa unitária compactada seca da brita em kg/m³						1500	1500 para brita 1, 1520 para brita 2, 1480 para pedrisco				
entre com a massa específica do cimento em kg/m³						3100	3100 para cimentos CP-III, CPI, CP-II - 32				
entre com a massa específica da areia em kg/m³						2530	2530 para areia média, 2580 para areia grossa, 2500 para areia fina				
entre com a massa específica da brita em kg/m³						2630	2630 para brita 1, 2650 para brita 2, 2600 para pedrisco				
Traço em massa (kg):											
cimento	areia	brita	água								
1	0,730	1,650	0,30								
Traço em volume (litros):											
cimento	areia	brita	água								
1 sacco	25	55	15								

Figura 3.1 – Cálculo do traço

Em sumo para obtenção do concreto, deveremos adotar o seguinte traço:

Tabela 3.1 – Traço em massa

Traço em massa (kg):			
cimento	areia	brita	água
1	0,730	1,650	0,30

3.3 - Produção do concreto

Amassamento

Os concretos foram produzidos de acordo com a NBR 12821 – ABNT (1993) em betoneiras de eixo inclinado com capacidade para 120 e 360 litros.

Foram rodadas 5 misturas nas seguintes proporções:

Tabela 3.2 – Misturas e suas substituições

Traço em massa (kg): MISTURA 1				
Cimento	Areia natural (100%)	Areia pedra Pirenópolis (0%)	Brita	Água
1	0,73	0	1,65	0,3
Traço em massa (kg): MISTURA 2				
Cimento	Areia natural (75%)	Areia pedra Pirenópolis (25%)	Brita	Água
1	0,55	0,18	1,65	0,3
Traço em massa (kg): MISTURA 3				
Cimento	Areia natural (50%)	Areia pedra Pirenópolis (50%)	Brita	Água
1	0,365	0,365	1,65	0,3
Traço em massa (kg): MISTURA 4				
Cimento	Areia natural (25%)	Areia pedra Pirenópolis (75%)	Brita	Água
1	0,18	0,55	1,65	0,3
Traço em massa (kg): MISTURA 5				
Cimento	Areia natural (0%)	Areia pedra Pirenópolis (100%)	Brita	Água
1	0	0,73	1,65	0,3

Quando terminou o amassamento da primeira mistura, o concreto apresentou a seguinte forma:



Figura 11 - Concreto com um mal amassamento

Devido um baixo consumo de água, não houve o correto amassamento e o concreto apresentou-se impróprio.

Sendo assim foi calculado um novo fator a/c, para a mistura. Deverá ser adicionado mais 100g de água no traço em massa para cada mistura.

Os traços corrigidos são:

Tabela 3.3 – Misturas e suas substituições corrigidas

Traço em massa (kg): MISTURA 1				
Cimento	Areia natural (100%)	Areia pedra Pirenópolis (0%)	Brita	Água
1	0,73	0	1,65	0,4
Traço em massa (kg): MISTURA 2				
Cimento	Areia natural (75%)	Areia pedra Pirenópolis (25%)	Brita	Água
1	0,55	0,18	1,65	0,4
Traço em massa (kg): MISTURA 3				
Cimento	Areia natural (50%)	Areia pedra Pirenópolis (50%)	Brita	Água
1	0,365	0,365	1,65	0,4
Traço em massa (kg): MISTURA 4				

Cimento	Areia natural (25%)	Areia pedra Pirenópolis (75%)	Brita	Água
1	0,18	0,55	1,65	0,4
Traço em massa (kg): MISTURA 5				
Cimento	Areia natural (0%)	Areia pedra Pirenópolis (100%)	Brita	Água
1	0	0,73	1,65	0,4

Com a correção o concreto atingiu o correto amassamento e se tornou apto a ser utilizado.



Figura 3.3 – Concreto com o correto amassamento

3.4 - Moldagem e cura

Os corpos-de-prova foram moldados e curados em conformidade com a NBR 5738:2007, sendo que todos foram adensados manualmente.

O corpo-de-prova utilizado foi:

Corpo-de-prova cilíndricos: com 15cm x 30cm para o ensaio de resistência à compressão axial.



Figura 3.4 – Moldes de corpos de prova

Ao atingir 24 horas após o contato do cimento com a água os corpos de provas foram desmoldados.



Figura 3.5 – Corpo de Prova 15cm X 30cm

Posteriormente a desmoldagem, os corpos-de-prova foram encaminhados para a cura, onde ficaram submersos em água até as idades de 7 e 28 dias para a realização do respectivo ensaio, sendo que em cada idade foram moldados 2 corpos-de-prova.



Figura 3.6 – Cura dos corpos de prova

3.5 - Ensaaios

3.5.1 - Estado Fresco

A consistência dos concretos foram verificadas pelo abatimento do tronco de cone, de acordo com a NBR NM 67, com a seguinte forma de execução:

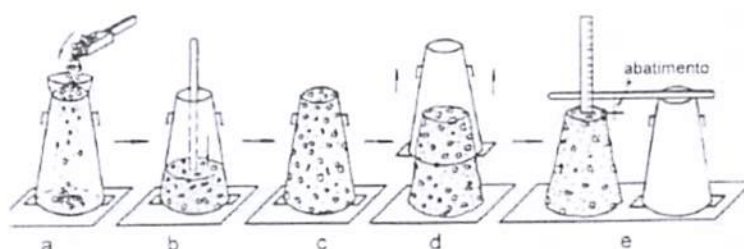


Figura 3.7 - Sequência esquemática do ensaio (FONTE: NBR NM 67)

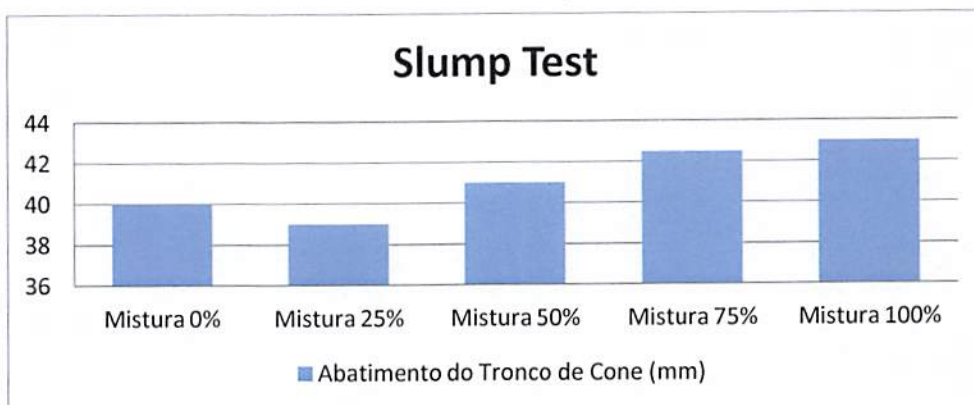
Na Figura 16 pode-se observar o resultado obtido na mistura 1.



Figura 3.8 – Ensaio do abatimento do tronco de cone

O gráfico 1 mostra os valores obtidos no Slump Test de cada mistura:

Gráfico 3.1 – Slump Test



3.5.2 - Estado Endurecido

A propriedade mecânica ensaiada foi a resistência à compressão, segundo a NBR 5739:2007.

Anteriormente ao ensaio de resistência à compressão os corpos-de-prova foram capeados, processo em que se deixa uma superfície plana, para que não haja interferência na hora do ensaio.

O processo de capeamento consiste da seguinte estrutura:

- 1- Tem-se que derreter o composto de enxofre que vem em estado sólido;



Figura 3.9 – Enxofre sendo derretido

- 2- Após o derretimento colocar o líquido de enxofre no capeador de corpo de provas e inserir o Cp;



Figura 3

3.10 – Corpo de prova no capeador

3- Aguardar a secagem do enxofre e desenformar;



Figura 3.11 – Corpo de prova Capeado

Em seguida os Cp's, foram levados para a prensa, para serem ensaiados:



Figura 3.12 – Prensa

O ensaio consiste em ir aplicando carga gradualmente no corpo de prova para que se saiba até que valor ele consegue resistir.

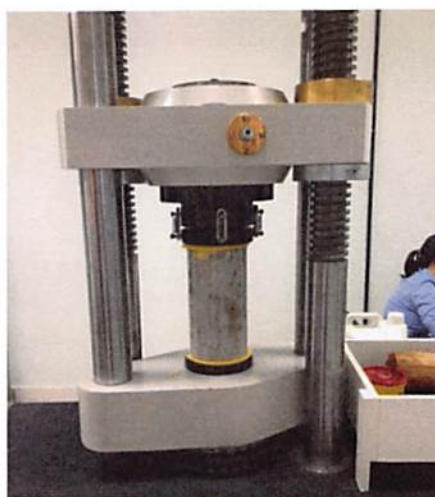


Figura 3.13 – Prensa com corpo de prova

Por se tratar de um prensa automatizada, ela utiliza um programa que gera um gráfico automaticamente com as seguinte variáveis: Carga (Kgf) x Tempo (seg.)

Ele também informa a carga máxima suportada, a tensão máxima de ruptura resistente e o tipo de ruptura que o corpo de prova sofreu.

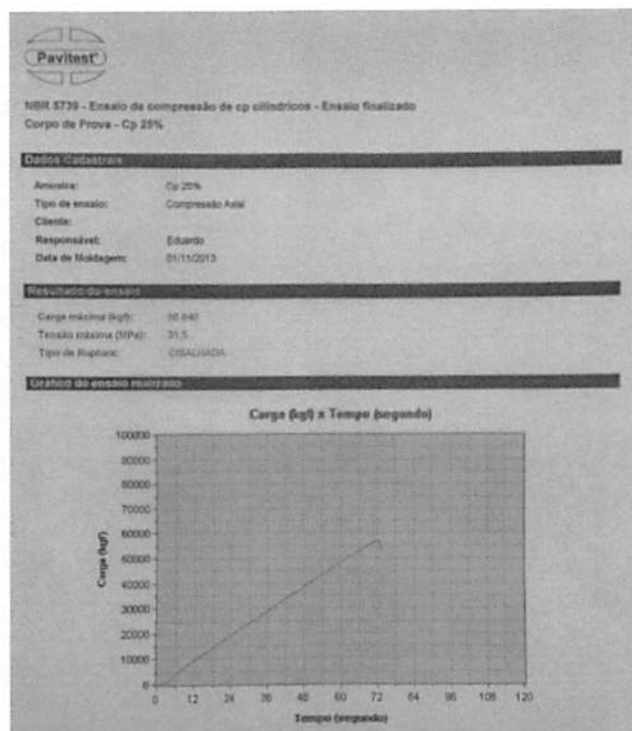


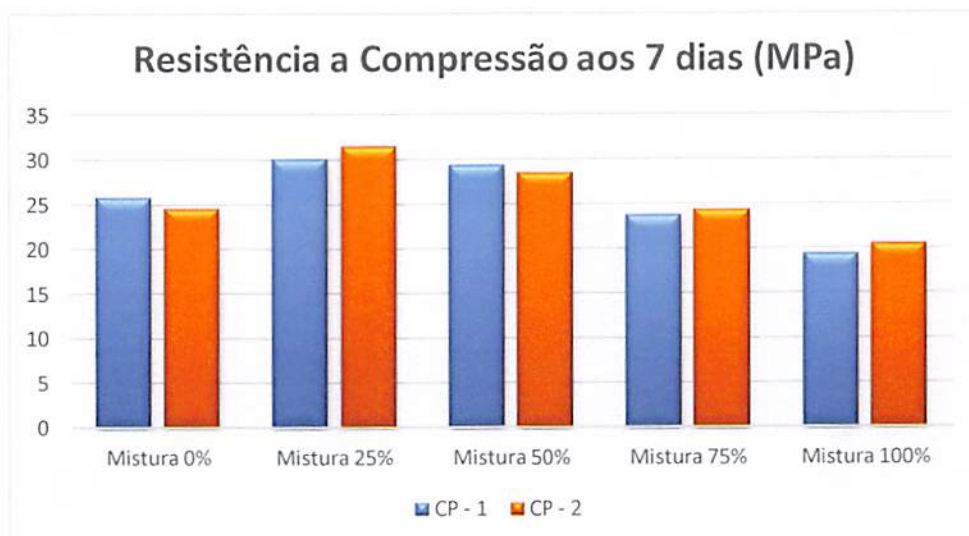
Figura 3.14 – Resultado do ensaio de compressão

4 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Aos 7 dias da moldagem, foi realizado o primeiro ensaio de compressão das 5 misturas.

O gráfico abaixo nos traz os resultados obtidos neste ensaio.

Gráfico 4.1 – Resultado ensaio aos 7 dias



Em sumo os resultados obtidos foram os seguinte:

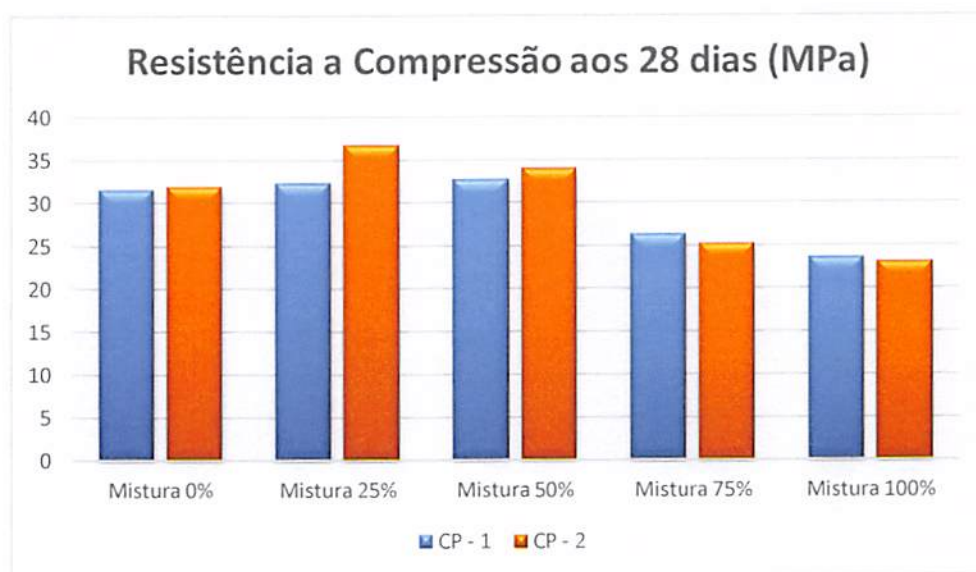
Tabela 3.4 – Média dos Resultados aos 7 dias

Fck 7 dias (MPa)	
Misturas	Fck Médio
1 - 0%	25,15
2 - 25%	30,75
3 - 50%	28,9
4 - 75%	24
5 - 100%	19,95

Aos 28 dias da moldagem, foi realizado o segundo ensaio a compressão das 5 misturas.

O gráfico abaixo nos traz os resultados obtidos neste ensaio.

Gráfico 4.2 – Resultado ensaio aos 28 dias



E a média dos resultados aos 28 dias foram:

Tabela 3.5 – Média dos Resultados aos 28 dias

Fck 28 dias (MPa)	
Misturas	Fck Médio
1 - 0%	31,7
2 - 25%	34,5
3 - 50%	33,35
4 - 75%	25,75
5 - 100%	23,3

Podemos observar que no ensaio aos 7 dias, a mistura 2 de 25% de adição da areia da pedra de Pirenópolis, obteve um resultado de Fck médio de 30,75 Mpa, sendo ele superior entre todas as misturas, sobressaindo inclusive sobre a mistura 1 de 0%, que obteve um Fck médio de 25,15 Mpa.

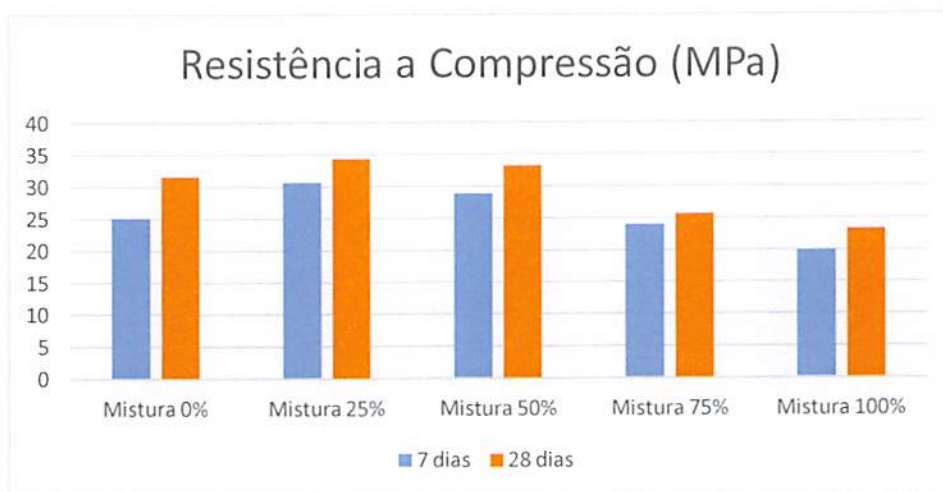
Isto pode ser devido ao fato que a dosagem de 25% do resíduo da pedra e 75% de areia natural, resulte em uma composição “ideal”, pelo fato da areia obtida da pedra, ser mais fina, reagindo assim melhor com a brita e com a areia natural, conseguindo assim preencher mais vazios na mistura, resultando assim em um concreto mais resistente.

Já no ensaio dos 28 dias, podemos observar que a mistura que obteve maior resistência ainda é a mistura 2 com 25% de substituição, atingindo assim o valor de 34,5 Mpa, mantendo

assim a composição ideal da mistura, mas a mistura 1 obteve um valor mais próximo de resistência dessa vez com a média de 31,7 Mpa.

O gráfico 4 nos traz os valores das resistências médias alcançadas pelos corpos de prova.

Gráfico 4.3 – Resistências a compressão dos ensaios



Com este gráfico podemos concluir que as misturas 1, 2 e 3 aos 7 dias apresentou valores destoados de resistência, atingindo uma variância maior que 5,5 Mpa entre o menor e o maior valor, e quando olhamos os valores das mesmas misturas aos 28 dias percebemos que esta variância cai quase pela metade, obtendo um valor de 2,8 Mpa.

De modo global, com os resultados obtidos podemos observar que em nenhuma mistura, a meta de atingir 48 Mpa foi bem sucedida. A mistura que mais se aproximou do resultado foi a 2 com 25% de substituição, atingindo a resistência de 34,5 Mpa, mesmo assim continua sendo concreto estrutural.

Isto já era de se imaginar, devido a um baixo fator a/c, que resulta em um mal amassamento tornando as mistura impróprias, difíceis de se compactar e com baixa trabalhabilidade.

Outra observação que se faz necessário é na mistura 5, com 100% de substituição, em nenhum dos dois ensaios ela atingiu ou superou o F_{ck} médio das outras misturas, pelo contrário, essas mistura foi a que apresentou o resultado mais baixo entre todas.

Isto pode ser ocasionado devido ao fato de provavelmente a energia de ruptura da areia da pedra de Pirenópolis ser bem mais baixa que a da areia convencional, fazendo com o que a estrutura se rompa com baixas tensões.

Sendo assim a substituição total da areia natural pela obtida através do corte da pedra de Pirenópolis torna-se inviável para a obtenção de um concreto estrutural.

5 - Conclusão

Através dos resultados obtidos e apresentados neste trabalho, podemos destacar primeiramente que para se obter um concreto estrutural sem o uso de aditivos é uma tarefa muito complicada.

Outra observação que se faz necessária é a substituição total do agregado miúdo para obtenção do concreto de alta resistência. Na mistura 5, nos dois ensaios, percebemos que é a que apresenta o menor valor médio de f_{ck} , tornando assim o resíduo impróprio para esta finalidade.

Já a mistura 2 de 25% de substituição, foi a que apresentou o maior valor de resistência, tanto aos 7 dias como aos 28 dias. Este fato pode ser devido a uma composição “ideal”, entre os agregados miúdos. Sendo que o resíduo da pedra, por ser um material mais fino, preenche mais vazios na mistura, tornando assim a composição mais resistente.

A mistura 3 de 50% de substituição, apresentou um resultado satisfatório para os ensaios, pois conseguiu atingir um valor superior de resistência comparado com a mistura 1 de 0%.

Para a mistura 4 de 75% de substituição, o resultado foi parcialmente satisfatório. Aos 7 dias o resultado obtido pela mistura, não atingiu resistência superior à da mistura 1, entretanto os valores foram bastante próximos, fazendo com o que ela não se torne superior e sim paliativa. Entretanto aos 28 dias, o ganho de resistência quase não ocorreu, ficando assim com a resistência muito baixa para a idade.

Outra observação que faz-se necessário é em relação as misturas 1, 2 e 3, onde que aos 7 dias o ganho de resistência foi elevado e destoante entre as misturas devido as substituições feitas, já aos 28 dias o ganho de resistência foi menor e mais homogêneo, podendo nos levar a acreditar que o resíduo da pedra, tem uma contribuição mais substancial a resistência logo aos primeiros dias de cura, e com o passar do tempo essa contribuição cai fazendo com que as mistura atinja valores bem próximos de resistências, onde que quase não se note que as substituições em diferentes proporções tenham importância.

Tendo em vista os resultados que em sua maioria foi satisfatória, uma observação que se faz necessária é ver a viabilidade econômica, ver preços que são praticados se reduzirá o valor bruto do concreto, e a questão social/preservação pois com a utilização dele um resíduo

que teria o aterro como seu destino passa a ser empregado e utilizado, gerando assim uma fonte de renda extra.

Com os resultados e valores obtidos neste trabalho, verificou-se a possibilidade técnica para o aproveitamento do resíduo obtido através dos corte da pedra de Pirenópolis na composição de concreto estrutural, porém necessita-se de mais estudos em todas as propriedades do resíduo para uma aplicação mais segura e em escala maior.

Referencial Bibliográfico

AITCIN, P, C.; Concreto de Alto Desempenho. São Paulo: Ed. Pini, 2000.

MEHTA, P, K.; MONTEIRO, P, J, M.; Concreto: Estrutura, Propriedades, Materiais. São Paulo: Ed. Pini, 1994.

ALMEIDA, I, R.; (1994) A influência dos agregados na qualidade do concreto de alto desempenho. Revista do IBRACON, N 9, Agosto, pp 36 – 41.

AMARAL FILHO, E, M – Concreto de alta resistência. Revista IBRACON, N 4, Ano 2, Abril/ Maio/ Junho/ 1992, pp 40 – 49.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (1999) Guia básico de utilização do cimento Portland – BT- 106 – 5º Ed. São Paulo, 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009) Agregado para concreto: NBR 7211. Rio de Janeiro

_____. NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. NBR 5738: Concreto – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2007

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

_____. NBR 8953: Concreto Para Fins estruturais – Classificação por grupos de Resistência. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

_____. NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório – Procedimento, Rio de Janeiro, ABNT, 1993.

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

CORDEIRO, G (2001) Concreto de alto desempenho com metacaulinita. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Norte do Fluminense, RJ, 2001.

VIEIRA, S, R, S, S (1997) Estudo sobre o concreto de alto desempenho com cimento CP-II – 40 VOTORAN, São Paulo: Associação brasileira de Cimento Portland, 72p.

THOMAS, E, C, S; CARNEIRO, L, A, V.; Concreto de alta resistência: tendências das composições – Revista Concreto, 2010.

ISAIA, Geraldo C. (ed.) CONCRETO. Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2005. ISBN 85-98576-03-4

BAUER, L.A. FALCÃO – Materiais de Construção – Novos materiais para construção civil; 5ed.revisada – Rio de janeiro: LTC,2012.

RIBEIRO, CARME, COUTO – Materiais de construção civil / Carmen Couto Ribeiro, Joana Darc da Silva Pinto, Tadeu Starling. 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia de UFMG,2011

BASTOS, PAULO SERGIO DOS SANTOS – FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO. Notas de Aula; UNESP,2006

JÚNIOR, TARLEY FERREIRA DE SOUZA – CONCRETO ARMADO. Notas de Aula; Universidade Federal de Lavras ,2008

PFEIL, WALTER - Concreto Protendido vol 1, Livros Técnicos e científicos, Editora EDC, 1991

GOVERNO DO ESTADO DE GOIAS – SECRETARIA DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO – Agência Goiana de Desenvolvimento Industrial e Mineral – Difusão de tecnologia mineral para aproveitamento dos rejeitos granulados de lavra de quartzito ornamental na região de Pirenópolis – GO, Convênio nº 008/ 2001 – MME. Fevereiro 2002

PIRENÓPOLIS. Disponível em < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Piren%C3%B3polis>>. Acesso em: 27 out. 2013