UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Engenharia Civil

Gisele Monteiro de Sousa
Joice Ferreira Ramalho
Karina Rodrigues Oliveira

APLICABILIDADE DO CONCRETO COLORIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICIPIO DE TEÓFILO OTONI

Teófilo Otoni - MG
2018

Gisele Monteiro de Sousa

Joice Ferreira Ramalho

Karina Rodrigues Oliveira

APLICABILIDADE DO CONCRETO COLORIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICIPIO DE TEÓFILO OTONI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes.

Teófilo Otoni - MG

2018

Gisele Monteiro de Sousa

Joice Ferreira Ramalho

Karina Rodrigues Oliveira

APLICABILIDADE DO CONCRETO COLORIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICIPIO DE TEÓFILO OTONI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes.

Data de aprovação: 06 / 07 / 2018.

_____

Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes
ICET. Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia-UFVJM

_____

Prof. Msc. Eduardo Lourenço Pinto
ICET-Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia- UFVJM

_____

Prof. Msc. Flávio Alchaar Barbosa
ICET-Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia-UFVJM

Teófilo Otoni – MG

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos concedido saúde e força para superar as dificuldades.

Aos nossos pais e familiares, pelo incentivo e apoio.

A concreteira Mix Mattar que nos forneceu os materiais e equipamentos, principalmente ao Jefferson por ter nos recebido e orientado, assim como ao David que nos auxiliou o tempo todo.

Ao nosso orientador Antônio Jorge, que compartilhou conosco o seu conhecimento e se esforçou ao máximo para que esse trabalho fosse concluído da melhor forma possível.

RESUMO

O desenvolvimento deste trabalho consistiu na elaboração de corpos de prova de concreto convencional e concreto colorido com idades de rompimento aos nove e vinte e oito dias. Com base na tabela de traços de rochas graníticas do RJ, optou se pela utilização de três traços distintos em massa com aplicação de dois percentuais de pigmento em pó de cor vermelha. Os materiais utilizados foram fornecidos pela concreteira Mix Mattar, localizada na cidade de Teófilo Otoni -MG, exceto o pigmento em pó. A pedreira local dispõe de rochas gnáissicas para fabricação de seus agregados, esta utilização se deve a predominância de gnaisses em função da formação geológica da região. A presença de minerais como biotita é um fator característico desta formação geológica, além disso a composição deste mineral pode contribuir de forma significativa para a redução da resistência e trabalhabilidade de concretos e argamassas. Foram fabricados dezoito corpos de prova subdivididos igualmente em CP's sem pigmento, com aplicação de 3% e 6% de pigmento para suas respectivas idades. Obedecidas as idades para a cura do concreto e exigências estabelecidas por normas, através do ensaio de compressão axial foram obtidas as resistências de cada CP nas idades de nove e vinte e oito dias. Observou-se variações consideráveis nas resistências à compressão de alguns CP's, estes resultados não alcançaram o planejado, sendo que alguns fatores como; umidade dos materiais, presença de biotita, dosagem inadequada entre outros, podem ter contribuído para estes. O resultado que obteve maior relevância para a aplicação de concretos coloridos na construção civil foi o traço 3 com 3% de pigmento aos vinte e oito dias, apresentando resistência à compressão próxima a planejada. Desta forma, a utilização de concretos coloridos podem ser empregados para fins não estruturais em edificações. Porém a utilização destes concretos requer estudos mais avançados com controle rigoroso dos materiais a serem utilizados.

Palavras-Chave: Concretos coloridos. Pigmentos. Agregados. Biotita.

ABSTRACT

The development of this work consisted in the preparation of test specimens of conventional concrete and colored concrete with ages of rupture at nine and twenty eight days. Based on the table of traits of granitic rocks of RJ, it was decided to use three distinct mass traces with the application of two percent of red pigment powder. The materials used were supplied by Mix Mattar concrete, located in the city of Teófilo Otoni-MG, except the powder pigment. The local quarry has gneiss rocks to manufacture its aggregates, this use is due to the predominance of gneisses due to the geological formation of the region. The presence of minerals such as biotite is a characteristic factor of this geological formation, in addition the composition of this mineral can contribute significantly to the reduction of the strength and workability of concrete and mortars. Eighteen test specimens were also subdivided equally into CPs without pigment, with application of 3% and 6% of pigment for their respective ages. Owing to the age of concrete curing and the requirements established by standards, the strengths of each CP were obtained through the axial compression test at the ages of nine and twenty-eight days. There were considerable variations in the compressive strengths of some CPs, these results did not reach the planned one, being that some factors like; humidity of the materials, presence of biotite, inadequate dosage among others, may have contributed to these. The result that was most relevant for the application of colored concretes in civil construction was trace 3 with 3% of pigment at twenty-eight days, presenting near-to-planned compressive strength. In this way, the use of colored concretes can be used for non-structural purposes in buildings. However, the use of these concretes requires more advanced studies with strict control of the materials to be used.

Keywords: Concrete color. Pigments. Aggregates. Biotite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hotel Unique, São Paulo, Brasil. 11
Figura 2 - Cura do concreto. 16
Figura 3 - Ensaio de saturação em água para dois fillers graníticos. 17
Figura 4 - Localização da cidade de Teófilo Otoni- MG. 20
Figura 5 - Formações geológicas da região que compreende o município de Teófilo Otoni – MG. 20
Figura 6 - Concreto em moldes cilíndricos com dimensões 20 cm x 10 cm. 25
Figura 7 - Abatimento do concreto no corpo de prova. 26
Figura 8 - Retificação do corpo de prova. 26
Figura 9 - Máquina de compressão elétrica. 27
Figura 10 - Traço 1 sem pigmento - T1SP. 29
Figura 11 - Traço 2 sem pigmento - T2SP. 29
Figura 12 - Traço 3 sem pigmento - T3SP. 29
Figura 13 - Traço 1 com 3% de pigmento - T1P3. 30
Figura 14 - Traço 2 com 3% de pigmento - T2P3. 30
Figura 15 - Traço 3 com 3% de pigmento - T3P3. 31
Figura 16 - Traço 1 com 6% de pigmento - T1P6. 31
Figura 17 - Traço 2 com 6% de pigmento – T2P6. 31
Figura 18 - Traço 3 com 6% de pigmento – T3P6. 32
Figura 19 - Comparação dos traços sem pigmento. 32
Figura 20 - Comparação dos traços com 3% de pigmento. 33
Figura 21 - Comparação dos traços com 6% de pigmento. 34
Figura 22 - Tipos de ruptura. 35
Figura 23 - Rompimento do corpo de prova por cisalhamento. 35
Figura 24 - Ruptura cisalhada – T3P3. 36
Figura 25 - Localização da pedreira Mix Mattar. 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação dos traços de concreto utilizados. 22
Tabela 2 - Identificação dos traços de concreto em volume e massa. 23
Tabela 3 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova[a]. 25
Tabela 4 - Resultados do ensaio de compressão dos corpos de prova. 28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **9**

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA **11**
2.1 Objetivo Principal **11**
2.2 Objetivos secundários **11**
2.3 Justificativa **12**

3 REFERENCIAL TEÓRICO **13**
3.1 Concretos **13**
3.2 Concretos Coloridos **13**
3.3 Pigmentos **14**
3.4 Agregados **15**
3.5 Cura do Concreto **15**
3.6 Micas **16**
3.7 Biotita **18**
3.8 Geologia Regional **18**

4 MATERIAIS E MÉTODOS **22**
4.1 Materiais empregados: **23**
4.1.1 Cimento ***23***
4.1.2 Agregados ***23***
4.1.3 Água ***24***
4.1.4 Pigmento ***24***
4.2 Procedimentos **24**

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES **28**

6 CONCLUSÃO **38**

REFERÊNCIAS **39**

ANEXO 1 - Tabela de traços para concreto **42**

1 INTRODUÇÃO

A constante evolução na área da construção civil desencadeou a necessidade do aprimoramento dos concretos comuns, a fim de garantir melhor trabalhabilidade, resistência e segurança na aplicação dos mesmos.

Os tipos de concreto mais utilizados são os concretos convencionais e especiais, no entanto, buscam-se avanços com a utilização de concretos coloridos visando manter a segurança e qualidade das construções.

Em obras onde os concretos convencionais não podem ser aplicados, pode-se utilizar concretos especiais, onde os mesmos melhoram as deficiências do concreto convencional ou incorporam propriedades não usuais ao material normalmente utilizado.

Além de uma mistura ideal, o traço de concreto deverá proporcionar economia em sua fabricação e levar em consideração os materiais disponíveis na região a fim de atender uma série de requisitos que dependerá, por exemplo, da complexidade do trabalho a ser realizado (TUTIKIAN E HELENE, 2011).

O concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo, sendo composto por uma mistura de cimento, água, agregados e quando necessário faz-se a utilização de aditivos. Em relação à utilização destes materiais, quanto à sua coloração final, o cimento apresenta influência e o agregado miúdo a ser utilizado deverá ser o mesmo durante toda a execução da obra a fim de evitar alteração na coloração do concreto.

Para obter melhor aproveitamento das propriedades do concreto, é necessário fazer uma dosagem adequada dos materiais, a qual é constituída.

O estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland consiste em procedimentos que tem como objetivo identificar a proporção ideal expressa em massa ou volume dos materiais constituintes do concreto, esta proporção também é conhecida como traço de concreto.

Estudos mais aprofundados com relação aos materiais disponíveis na região deverão ser realizados, a fim de analisar o teor de minerais em sua composição, que por sua vez, pode interferir na resistência e trabalhabilidade dos concretos.

Weidmann (2008, p.26, apud PARREIRA, 2016, p.9), explica que a mica livre em agregados miúdos pode ser devido a presença de minerais como biotita ou muscovita, no qual apresentam efeito negativo na demanda de água e na resistência do concreto, onde mesmo em pequenos teores, são responsáveis pela redução de 15% na resistência do concreto aos 28 dias com um teor de 5% de mica, tendo relação constante de água/cimento.

Para a produção de concretos coloridos os pigmentos a serem utilizados podem ser líquidos ou em pó. Os líquidos possuem fácil aplicação e devem ser misturados na água de amassamento do concreto. Já os pigmentos em pó exigem maiores cuidados, devendo ser a princípio misturados a seco com cimento, por tempo pré-estabelecido, a fim de melhorar a homogeneidade da cor (CONCEIÇÃO, 2015).

O autor ainda afirma que o concreto colorido resulta do surgimento de novos materiais e sistemas construtivos que vêm sendo introduzidos nas edificações, onde apresenta características e comportamentos diferenciados e ainda pouco estudados.

Passuelo (2004) ressalta que apesar das dificuldades, o uso de pigmentos tem aumentado, pois eles permitem uma liberdade cromática maior.

Os pigmentos utilizados na fabricação dos concretos coloridos são classificados em inorgânicos e orgânicos, sendo os inorgânicos mais utilizados pois apresentam características que os tornam mais viáveis pois atendem as exigências para o uso em concreto e argamassa (CONCEIÇÃO, 2015).

Tutikian e Helene (2011) ressalta que a utilização do concreto colorido proporciona diversas vantagens para a engenharia, tais como valor estético, originalidade, desenvolvimento tecnológico, durabilidade e preservação do meio ambiente, além de economia para a obra, devido à agilidade e menor tempo com manutenção, pois dispensa a aplicação de revestimento.

Sendo assim, é necessário um maior controle tecnológico e alguns cuidados especiais, principalmente na produção do concreto e execução da estrutura.

A utilização do concreto colorido tem ganhado cada vez mais destaque. A maior referência de aplicabilidade deste tipo de concreto no Brasil é o hotel Unique em São Paulo (Figura 1), projetado pelo arquiteto Ruy Ohtake e executado pelo engenheiro Mário Franco. Na sua construção foi utilizado concreto de alto desempenho em sua estrutura e concreto colorido em sua fachada. Devido à sua complexidade, elegância e utilização de diversos materiais, foi contemplado com o I Prêmio Talento Engenharia Estrutural (BRITES, 2013).

No Brasil as dificuldades encontradas sobre a utilização do concreto colorido estão relacionadas a falta de conhecimento sobre a técnica, deixando os clientes e profissionais resistentes à aceitação, na uniformização da cor (que está relacionada diretamente com a dosagem e controle da execução do concreto), pela necessidade de maior demanda de água na mistura e pelo alto custo no mercado brasileiro (VALENÇA, 2017).

Figura 1 - Hotel Unique, São Paulo, Brasil.

Fonte: BRITES, 2013.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo Principal

Analisar a melhor composição para aplicabilidade de concretos coloridos na construção civil através de diferentes teores de pigmentos que interagem com os materiais cimentícios e suas adições minerais.

2.2 Objetivos secundários

- Elaborar corpos de prova cilíndricos (CP) de concreto convencional e com acréscimo de pigmento em pó com porcentagens distintas.
- Medir a resistência dos CP's, a fim de analisar os resultados de forma a avaliar a viabilidade quanto ao uso deste tipo de concreto.
- Elaborar gráficos comparativos dos resultados com intuito de proporcionar uma melhor interpretação e visualização dos mesmos.

2.3 Justificativa

Introduzir uma determinada cor às estruturas cinzas de concreto é uma forma de torná-las mais atraentes e valorizadas.

Conforme Passuelo (2004), a cor da superfície pode ser empregada de três formas: pintando a superfície do mesmo depois de endurecido; incorporando pigmentos dentro da mistura; ou simplesmente pela seleção de agregados miúdos e graúdos e cimentos com cores especiais.

O autor acima ainda menciona que quanto às demais opções de fabricação do concreto, a pintura da sua superfície é considerada a menos atraente, além de estar revestindo e modificando a textura e aparência natural do concreto, possui uma vida útil que pode ser muito inferior à do material que está cobrindo, carecendo de um maior número de manutenção ao longo da sua vida útil.

A aplicação de concretos coloridos dispensa a fase de acabamento devido ao fato de possuir pigmentação incorporada na composição do concreto ou argamassa, favorecendo sua durabilidade quando comparado ao acabamento com pintura reduzindo o tempo necessário para manutenção.

O concreto colorido possui uma vida útil, como um concreto convencional, de 50 anos, muito mais elevada do que revestimento de tintas, que precisam de intervenções periódicas de aproximadamente 5 anos para a manutenção (VALENÇA, 2017).

Com a utilização de pigmentos na mistura, surge a necessidade de adicionar um novo elemento constituinte que normalmente tem custo elevado, o que demanda ajustes no processo de produção, para permitir sua adequada dispersão (PASSUELO, 2004).

A capacidade de identificação do concreto colorido é um fator positivo em relação ao concreto convencional, pois as utilizações de produtos de colorações distintas facilitam a identificação em canteiros de obras.

Portanto, muitas construtoras e fabricantes estão priorizando a confecção desses produtos, eliminando o risco da aplicação de concreto fora de local determinado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Concretos

O concreto é o material de construção resultante da mistura de aglomerante, agregados e água. Posteriormente a mistura do concreto deve possuir plasticidade eficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre o aglomerante e a água (ALMEIDA, 2002).

Normalmente são adicionados minerais e aditivos químicos no concreto visando a obtenção de propriedades especiais, ou ainda, que corrijam certas deficiências do cimento usado (CASTRO ET AL, 2011).

O autor acima ainda afirma que ao se produzir uma mistura de concreto, principalmente de alto desempenho, a primeira análise a ser feita é o tipo de cimento a ser empregado, sendo que seu desempenho em termos de reologia e de comportamento mecânico torna-se um ponto crítico à medida que a resistência à compressão desejada aumenta. Desta forma, o cimento ainda é um material essencial para produção concreto.

As motivações para o uso tão difundido do concreto são: a facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, variedades de formas e tamanhos; mais barato e mais facilmente disponível no canteiro de obra.

3.2 Concretos Coloridos

O concreto colorido resulta do surgimento elevado de novos materiais e sistemas construtivos que vêm sendo introduzidos nas edificações, exibindo características e comportamentos diferenciados e ainda pouco estudados. Dentre estes novos materiais empregados no concreto colorido, os principais e responsáveis por introduzir diversas tonalidades ao produto são o cimento Portland branco estrutural e os pigmentos (CONCEIÇÃO, 2015).

Estes concretos podem ser utilizados em diversos tipos de construções, sendo comumente empregado em pisos, fachadas de edifício, pontes, entre outras, dispensando a utilização de revestimento. Este benefício pode representar economia para algumas edificações, pois apresenta obra isenta de chapisco, emboço, reboco, pinturas, texturas e azulejos, e para outros casos, pode significar diferencial estético e arquitetônico.

Conceição (2015), ressalta que a adição de pigmentos na mistura do concreto tem se tornado interessante, uma vez que pintar uma superfície de concreto, além de revestir e modificar a textura e aparência natural, possui uma vida útil que tende a ser muito inferior à do material que se está cobrindo, necessitando de intervenções periódicas para manutenção durante a vida útil da estrutura.

Para uma boa qualidade do concreto, tanto no estado fresco como no estado endurecido, a correta escolha e proporcionalidade de seus materiais constituintes, o emprego de técnicas adequadas para a mistura, compactação e cura devem ser buscados (PETRUCCI, 1987).

3.3 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias minerais ou orgânicas, utilizadas para conferir cor, opacidade, volume e outros efeitos. Podem ser orgânicos e inorgânicos.

Os pigmentos inorgânicos são os mais recomendáveis, pois atendem a todos os requisitos exigíveis para o uso em concreto e argamassa, as quais são: ser inerte com os demais componentes do concreto e argamassas; assegurar e manter a sua cor original; apresentar boa resistência à ação da luz e das intempéries; apresentar pH estável; ser insolúvel em água e misturar-se facilmente com o cimento, os finos do concreto e argamassa (COELHO, 2001).

Em relação aos pigmentos orgânicos**,** a Revista Pisos Industriais, nº05 (2006) salienta que a sua utilização é restringida no concreto devido à ocorrência de quebra de suas ligações químicas, o que pode ocasionar a conversão do produto em sal solúvel e danificar a peça, manchando a superfície do concreto com eflorescências

O óxido de ferro é um composto extremamente interessante na produção de pigmentos, porque a partir dele se consegue obter um grande leque de cores diversificadas, através de modificações feitas durante o processo de oxidação (AGUIAR, 2006).

O emprego de pigmentos está relacionado diretamente com a resistência mecânica desejada, uma vez que a utilização de pigmentos reduz a quantidade de materiais importantes para o aumento da resistência (SILVA ET AL, 2015).

3.4 Agregados

De acordo BAUER (2001), o agregado é um material constituído por misturas de partículas, as quais podem ter variados tamanhos, com atividade química praticamente inexistente e que não permite coesão entre suas partículas. Podem ser naturais ou industrializados e tem como função melhorar algumas das características do concreto, como a retração e a resistência à abrasão.

Para os efeitos da NBR 7211, aplicam-se as definições seguintes:

- Agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com peneiras definidas.
- Agregado graúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo as peneiras definidas.

Simplificando, Neville e Brooks (2013) destacam que a melhor forma de distinguir ambos é com a utilização da peneira de 5 mm ou a peneira ASTM nº 4, o material que passa na peneira entende-se por agregado miúdo, já o material retido, agregado graúdo.

Em terminologias relativas à natureza, segundo Ferreira e Daitx (2003), definiu-se agregado artificial como um tipo de agregado com granulometria variada que passou por um processo de beneficiamento que determinará seu aproveitamento fundamentado na economicidade dos produtos a serem obtidos após este processo.

3.5 Cura do Concreto

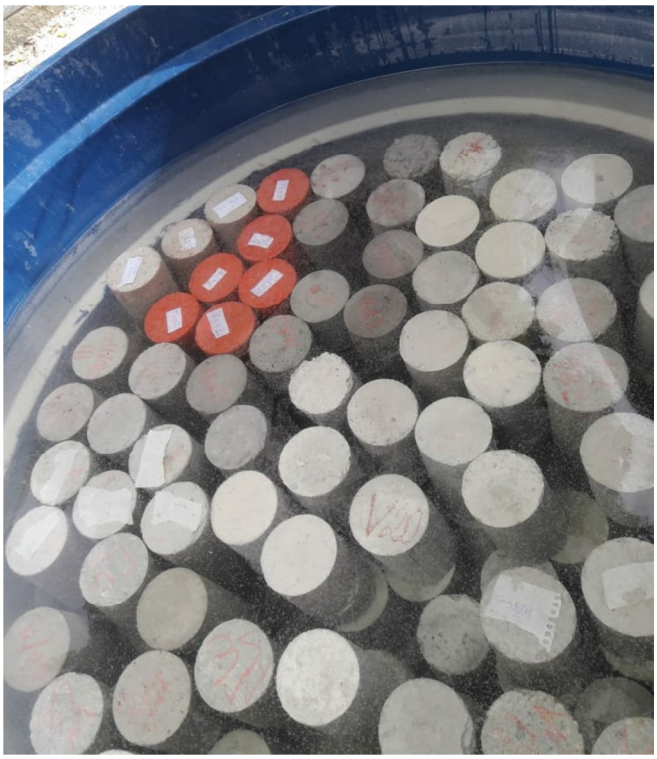
Segundo Bardella, Barbosa e Camarini (2005, p. 2), a cura do concreto é conhecida como o conjunto de medidas que tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, que é responsável pela pega e endurecimento do concreto. O objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição até que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante.

A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho, proporcionando uma redução de sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas.

Outro fator importante a ser considerado é que “a cura em água reduz a retração da peça na fase em que o concreto tem pouca resistência, fato este de fundamental importância, por evitar formação de fissuras de retração, que podem comprometer a impermeabilidade do concreto” (BAUER, 2001, p. 384).

Petrucci (1998) comenta que as reações entre a água e o cimento variam conforme o tempo, adotando-se normalmente a idade de 28 dias como idade padrão e ensaiando-se o material em idades inferiores, como 7 dias, para se chegar a resultados de resistência mais rapidamente. Destaca ainda que existe uma relação de resistência encontrada em 28 dias do concreto como sendo de 1,25 a 1,50 vezes maior que a resistência aos 7 dias. A Figura (2) apresenta corpos de prova em fase de cura.

Figura 2 - Cura do concreto.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.6 Micas

A palavra “mica” deriva do latim macare (brilho) e corresponde ao grupo dos minerais constituído por silicatos hidratados de alumino, potássio, sódio, ferro, magnésio e, ocasionalmente, lítio, cristalizado no sistema monoclínico, apresentando composições químicas e propriedades físicas distintas. Este grupo dispõe de inúmeras características, como; clivagem fácil, baixa condutividade térmica e elétrica; resistência a mudanças abruptas de

temperaturas entre outras que conferem a esse mineral várias aplicações industriais (CAVALCANTE ET AL, 2005).

Os autores acima ainda retratam quanto a classificação das micas, que podem ser; verdadeiras, caracterizadas por micas frágeis e as de intercamadas deficientes. Quanto a sua forma, todas as micas são compostas por lâminas de silicatos tetraédricos. Alguns dos minerais mais conhecidos dentro do grupo das micas, são; moscovita, biotita, lepiodolita, glauconita, paragonita, flogopita, dentre outros.

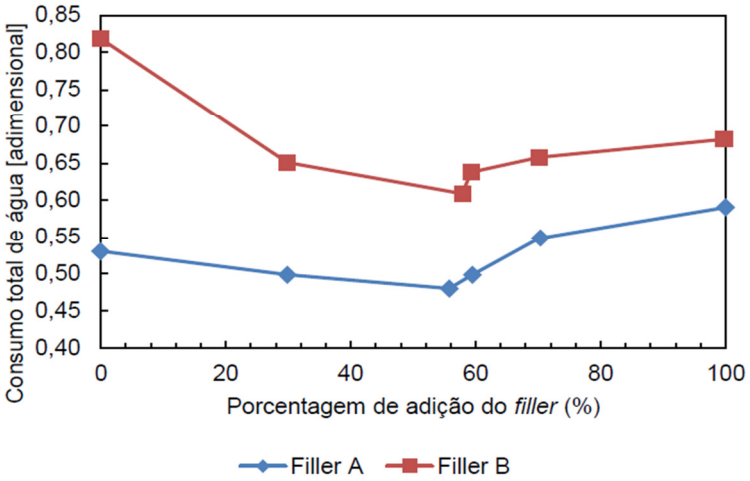
Parreira (2016) retrata as micas como sendo importantes minerais para a composição de algumas rochas, como gnaisses. Porém quantidade exagerada deste mineral pode comprometer as rochas utilizadas para a fabricação de argamassas e concretos, pois sua presença resulta em piora da trabalhabilidade.

O autor também destaca a relevância da forma das micas nas propriedades de concretos e argamassas na sua influência deletéria. "A existência de partículas em um fluido em movimento perturba o perfil de escoamento fazendo com que a viscosidade do meio aumente." Ou seja, a viscosidade aumenta conforme o aumento da perturbação do perfil de escoamento:

> Os minerais micáceos com sua forma lamelar se aglomeram formando uma estrutura espacial rígida, que é responsável pela demanda de uma tensão mínima de cisalhamento necessária para iniciar o escoamento da suspensão. Para evitar esse tipo de aglomeração, essas partículas necessitam de quantidade de água superior àquela demandada por partículas esféricas para preencher os vazios presentes nos aglomerados formados, recobrir a superfície das partículas e separá-las para que possam fluir de forma correta e manter a mesma viscosidade (HAWLITSCHEK, 2014 apud PARREIRA, 2016, p. 7).

Segundo Parreira (2016) o estudo do maior consumo de água dos minerais micáceos foi realizado por Lagerblad et al. (2011). Este estudo consistiu na comparação de dois tipos de fillers graníticos: Filler A, rico em quartzo e feldspato e Filler B, rico em mica e argilomineirais, por meio de um ensaio de saturação em água, como resultado, apresentou maior saturação no filler B (Figura 3). "A presença de partículas que demandam maior consumo de água afeta a trabalhabilidade dos concretos" (LAGERBLAD ET AL., 2013 apud PARREIRA, 2016).

Figura 3 - Ensaio de saturação em água para dois fillers graníticos.



Fonte: PARREIRA, 2016.

3.7 Biotita

A biotita é um silicato de potássio, magnésio-ferro-alumínio hidratado mais comum do grupo de minerais das micas com ocorrências típicas em rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares. Este mineral é rico em ferro, sendo usualmente representado através do óxido de ferro (FeO) (PARREIRA, 2016).

> Pesquisas indicam que o teor de FeO na biotita pode variar entre 8 % e 27 % (Museu DNPM, acesso em agosto 2016; Galindo, 2013). Sendo assim, o ferro é um forte indicador da presença de biotita. A razão entre magnésia (MgO) e sílica (SiO2) também é importante para caracterização das biotitas, tendo que o valor típico é por volta de 1:4,5 (SiO2:MgO) (PARREIRA, 2016, p.6).

O autor enfatiza também que a forma da biotita contribui para a redução da resistência e trabalhabilidade de concretos e argamassas, visto que o aumento de tamanho deste mineral provoca a redução na fluidez das argamassas:

> A fluidez diminui quando os grãos se tornam maiores, pois quando a razão entre o comprimento do plano de clivagem e o comprimento do ângulo reto formado com este plano é grande significa que a forma da biotita é lamelar. Logo, quanto mais lamelar é a partícula de biotita, pior a trabalhabilidade do concreto ou argamassa. A redução da resistência se dá pelo alinhamento do eixo de compressão nos ângulos entre 30º e 60º com a partícula lamelar do mineral micáceo (Wakizaka *et al*. (2005), apud PARREIRA, 2016, p.9).

3.8 Geologia Regional

Segundo Gomes (2012 apud RAMOS; GOMES, 2016, p.7) o município de Teófilo Otoni está localizado a nordeste do Estado de Minas Gerais (Figura 4) envolvendo parte do Cinturão Araçuaí e da Província Mantiqueira. Este município tem sua geologia com

predominância pré-cambriana e sua principal formação geológica pertence ao Complexo Juiz de Fora, tendo maior parte compreendida em idade Arqueana.

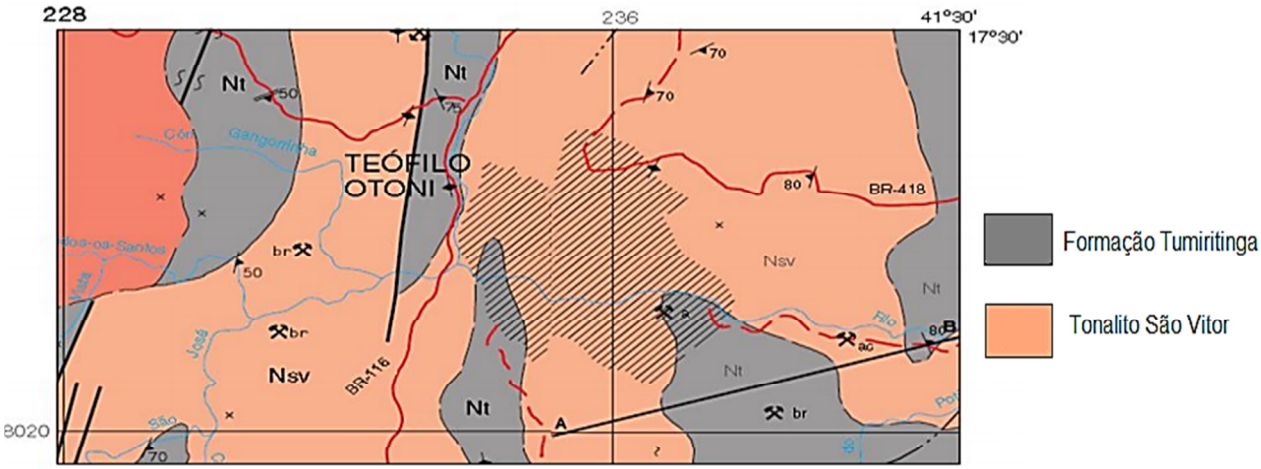
Figura 4 - Localização da cidade de Teófilo Otoni- MG.

Fonte: Google Imagens.

O Complexo Juiz de Fora é composto por ortognaisses com paragêneses da fácies granulito, apresenta como litotipo característico gnaisse enderbítico, granulação média, verde escuro, com bandamento centímetro e intercalações máficas. Este complexo é caracterizado pela presença de gnaisses, gnaisses granulíticos, granulitos básicos, biotita gnaisse, granitoides, charnockitos, anfibolitos, dentre outros tipos litológicos (GOMES ET AL, 2014).

Ainda segundo os autores, situado dentro do Complexo Juiz de Fora, no município de Teófilo Otoni pode-se citar as principais rochas da formação geológica na área urbana; Formação Tumiritinga e Tonalito São Vitor, conforme Figura (5).

Figura 5 - Formações geológicas da região que compreende o município de Teófilo Otoni – MG.



Fonte: RAMOS; GOMES, 2016. Adaptado.

“A formação Tumiritinga é composta por um litotipo principal com Biotita Gnaisse Cinza, fino ou médio, mostrando foliação milonítica ocasionalmente, com presença de mármore próximo a Ladainha e junto à Poté.” (GOMES ET AL, 2014).

O Tonalito São Vitor é um granito sin- a tarditectônico com Biotita tonalito, Hornblenda-biotita tonalito e, subordinadamente, biotita granodiorito, de cor cinza granulação média a grossa, foliado e, ocasionalmente, com megacristais de feldspato mostrando textura de fluxo magmático (PAES, 2000).

“Diversas rochas têm sido usadas na produção de areia de brita, como granitos, gnaisses, sienitos, dioritos, basaltos, arenitos e calcários” (FRAZÃO, 2007 apud PARREIRA, 2016, p. 1). De forma geral, a região apresenta predominância de rochas gnáissicas com presença de biotitas. Devido a sua abundância, estas rochas são utilizadas para a produção de agregados para a fabricação de concretos e argamassas pela pedreira local.

Segundo Parreira (2016) gnaisses são rochas de origem metamórficas resultantes da transformação de rochas sedimentares ou ígneas. Sua composição inclui diversos minerais, tais como, pelo menos 20% em volume de feldspatos potássicos, que pode ser do tipo microclínio ou ortoclásio, plagioclásio, quartzo e biotita. Apresentam estrutura de bandamento composicional com alternância de camadas félsicas (quartzo e feldspato) e camadas máficas (biotita e anfibólio). Quando ao tipo e classificação das rochas gnáissicas o autor descreve:

> [...] que sua textura pode ser do tipo (i) granoblástica, com minerais granulares em diversas dimensões formando mosaicos poligonizados; (ii) lepidoblástica, com predomínio de minerais micáceos orientados, ou ainda (iii) nematoblástica, pela orientação de minerais prismáticos como anfibólios e piroxênios (Best, 2008). Quando originados de rochas graníticas são classificados como ortognaisses e, quando originados de rochas sedimentares, são classificados como paragnaisses. Possuem boa resistência mecânica, estabilidade química e baixa presença de impurezas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para um melhor entendimento acerca do tema abordado foi realizada uma revisão da literatura, interpretação de mapas geológicos da região e suas correlações com concretos e argamassas. No tocante, ao que diz respeito a concretos coloridos, a fim de aprimorar e garantir conhecimentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

A proposta inicial consistiu na elaboração de dezoito corpos de prova (CP) de concreto com idades de rompimento previstas para sete e vinte e oito dias. A impossibilidade do rompimento dos CP's aos sete dias ocorreu devido às greves recorrentes no país que resultou na paralisação de setores de relevância para a economia, inclusive a concreteira onde foi desenvolvida a parte prática deste estudo. Desta forma o rompimento dos CP's só foi possível aos nove e vinte e oito dias.

Os CP's foram subdivididos em três traços distintos: traço 1 (T1), traço 2 (T2) e traço 3 (T3); e sua composição descrita como: sem pigmento (SP), acréscimo de 3% de pigmento (P3) e acréscimo de 6% de pigmento (P6). Estas subdivisões se fizeram necessárias visando o controle e diferenciação entre os CP's, conforme apresentado na Tabela (1).

Tabela 1 - Identificação dos traços de concreto utilizados.

Composição	9 dias	28 dias	Total (CP)
Concretos Convencionais	T1SP	T1SP	6
	T2SP	T2SP	
	T3SP	T3SP	
Concretos com 3% de pigmento	T1P3	T1P3	6
	T2P3	T2P3	
	T3P3	T3P3	
Concretos com 6% de pigmento	T1P6	T1P6	6
	T2P6	T2P6	
	T3P6	T3P6	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os traços de concreto escolhidos são destinados a utilização em estruturas de concreto armado, obras de responsabilidade e pontes com base em rochas graníticas do Rio de Janeiro - RJ conforme apresentado na Tabela (2).

Tabela 2 - Identificação dos traços de concreto em volume e massa.

Identificação	Utilização	Resistência a Compressão F_{ck} (Mpa)	Traço em Volume	Traço em Massa
TRAÇO 1	Estruturas de concreto armado	18	1 : 2 1/2 : 4	1 : 2,71 : 3,52
TRAÇO 2	Obras de responsabilidade	25	1 : 2 : 3	1 : 2,17 : 2,94
TRAÇO 3	Pontes	40	1 : 1 : 2	1 : 1,08 : 1,56

Fonte: Notas de aula Prof. Antônio Jorge.

Com base nos dados da Tabela (2) foi possível fazer um levantamento da quantidade de materiais utilizadas em massa para cada traço.

4.1 Materiais empregados:

Todos os materiais e equipamentos utilizados para a fabricação e rompimento dos CP's exceto o pigmento em pó foram fornecidos pela concreteira Mix Mattar, localizada na cidade de Teófilo Otoni - MG.

4.1.1 Cimento

Quanto aos materiais dosados no programa experimental utilizou-se o cimento Portland de alto forno com escória, do tipo CPIII – E – 32, em conformidade com a NBR 11578 (ABNT, 1991), fabricado pela Cauê, sendo o mais usado na região e recomendado por ser um cimento ecologicamente correto e com propriedades como: baixo calor de hidratação, maior impermeabilidade e durabilidade. Empregado tanto para obras de grande porte e agressividade quanto para aplicação geral em argamassas de assentamento e revestimento.

4.1.2 Agregados

Os agregados não foram submetidos a um processo de preparação ou ensaio de caracterização, sendo fornecidos pela concreteira e coletados diretamente da mesma em seu estado natural e com parâmetros de umidade apresentados no instante de utilização.

O agregado graúdo empregado na confecção do concreto foi a Brita 0, de origem gnáissica caracterizada por dimensões reduzidas (malha entre 4,8 mm e 9,5 mm) e aplicada a

fim de aumentar a resistência do concreto e os espaços vazios, garantindo melhor compactação da mistura.

Como agregado miúdo, do tipo artificial, aplicou-se a areia com umidade de 3%, sendo melhor graduada e com frações finas resultantes do procedimento de transformação em areia artificial. Segundo Bianchi (2004) as características serão alteradas com a utilização de pó de pedra (ou areia artificial) em função da granulometria (em geral, mais fina) e da forma dos grãos, predominantemente lamelares, ao contrário das areias naturais cujos grãos tendem a ser arredondados.

4.1.3 Água

A água utilizada na produção das amostras de concreto foi proveniente da rede de abastecimento público, COPASA, para a concreteira Mix Mattar. As proporções, em litros de água, foram estabelecidas de acordo os traços e seus respectivos fator água/cimento, conforme tabela do Anexo 1.

4.1.4 Pigmento

Para pigmentação da mistura, como opção mais econômica e utilizada no mercado, aplicamos o pigmento em pó Xadrez Lanxess na coloração vermelha.

As quantidades, em gramas, de pigmento em cada traço foram determinadas de acordo as proporções de cimento estabelecidas no mesmo com relação aos percentuais de 3% e de 6% de pigmentação, adotados para análise no que se refere aos efeitos de coloração conforme esta variação.

4.2 Procedimentos

Para precisão das medidas dos materiais contou-se com o auxílio de uma balança da TOLEDO.

Inicialmente os materiais dosados foram inseridos numa betoneira da CSM a fim de misturá-los mecanicamente, obtendo como resultado final o concreto.

Em seguida o concreto foi colocado em moldes cilíndricos com dimensões 20 cm x 10 cm, conforme Figura (6), sendo disposto em duas camadas com abatimento manual de 12 golpes em cada camada, conforme NBR 5738 especificada no Tabela (3) com o auxílio de uma haste de adensamento (Figura 7).

Figura 6 - Concreto em moldes cilíndricos com dimensões 20 cm x 10 cm.

Fonte: Arquivo pessoal

Tabela 3 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova[a].

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	-	-
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450[b]	3	-	-

[a] Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.
[b] No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: NBR 5738:2015.

Segundo as exigências da NBR 5738, a primeira camada de concreto deve ser atravessada em toda a sua espessura, quando adensada com a haste, evitando-se golpear a base do molde e os mesmos devem ser distribuídos uniformemente em toda a seção transversal da forma. Cada uma das camadas seguintes também deve ser adensada em toda sua espessura, fazendo com que a haste penetre aproximadamente 20 mm na camada anterior.

Figura 7 - Abatimento do concreto no corpo de prova.

Fonte: Arquivo pessoal

O endurecimento do concreto é rápido, sendo que a retirada do mesmo inserido no molde cilíndrico pode ser realizada de um dia para outro. Para este trabalho o concreto foi desenformado em dois dias, logo após, os CP's foram devidamente identificados e levados a um recipiente contendo água para sua cura, sem controle de umidade e temperatura até as datas dos ensaios correspondentes a nove e vinte e oito dias. A limpeza dos moldes foi de responsabilidade dos autores.

Em seguida foi utilizado uma retificadora da Stuhlert (Figura 8) responsável por retificar os corpos de prova. Segundo a NBR 5738 a retificação é um processo que consiste na remoção de 0,1 mm de uma camada de material das bases a serem preparadas, sendo removido 0,05 mm em cada extremidade, a fim de realizar o controle geométrico proporcionando ao CP uma superfície lisa e livre de ondulações.

Figura 8 - Retificação do corpo de prova.

Fonte: Arquivo pessoal

Logo após, os CPs foram rompidos por uma prensa de compressão elétrica digital da S Solocap (Figura 9), utilizada para o teste de compressão dos CPs de concreto.

Figura 9 - Máquina de compressão elétrica.

Fonte: Arquivo pessoal

Obteve-se as respectivas resistências de cada CP aos nove e aos vinte e oito dias em kN convertidas para MPa a partir da Equação (1).

Equação 1 - Conversão da resistência do corpo de prova em kN para MPa.

$$f_{ck}(MPa) = \frac{\left(\frac{f_{ck}\ (kN)}{A_{cp}}\right)}{9{,}81} x100$$

Onde:

A_{cp}: Área do corpo de prova (Acp= 78,54 cm²)

f_{ck}: Resistência característica do concreto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tipos de traços utilizados foram baseados na tabela de rochas e agregados utilizada no Rio de Janeiro, conforme o Anexo 1, e os resultados obtidos foram interpretados com base nesse modelo.

Para efeitos de entendimento e organização, os traços SP são aqueles que não possuem nenhum tipo de pigmento na sua mistura, já os traços P3 e P6 são os que receberam, respectivamente, 3% e 6% de pigmento em massa.

Deste modo, utilizou-se três tipos de traços em massa que foram denominados de T1SP, T2SP e T3SP para misturas sem pigmento, T1P3, T2P3 e T3P3 para misturas com 3% de pigmento e por fim T1P6, T2P6 e T3P6 para misturas com 6% de pigmento.

Os resultados em kN obtidos para o ensaio de compressão a 9 e 28 dias são apresentados na Tabela (4) e convertidos para Mpa, conforme Equação (1) descrita nos materiais e métodos.

Tabela 4 - Resultados do ensaio de compressão dos corpos de prova.

Identificação	f_{ck} 9 dias (kN)	f_{ck} 9 dias (MPa)	f_{ck} 28 dias (kN)	f_{ck} 28 dias (MPa)
T1SP	45,92	5,96	130,95	17,00
T1P3	83,20	10,80	121,94	15,83
T1P6	83,42	10,83	103,93	13,49
T2SP	98,47	12,78	122,48	15,90
T2P3	50,04	6,49	98,18	12,74
T2P6	113,53	14,74	159,53	20,71

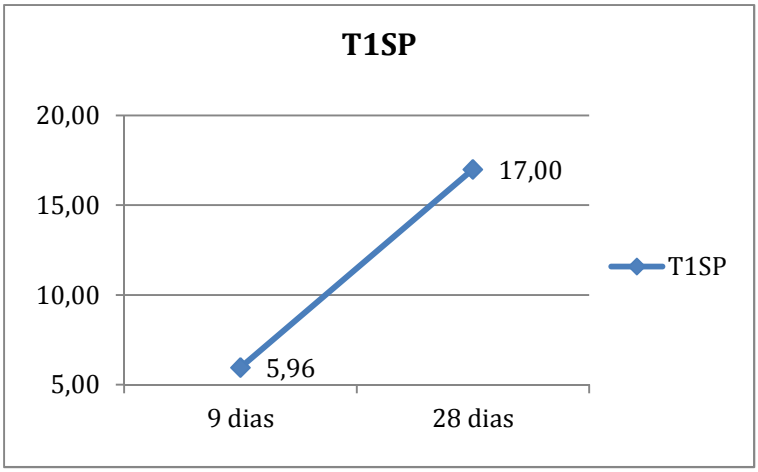
T3SP	205,62	26,69	210,80	27,36
T3P3	240,47	31,21	294,69	38,25
T3P6	215,77	28,00	235,26	30,53

Fonte: Elaborado pelos autores

Com base nos resultados obtidos foram elaborados gráficos correspondentes a cada traço, possibilitando uma análise gráfica que proporcione uma melhor visualização e entendimento dos resultados.

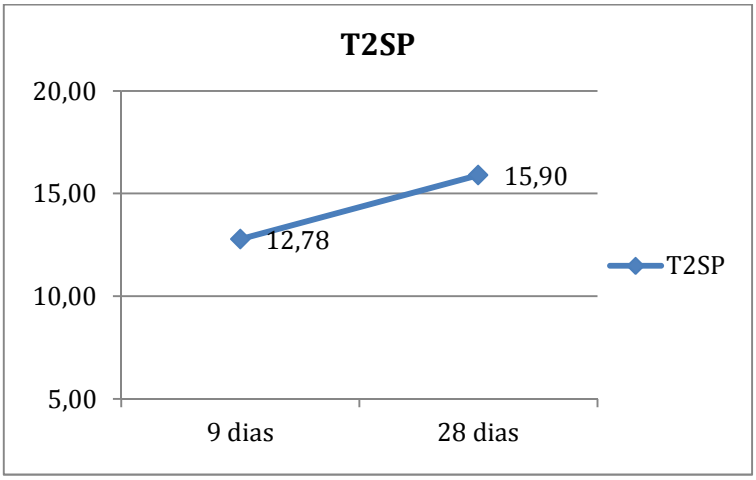
As Figuras (10), (11) e (12) correspondem aos resultados do ensaio de compressão dos traços sem pigmento (T1SP), (T2SP) e (T3SP) com suas respectivas resistências à compressão aos nove e vinte e oito dias. Vejamos:

Figura 10 - Traço 1 sem pigmento - T1SP.



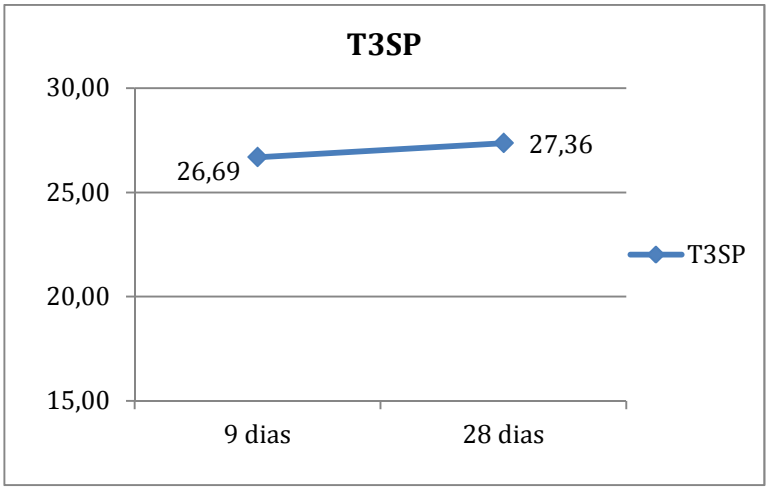
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11 - Traço 2 sem pigmento - T2SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

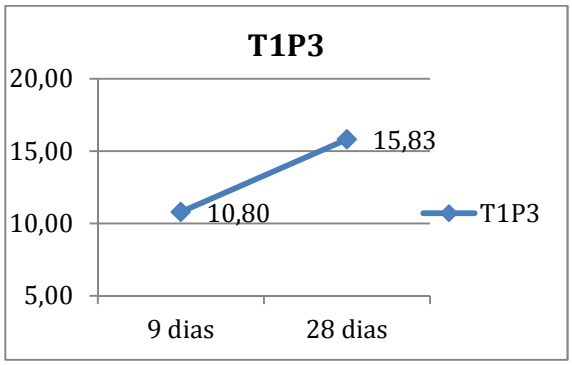
Figura 12 - Traço 3 sem pigmento - T3SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

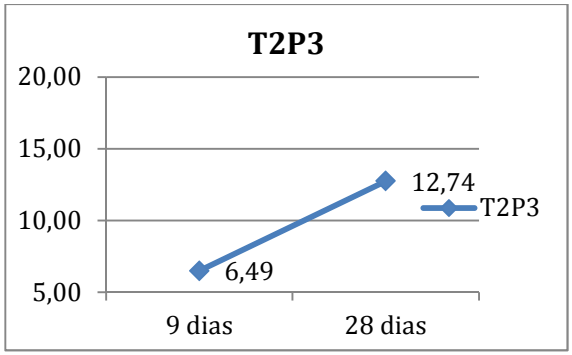
Analisando os resultados obtidos para estes gráficos, foi possível observar que T1SP obteve um melhor desempenho em relação aos demais, visto que, o mesmo alcançou um resultado de 17 MPa, próximo ao esperado f_{ck} 18 MPa aos 28 dias. Os traços T2SP e T3SP obtiveram resultados abaixo do planejado, possivelmente relacionados com os agregados utilizados. As Figuras (13), (14) e (15) correspondem aos traços T1P3, T2P3 e T3P3, com utilização de 3% de pigmento. Vejamos:

Figura 13 - Traço 1 com 3% de pigmento - T1P3.



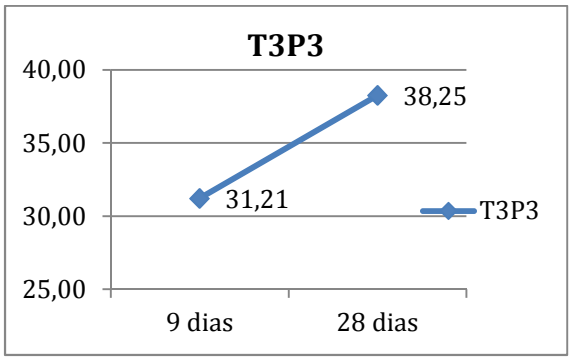
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 14 - Traço 2 com 3% de pigmento - T2P3.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 15 - Traço 3 com 3% de pigmento - T3P3.

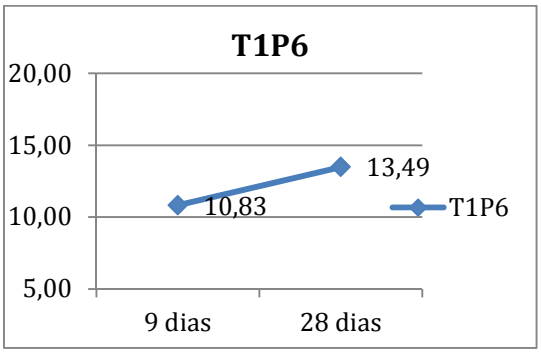


Fonte: Elaborado pelos autores.

O traço com pigmento de 3% que alcançou o melhor resultado foi T3P3, que obteve uma resistência de 38,25 MPa, próxima de 40 MPa. Possivelmente a presença de óxido de ferro na composição do pigmento contribuiu para a diminuição da resistência do concreto, em contrapartida a quantidade de cimento também influencia no aumento da resistência.

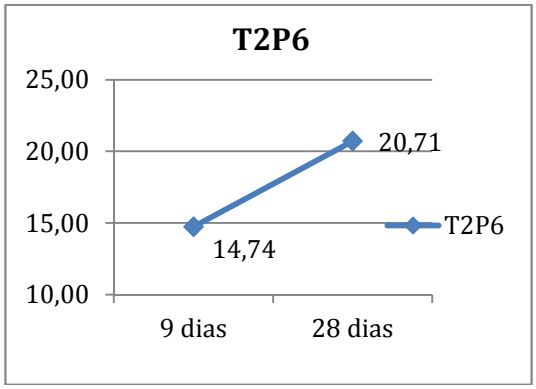
O traço T3P3 possui maior quantidade de cimento, o que ocasiona em um aumento na sua resistência, amenizando a influência do óxido de ferro. As Figuras (16), (17) e (18) correspondem aos traços T1P6, T2P6 e T3P6 com utilização de 6% de pigmento.

Figura 16 - Traço 1 com 6% de pigmento - T1P6.



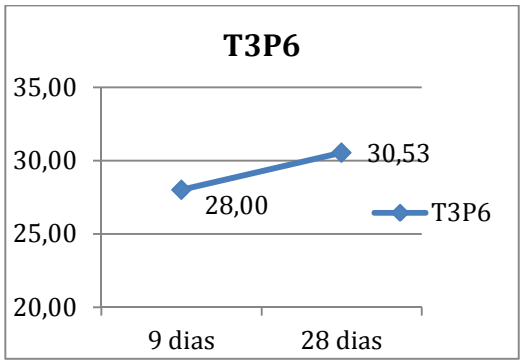
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 17 - Traço 2 com 6% de pigmento – T2P6.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 18 - Traço 3 com 6% de pigmento – T3P6.

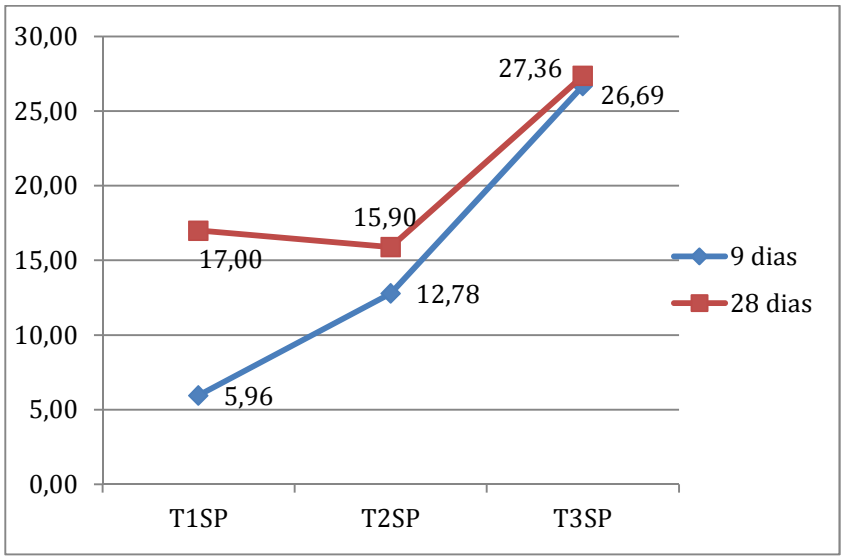


Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes resultados apresentaram menores variações aos nove e vinte e oito dias em relação aos traços anteriores. Nenhum dos resultados aproximou-se do esperado.

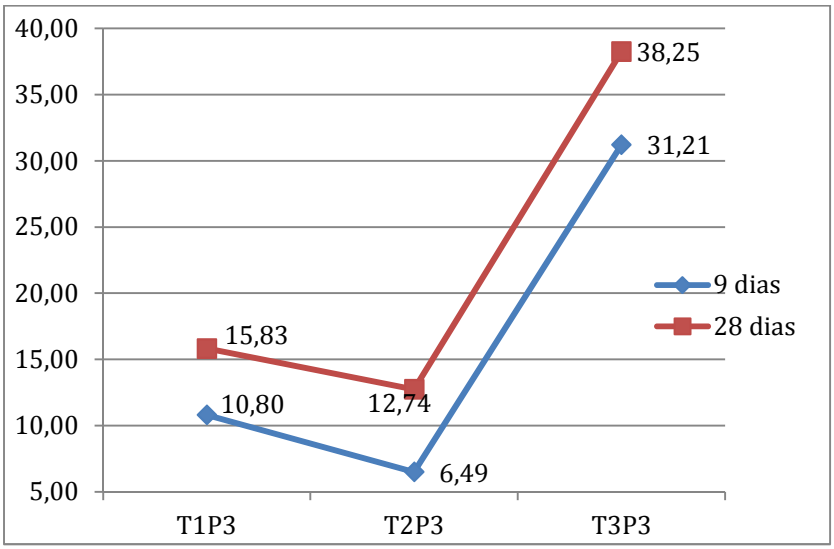
Comparando os resultados no seu conjunto, apresentamos na Figura (19) os resultados sem pigmento, na Figura (20) com 3% de pigmento, e na Figura (21) com 6% pigmento.

Figura 19 - Comparação dos traços sem pigmento.



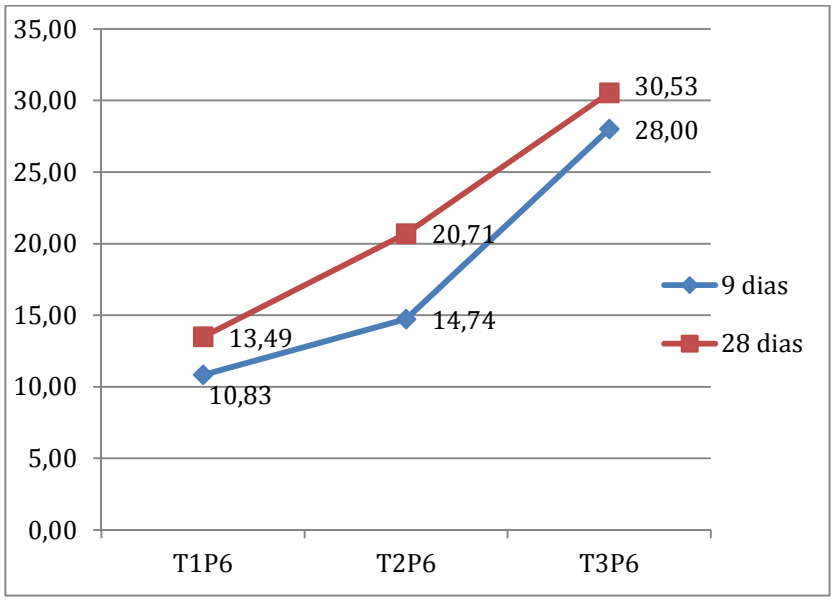
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 20 - Comparação dos traços com 3% de pigmento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 21 - Comparação dos traços com 6% de pigmento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com as Figuras (20) e (21) foi possível constatar, comparando os traços com 3% e 6%, que o de 3% apresentou valores 20% maiores aos 28 dias, sendo respectivamente 31,21 MPa e 38,25 MPa.

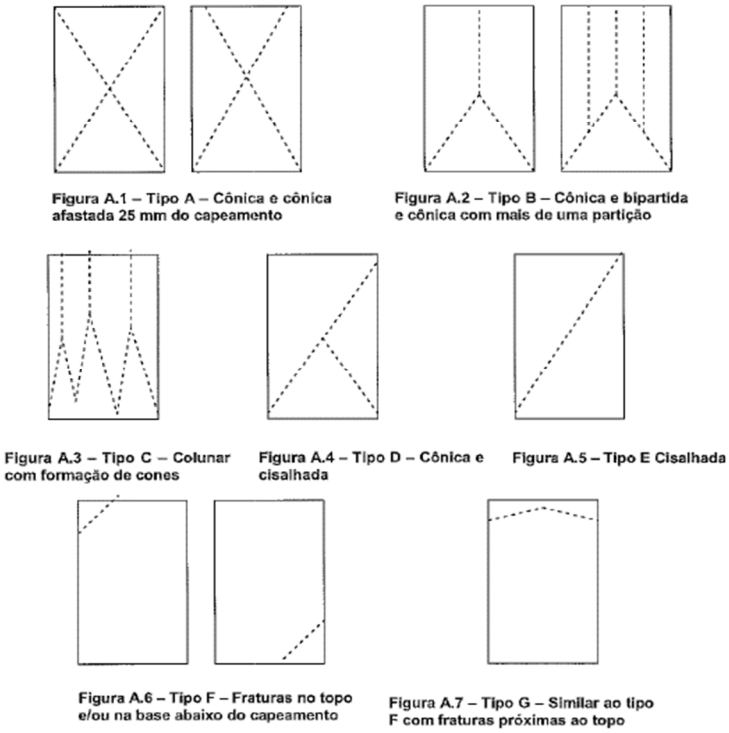
Os resultados que se apresentaram abaixo do esperado podem ter a contribuição de diversos fatores, dentre eles: falta do controle de umidade dos materiais utilizados, devido a variação do clima na data de fabricação dos corpos de provas, o que pode ter ocasionado o aumento da umidade, principalmente da areia que já apresentava umidade de 3%; dosagem inadequada dos materiais; abatimentos excessivos ou abaixo do especificado pela NBR 5738.

Os corpos de prova ensaiados, de acordo com o estabelecido na NBR 5739, e sendo determinada sua resistência de ruptura à compressão axial, o certificado de resultados de ensaio deve conter informações como o tipo de ruptura do corpo de prova.

Segundo a NBR 5739, quando a dispersão entre resultados de um mesmo exemplar for significativa, convém investigar o tipo de ruptura, pois defeitos na moldagem ou no arremate dos topos e bases dos corpos de prova podem ser identificados e sanados. A análise da forma como o corpo de prova rompe, pode evitar que se tomem importantes decisões com dados contaminados ou enganosos.

A Figura (22), referente ao Anexo A da NBR 5739, apresenta os tipos de ruptura dos corpos-de-prova como um importante fundamento quando se analisa a maneira como o corpo de prova rompeu durante o ensaio.

Figura 22 - Tipos de ruptura.



Fonte: Nota da NBR 5739.

Em relação aos resultados obtidos, as amostras em sua maioria e mesmo que não alcançaram um f_{ck} elevado, apresentaram uma ruptura cisalhada lateral (Tipo E Cisalhada), como um dos tipos de ruptura mais confiável. O traço T3P3, com sua ruptura, foi o que mais sofreu um cisalhamento ideal de 45º, como mostra na Figura (23).

Figura 23 - Rompimento do corpo de prova por cisalhamento.

Fonte: Arquivo pessoal.

O cisalhamento ocorre sempre em planos inclinados em relação à direção da força cortante que o gera, por isso a linha de fratura atravessando na diagonal do corpo de prova (Figura 24). Um teste que resulte em um efeito assim, sobre o corpo de prova, pode ser considerado normal e aceitável.

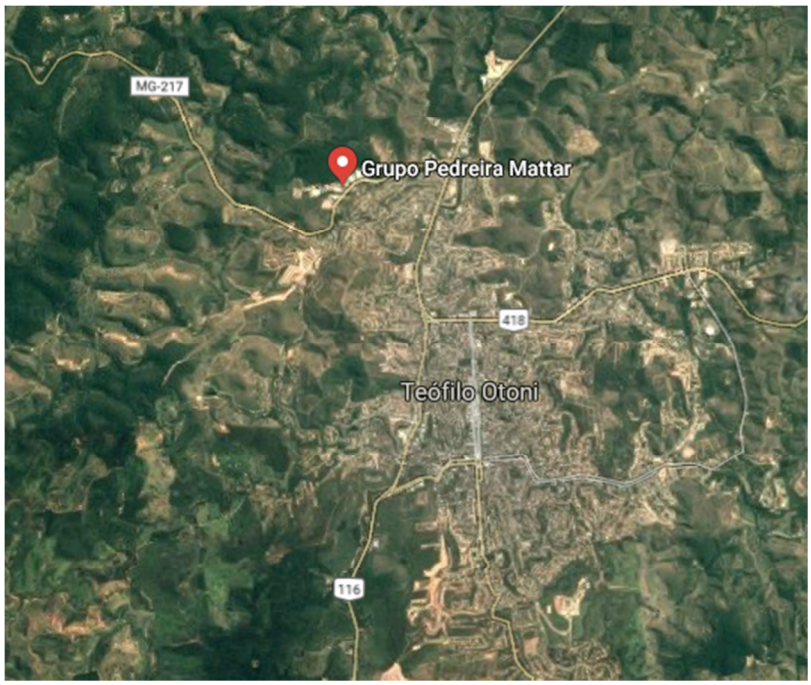
Figura 24 - Ruptura cisalhada – T3P3.

Fonte: Arquivo pessoal.

Um possível fator de maior relevância para a redução das resistências dos CP's pode estar principalmente relacionado com a formação geológica da região de localização da pedreira responsável pela produção da areia e da brita disponíveis para produção dos concretos.

A pedreira Mix Mattar está localizada próximo ao Córrego Mestre Campos, na zona Rural da cidade de Teófilo Otoni- MG, na Rodovia BR - 116, km 275, Rio Bahia saída para Vitória da Conquista – BA (Figura 25). Esta região compreende as unidades litológica do Tonalito São Vitor, que apresenta predominância de rochas gnáissicas com presença de micas e principalmente de biotita.

Figura 25 - Localização da pedreira Mix Mattar.



Fonte: Google Maps

As rochas empregadas para a produção de britas e areias são deste Gnaisse. A presença de biotita na sua composição (potássio, óxido de ferro entre outros) pode contribuir para a redução da resistência do concreto, pois exigem também maior quantidade de água na mistura.

6 CONCLUSÃO

Comprova-se que a presença de óxidos de ferro nas misturas dos concretos diminui a resistência à compressão, e neste trabalho utilizamos os pigmentos da marca Xadrez de cor vermelha.

Verifica-se que os traços com percentual de 3% de pigmento apresentaram maior resistência à compressão do que os com 6%.

Quando comparados os traços com 3% e 6%, verifica-se que aos 28 dias os de 3% apresentaram valores 20% maiores, respectivamente, 38 e 30 MPa. Desta forma, a mistura com 3% de pigmento é a mais indicada para concretos coloridos.

Comprovou-se que o Pó Xadrez é um pigmento à base de óxido de ferro que pode ser utilizado nos mais diversos campos da Engenharia Civil para colorir argamassas e concretos, no entanto este material diminui a resistência de concreto.

A presença de biotita na brita e principalmente na areia artificial, ainda pouco pesquisada na região, possivelmente também contribuíram para a diminuição da resistência à compressão em todos os traços.

A presença da biotita mostra que os gnaisses da formação geológica do Tonalizo São Vitor da região diminuem a resistência do concreto, se comparada à tabela granítica do Rio de Janeiro.

A ausência de controle de umidade no material utilizado nos traços deste trabalho também pode ter contribuído para os menores valores de resistência à compressão.

Seria interessante a continuação deste trabalho realizando testes com outros traços e outras porcentagens de pigmentos, dispondo-se de um controle mais rigoroso da umidade e dos materiais a serem utilizados.

Recomenda se que as pesquisas com concretos coloridos sejam feitas com idades de rompimento de sete, quatorze e vinte e oito dias.

Sugere-se que se faz necessário criar uma tabela de traços de concreto e argamassa, tanto em massa como em volume, específica para esta região.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 11578. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11578**: **Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro. 1991.

ABNT NBR 5738. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro. 2003.

ABNT NBR 5739. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro. 1994.

ABNT NBR 7211. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** p.3. Rio de Janeiro. 2005.

AGUIAR, C. **Concreto de Cimento Portland Branco Estrutural: Análise da adição de pigmentos quanto à resistência à compressão**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 2006.

ALMEIDA, L. C. **Concreto: Estruturas IV– Concreto armado**, agosto de 2002. 26 f. Notas de aula. 2002.

BARDELLA, S, P.; BARBOSA, C, D.; CAMARINI, G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa.** São Carlos -SP. 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** LTC. 5ª ed. 471 p. Rio de Janeiro. 2001.

BIANCHI, A. C. **Pó-de-pedra**. Téchne. 79ª ed. p. 13, outubro. São Paulo. 2003.

BRITES, B. G. **Micro Concreto Colorido.** 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica. Faculdade Anhanguera de Campinas. Volume 1. Campinas. 2013.

CASTRO, A. L; LIBORIO, J. B. L; PANDOLFELLI, V. C. **A influência do tipo de cimento no desempenho de concretos avançados formulados a partir do método de dosagem computacional**. São Paulo. 2011.

CAVALCANTE, T. M. P.; BALTAR, M. A. C.; SAMPAIO, A. J. **25. Mica.** Rochas Minerais Industriais – CETEM. 2005.

COELHO, F. **Variación del color y textura de hormigones vistos con adcion de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposión ambiental**. Tese de D.Sc., Universidade Politécnica de Madrid, U. P. Madrid. Espanha. 2001.

CONCEIÇÃO, L. B. **Estudo da Tecnologia e Aplicação do Concreto Colorido em Habitações de Interesse Social**. Projeto de Graduação. 2015.

FERREIRA, G. C. & DAITX, E. C. **A mineração de areia industrial na região sul do Brasil**. REM - Revista Escola de Minas. v.58, n.1, p-59-65. Ouro Preto. 2003.

GOMES, J. L. S.; GOMES, A. J. L.; GOMES, P. S. **Planejamento ambiental com base na geologia e sua aplicação no desenvolvimento urbano do município de Teófilo Otoni**. XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. 4p. Poços de Caldas. 2014.

NEVILLE, A. M. & BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2ª ed. 448 p. Porto Alegre: Bookman. 2013.

PAES, C. J. V. **Projeto Leste.** Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belo Horizonte. 2000.

PARREIRA, H. M. T. B. **Remoção de Biotita em Areias de Brita Utilizando Separador Magnético de Alta Intensidade a Seco**. Rio de Janeiro. 2016.

PASSUELO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. Dissertação de Mestrado. p.175. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2004.

PETRUCCI, E. **Concreto de cimento Portland**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Globo. 1987.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13ª ed. 307 p. São Paulo: Globo. 1998.

REVISTA PISOS INDUSTRIAIS. **Pigmentos para concreto - matéria prima.** 5ª ed. 2006.

RAMOS, J. O.; GOMES, A. J. L. **Estratégias para Prevenção de Riscos Ambientais e Geológicos nos Espaços Urbanos da Cidade de Teófilo Otoni.** Revista Científica Vozes dos Vales – UFVJM – MG – Brasil – Nº 09 – Ano V – 05/2016.

ROJAS, D. **Durabilidade do concreto colorido**. In: Technical Service. Bayer do Brasil. São Paulo - SP. Brasil. 2001.

SILVA, A. J. S.; ALVES, D. A. S.; AMORIM, I. M. A.; SANTOS, V. A. A. **Desenvolvimento de concreto colorido de alta resistência por meio do uso de pigmentos, cura térmica e pó de quartzo.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Centro de eventos Ceará. Fortaleza. 2015.

TUTIKIAN, B. F. & HELENE, P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. Concreto: Ciência e Tecnologia. Editor: Geraldo Cechella Isaia. p.1-38. IBRACON. Rio de Janeiro. 2011.

VALENÇA, J. V. **Concreto Colorido: Influência da Adição de Pigmentos e suas Aplicações.** Universidade Presbiteriana Mackenzie. XIII Jornada de Iniciação Científica e VII Mostra de Iniciação Tecnológica. 2017.

ANEXO 1 - Tabela de traços para concreto
(Notas de aula – Prof. Antônio Jorge, 2017).

TABELA PRÁTICA DE TRAÇOS DE CONCRETO PARA USO EM OBRAS

1 megapascal [MPa] = 10.1971621297793 kilogram-force/centimeter² [kgf/cm²]

				CONSUMO DE ...(material)... POR M3 DE CONCRETO						FUNDO 35 X 45 ALTURA DA PADIOLA		NUMERO DE PADIOLAS POR SACO DE CIMENTO			FATORES			RENDIMENTO	
EMPREGO OU UTILIZAÇÃO	Fck RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (Mpa)	RESISTÊNCIA PROVÁVEL NA COMPRESSÃO (Kg/cm2)	TRAÇO EM VOLUME	CIMENTO (Kg)	AREIA SECA (l)	AREIA UMIDA (l)	BRITA 1 (l)	BRITA 2 (l)	ÁGUA (l)	AREIA (cm)	BRITA (1 E 2) (cm)	AREIA	BRITA 1	BRITA 2	água /cim l/Kg	cim/água Kg/l	água/cim l/sc	POR SACO CIMENTO litros/sc	TRAÇOS EM MASSA CORRESPONDENTES
	39	**400**	**1 : 1 : 2**	514	363	465	363	363	226	28,7	22,4	1	1	1	0,44	2,27	22,0	97,2	**1 : 1,08 : 1,56**
	34	**350**	**1 : 1 1/2 : 3**	387	409	524	405	405	189	21,5	33,6	2	1	1	0,49	2,04	24,5	129,2	**1 : 1,63 : 2,94**
	29	**298**	**1 : 2 : 2 1/2**	374	528	676	330	330	206	28,7	28,1	2	1	1	0,55	1,82	27,5	133,2	**1 : 2,17 : 2,44**
Obras de responsabilidade	25	**254**	**1 : 2 : 3**	344	486	622	364	364	210	28,7	33,6	2	1	1	0,61	1,84	50,5	145,5	**1 : 2,17 : 2,94**
	22	**228**	**1 : 2 1/2 : 3**	319	562	719	337	337	207	25,9	33,6	3	1	1	0,65	1,54	32,5	157,9	**1 : 2,71 : 2,74**
Pilares, Baldrames e Vigas médias	21	**210**	**1 : 2 : 4**	297	420	538	420	420	202	28,7	22,4	2	2	2	0,68	1,47	34,0	168,3	**1 : 2,17 : 3,52**
	19	**195**	**1 : 2 1/2 : 3 1**	293	517	662	362	362	208	23,9	19,6	3	2	2	0,71	1,41	35,5	170,6	**1 : 2,71 : 3,42**
Estrut. De concr. Armado	18	**185**	**1 : 2 1/2 : 4**	276	487	625	350	350	204	23,9	22,4	3	2	2	0,73	1,37	35,5	181,2	**1 : 2,71 : 3,52**
Cintas de amarração, pequenas lajes	15	**157**	**1 : 2 1/2 : 5**	246	435	557	435	435	195	23,9	28,0	3	2	2	0,79	1,27	33,5	203,3	**1 : 2,71 : 4,59**
	12	**124**	**1 : 3 : 5**	229	486	622	405	405	202	28,7	28,0	3	2	2	0,88	1,14	44,0	218,1	**1 : 3,25 : 4,88**
	10	**100**	**1 : 3 : 6**	208	441	564	441	441	198	28,7	33,6	3	2	2	0,95	1,05	47,5	240,8	**1 : 3,25 : 5,87**
Leitos e Camadas Preparatorias	5	**50**	**1 : 4 : 8**	161	456	584	456	456	194	28,7	29,9	4	3	3	1,20	0,83	50,0	312,5	**1 : 4,34 : 7,83**