

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DO CONCRETO COLORIDO APLICADO EM PAREDES

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF COLORED CONCRETE APPLIED TO WALLS

Recebido em: 20/05/2018.

Aceito em: 26/06/2018.

Amanda Carla Santos de Mendonça¹

Rochanna Alves Silva da Rocha²

Radamez Siqueira Gomes³

Ary Lucas Siqueira Gomes⁴

Plínio Campos de Assis Neto⁵

Safyra Hadassa Alves Gurgel⁶

RESUMO

A utilização de novos materiais e tecnologias construtivas são práticas continuamente crescentes na construção civil, e ganham cada vez mais destaque, quando são capazes de aliar qualidades como viabilidade econômica e rapidez na execução em um único material, como é o caso do novo sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco que vêm ganhando espaço no mercado principalmente em habitações populacionais de grande escala. Dentro deste contexto, o presente estudo busca através de ensaios laboratoriais, avaliar a eficiência do uso de pigmentação na produção dessas paredes, no qual o maior objetivo é garantir uma parede de concreto que garanta também satisfação estética, além das outras vantagens da parede convencional. De tal forma, foram analisados alguns outros aspectos como o efeito da pigmentação em relação à resistência a compressão axial e absorção de água. Após a dosagem do traço com e sem adição de pigmento, foram confeccionados corpos de prova referentes a cada traço específico e também foi moldado um painel de concreto colorido para simular

1 Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: amaandamendonca@hotmail.com

2 Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: rochanna.alves@gmail.com

3 Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: radamezsiqueira@gmail.com

4 Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: arylucasengenharia@gmail.com

5 Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: pliniocan@hotmail.com

6 Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: eng.safyragurgel@gmail.com

a execução da parede. Os resultados ocorreram como esperados, pois apesar do concreto colorido apresentar uma menor resistência à compressão quando comparado ao concreto convencional, isto não significa sua ineficiência na produção das paredes. Além disto, não houve diferenças significativas também no aspecto da absorção de água. Logo, de uma forma geral, pode-se afirmar que o uso do concreto colorido em paredes é um estudo que possui sua viabilidade técnica, visto que, a adição de pigmentos adequadamente dosada não influencia nas propriedades de uma forma geral.

Palavras-chave: Concreto colorido. Pigmento. Cimento Portland branco. Paredes de concreto.

ABSTRACT

The use of new materials and constructive technologies are continuously increasing practices in civil construction, and are gaining more and more prominence, since they are able to combine qualities such as economic viability and speed in execution in a single material, just like in the new construction system of molded concrete walls that have been highlighted in the market mainly in large-scale housing. In this context, the present study searches through laboratory tests to evaluate the efficiency of the use of pigmentation in the production of these walls, in which the main objective is to guarantee a concrete wall that also guarantees aesthetic satisfaction, besides the other advantages of the conventional wall. Thus, some other aspects such as the effect of pigmentation in relation to resistance to axial compression and water absorption were analyzed. After the dosing of the trace with and without addition of pigment, test specimens were made for each specific trace and a colored concrete panel was also molded to simulate the execution of the wall. The results were as expected, because although the concrete presents a lower compressive strength when compared to conventional concrete, this does not mean it is inefficient in the production of the walls. In addition, there were no significant differences in water absorption as well. Therefore, it can be stated that the use of colored concrete in walls is a study that has its technical feasibility, since the addition of pigments properly dosed does not influence the properties in general.

Keywords: Colored concrete. Pigment. Portland cement. Concrete walls.

INTRODUÇÃO

A versatilidade e as vantagens oferecidas pelo concreto são um dos principais motivos pelo seu grande uso no meio da construção civil. De acordo com Piovesan (2009), é considerado o material que apresenta maior equilíbrio entre a qualidade e o

custo, além de permitir grande variabilidade de formas e apresentar alta resistência mecânica que associada à sua durabilidade, viabiliza o seu uso nos mais diferentes tipos de obras.

Com a crescente utilização do concreto, surge também a busca por novas tecnologias construtivas que façam o uso deste material e que sejam capazes de atender às exigências do mercado, além de proporcionar estética e resistência em um único material. A partir disto, Passuelo (2004) afirma que o concreto colorido entra neste contexto fornecendo novas ideias de criação e valorizando a estrutura do concreto.

Desta forma, o uso do concreto colorido busca realçar este material como um elemento estético e também garantir as suas propriedades mecânicas. Sua produção é obtida através da associação do Cimento Portland a pigmentos inorgânicos e/ou adições minerais, que permitem a sua confecção nas mais diversas cores.

A experiência brasileira na utilização deste concreto pode ter sido influenciada pelos italianos, a partir da produção de pavimentos intertravados coloridos, conhecidos como *pavers*, através dos quais diversas praças e parques foram construídos com o uso deste material (PIOVESAN, 2009).

Sendo assim, a confecção do concreto colorido é considerada uma tecnologia promissora, mas que deve ser bem estudada e implementada, pois ainda existem muitas dúvidas quanto à durabilidade do elemento como um todo e da manutenção das características estéticas deste produto. Desta forma, é imprescindível conhecer teoricamente e cientificamente o comportamento deste material.

Dentre outras inovações construtivas, o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* ganha relevância e se caracteriza como uma ótima opção tecnológica no atual contexto do sistema brasileiro de habitações, principalmente por apresentar algumas vantagens em relação ao sistema convencional de alvenaria de blocos, e conquistando assim, maior destaque no âmbito das habitações de baixa renda, por ser um sistema construtivo que têm como prioridade, uma produção de edificações em larga escala, que possuam segurança estrutural e durabilidade.

De acordo com isto, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2008) ressalta que o sistema de paredes de concreto é compatível a empreendimentos que possuam alta repetitividade, como condomínios e edifícios residenciais, e em obras que, nos grandes centros urbanos exijam prazos de entrega em tempo reduzido, economia e otimização da mão de obra. Mostra-se, portanto, como uma excelente opção para construção de habitações de interesse social.

Visando assim, tornar o uso de paredes de concreto colorido um produto mais usual, é necessário que sejam elaborados estudos principalmente sobre as propriedades dos pigmentos em junção ao tipo de cimento que pode ser utilizado e também em relação ao seu custo, visto que, é o conhecimento da sua resistência e durabilidade e também sua viabilidade econômica que irão permitir a sua maior inserção no mercado.

Porém, até o presente momento, existem poucos estudos publicados que expõem as características e o desempenho deste material relativamente novo no mercado da

construção civil. Com isso, a utilização de pigmentos no concreto é pouco explorada e os efeitos da sua interação entre os materiais constituintes ainda não conhecidos o suficiente, sendo esta a motivação principal deste trabalho. O estudo do emprego de concreto colorido nas paredes de concreto moldadas *in loco* podem contribuir com a produção de habitações do tipo populacional, caso seu custo seja viável, e ao mesmo tempo proporcionar um produto com maior qualidade e beleza estética.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Estudar a eficiência da adição de pigmento aplicado em um painel simulador de uma parede de concreto e verificar suas propriedades.

Objetivos Específicos

Verificar uma dosagem adequada do percentual de adição de pigmento e analisar a relação água/cimento;

Analisar individualmente as propriedades mecânicas e absorção de água nos concretos produzidos;

Apresentar um comparativo em relação à produção do concreto colorido e convencional;

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Concreto

Classificado de acordo com a norma NBR 12655 (ABNT, 2006), o concreto é o material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos, graúdos e água, com ou sem incorporação de componentes minoritários que podem ser adições minerais como metacaulim ou sílica ativa, ou também pela incorporação de aditivos químicos, no qual suas propriedades são desenvolvidas através do endurecimento da pasta de cimento.

Neville (2016) cita que a partir da sua composição é que o concreto garante suas características como baixa permeabilidade, flexibilidade de formas e de uso e, principalmente, o seu desempenho mecânico que fazem desse material, um dos mais utilizados no mundo.

Concreto Colorido

Embora o concreto apresente grandes vantagens sob o ponto de vista estrutural, este material ainda sofre algumas restrições pelo seu aspecto estético pouco atrativo, considerado sem nenhum valor arquitetônico, quando se trata de concreto aparente. E dentro deste contexto de proporcionar uma melhor aparência estética para valorizar as construções feitas em concreto, é que surge a ideia da incorporação de pigmentos à sua mistura para produção de estruturas coloridas e aparentemente mais bonitas.

Sobre o uso do concreto colorido, afirma-se que:

“A preocupação com o planejamento urbano das sociedades atuais, como forma de garantir maior conforto aos cidadãos com ambientes agradáveis que preservem a qualidade de vida e busque uma relação mais harmoniosa entre o meio e as construções, é uma das principais justificativas do uso do concreto colorido como um material muito atrativo e eficaz para o alcance de tal fim.” (EFFTING, 2013).

É importante ressaltar que, as primeiras experiências com concreto colorido são antigas e a primeira edificação no ano de 1926 foi por meio de uma empresa da Inglaterra, cuja obra foi uma fábrica de cigarros. Os resultados foram peças de concreto com reflexos amarelados originários do uso do cimento Portland e areia colorida em tons ocres, oriundos da África do Sul. (COELHO, 2001).

No Brasil, as primeiras peças em concreto colorido que se destacaram foram os pavimentos intertravados, chamados também de “*pavers*”. No qual, várias praças e parques fizeram uso deste material com o intuito de permitir ao projetista a liberdade de elaboração de desenhos e formas no piso, tornando assim, o ambiente mais atrativo, como ilustra a figura 1. (PIOVESAN, 2009).

Figura 1: Blocos intertravados de concreto colorido formando mosaicos.



Fonte: Revista Técnica (2011).

Sob o ponto de vista técnico, segundo Helene e Galante (1999), o concreto colorido e o convencional possuem características muito semelhantes. Tendo em vista que, o pigmento adicionado ao concreto é classificado como material fino e quando utilizado em conjunto de produtos com alto poder de pigmentação, a quantidade a ser adicionada é reduzida, favorecendo com o que

as propriedades do concreto sejam mantidas sem grandes alterações.

Trata-se da coloração com adição de pigmentos inorgânicos ao concreto, que é considerada a mais cara, porém também apresenta maior vantagem por dispensar o uso de pintura e outros revestimentos. E alguns destes revestimentos como a própria pintura, por exemplo, podem alterar a aparência e a textura natural do concreto, e assim, também apresentar uma durabilidade bem inferior, o que requer uma grande quantidade de intervenções durante a vida útil da estrutura. (PASSUELO et al., 2013).

A partir disto, Nero e Nunes (1999) afirmam que o emprego de um concreto colorido está associado a três fatores, sendo eles: satisfação estética, eliminação do revestimento e garantia de durabilidade. O concreto colorido resulta assim, do surgimento de novos materiais e sistemas construtivos que vêm crescendo nos mais diferentes tipos de aplicações como pisos, fachadas e telhas.

A Portland Cement Association (PCA, 1999a) atenta para os efeitos dos componentes do concreto colorido na composição final da cor. E dentre os principais fatores que podem alterar a cor são destacados: o tipo e a cor do cimento, as características químicas e a dosagem do percentual do pigmento, assim como também, o tipo, a graduação, a cor e limpeza dos agregados e a quantidade dosada de adições.

Principais materiais constituintes do concreto colorido

Segundo Petrucci (1994), a produção de um concreto colorido sofrerá forte influência das características dos materiais escolhidos para garantir uma boa qualidade, tanto no estado fresco como no estado endurecido, e deve ser avaliada a correta dosagem dos seus materiais constituintes em junção das técnicas adequadas para sua mistura, compactação e cura.

No entanto, tal escolha deve ser feita por meio de adoção de um sistema de controle de execução qualificado, levando em consideração também os custos que estarão envolvidos no processo, os quais são relevantes devido ao emprego de pigmentos e o cimento Portland branco. (PASSUELO, 2004).

Cimento Portland Branco Estrutural

De acordo com a NBR 12989 – Cimento Portland Branco (ABNT, 1993), define-se cimento Portland branco como aglomerante hidráulico constituído de clínquer branco, uma ou mais formas de sulfato de cálcio e materiais carbonáticos. A norma ainda classifica o cimento Portland branco em dois tipos: o cimento Portland branco estrutural e o cimento Portland branco não estrutural.

É produzido a partir da mistura de caulim, que contém baixos teores de óxidos de ferro e manganês, com giz ou calcário livre de determinadas impurezas. Além disso, são necessários alguns cuidados durante a moagem do clínquer para evitar

qualquer tipo de contaminação. Estas são algumas das razões que fazem com o que o custo do cimento branco seja elevado, cerca de três vezes mais do que o do cimento Portland comum, sendo assim, um dos principais motivos pelo qual o cimento branco é frequentemente utilizado apenas na forma de uma camada de acabamento superficial aderida a um substrato de concreto convencional. (NEVILLE e BROOKS; 2013).

No que se refere às características mecânicas, o cimento branco apresenta comportamento similar aos cimentos convencionais, apesar de normalmente apresentar a resistência um pouco menor do que a do cimento Portland comum, mas, apesar disso, o cimento branco atende às exigências da norma britânica BS 12:1996 que trata sobre cimento Portland no geral.

Agregados

Os agregados ocupam, normalmente, mais da metade do volume do concreto e, dessa forma, é natural que os mesmos influenciem diretamente no seu comportamento. Mehta e Monteiro (1994) citam que as principais características dos agregados para a tecnologia do concreto são: a porosidade, a absorção de água, a resistência à compressão, o módulo de elasticidade, a composição granulométrica, a forma e a textura superficial das partículas e os tipos de substâncias indesejadas eventualmente presentes.

Segundo Neville e Brooks (2013), nota-se que:

“Do ponto de vista econômico, é vantajoso produzir misturas com o maior teor de agregado e a menor quantidade de cimento possível, mas a relação custo/benefício deve ser contrabalaneada com as propriedades desejadas do concreto no estado fresco e endurecida.” (NEVILLE E BROOKS, p.41, 2013).

O agregado graúdo, conforme Fonseca e Nunes (1998) tem um papel menos relevante na produção do concreto colorido, pois normalmente não é visível na superfície do concreto e assim tem pouca influência sobre a cor. São as partículas do agregado miúdo, juntamente com a pasta de cimento e pigmento, que fornecem ao concreto a cor predominante, tendo em vista que é a argamassa que envolve o agregado graúdo.

Adições minerais

Pode haver modificações em algumas das propriedades do concreto, tanto em seu estado fresco como endurecido, e isto pode ocorrer devido à adição de certos materiais em sua mistura. Tais componentes possuem diferentes aplicações e são utilizados a fim de melhorar a trabalhabilidade, aumentar a resistência à fissuração devido ao baixo calor de hidratação gerado, elevar a resistência final, proporcionar impermeabilidade devido ao refinamento dos poros, fortalecimento da zona de transição na interface e desenvolver uma durabilidade superior em relação ao ataque por sulfato e à expansão pela reação álcali-agregado do concreto (CONCEIÇÃO, 2015).

Mehta e Monteiro (2008) definem adições minerais como materiais silicosos finamente divididos, normalmente adicionados ao concreto em altas concentrações, podendo variar de 20 a 70% por massa do material cimentício total. As adições minerais mais comumente empregadas no concreto são as pozolanas comuns ou altamente reativas, a cinza volante, a escória de alto forno, a sílica ativa e a cinza de casca de arroz.

Em obras nos Estados Unidos, o acréscimo do metacaulim na composição do concreto branco e até mesmo colorido é bastante utilizado, principalmente por ser um material que possui coloração clara e consegue misturar-se facilmente aos pigmentos utilizados (SELMA E MONTEIRO, 2002).

Passuelo (2004) afirma que para compensar alguns tipos de problemas que podem ocorrer com o uso do cimento Portland branco, devido as suas características, o uso de alguma adição torna-se necessário neste tipo de concreto.

Conceição (2015) também cita que a utilização de adições em concreto colorido deve ser muito bem controlada para que seu emprego não cause modificações na cor final esperada para o produto, uma vez que a fração fina presente na mistura possui grande influência na coloração final.

Pigmento

Colorantes foram descobertos e usados por centenas de gerações, porém o primeiro colorante orgânico sintetizado com técnica mais apurada foi obtido em 1856, por Willian H. Perkin, que estudava a oxidação da fenilamina também conhecida como anilina (AGUIAR, 2006).

Segundo Rojas (2001), os colorantes utilizados em concreto e outras aplicações são divididos em duas classes: os pigmentos e os corantes, e estes em mais duas categorias, os orgânicos e os inorgânicos. A diferença entre um pigmento e um corante, segundo o autor, está na solubilidade, sendo os pigmentos caracterizados como insolúveis e os corantes como solúveis, em meio aquoso, ou em qualquer outro meio contendo algum solvente.

De uma forma geral, as principais diferenças entre os pigmentos orgânicos e inorgânicos, quanto às suas aplicações, estão descritas em resumo na tabela 1.

Tabela 1: Características dos pigmentos orgânicos e inorgânicos

Características	Pigmentos Inorgânicos	Pigmentos Orgânicos
Estabilidade térmica	Alta	Baixa
Dispersibilidade	Boa	Ruim
Estabilidade às intempéries	Boa	Ruim
Poder de cobertura	Alto	Baixo
Força calorística	Baixa	Alto
Migração / eflorescência	Não ocorre	Possível

Fonte: Rojas (2001).

Assim, o uso de pigmentos inorgânicos é o mais recomendável na área da construção civil. Baseado em Coelho (2001), esse tipo de pigmento atende todos os requisitos necessários para uso em concreto e argamassa, que são:

- a) ser inerte com os demais componentes do concreto e argamassas;
- b) assegurar e manter a sua cor original;
- c) apresentar boa resistência à ação da luz e das intempéries;
- d) apresentar pH estável;
- e) insolúvel em água;
- f) misturar-se facilmente com o cimento e os finos do concreto e argamassa.

Ainda segundo Rojas (2001), os pigmentos mais utilizados atualmente são produzidos a partir da sucata de ferro velho, no qual é extraído o óxido de ferro, conhecido comercialmente como “ferrox”, que é uma linha sintética e possui uma cartela de tonalidades variadas. As cores podem se multiplicar em tons de amarelo, ocre, areia, terra, laranja, preto, vermelho, entre outras.

Os pigmentos inorgânicos são formulados a base de óxidos, dotados de uma forte ligação química metálica, a qual lhes confere uma maior resistência aos efeitos da luz. Esta forte ligação é favorecida devido à ligação do íon ferro ser mais estável, na qual sua oxidação garante uma estabilidade que, em condições normais, não é quebrada. Em relação ao pH dos óxidos podem ocorrer variações de um óxido para outro, dependendo da tonalidade e da finura do grão (AGUIAR, 2006).

As especificações para os pigmentos são dadas pela norma britânica BS EM 12878:2005 e a norma ASTM C 979-05 que abrange os pigmentos coloridos e brancos, já que não existe normalização brasileira para pigmentos destinados à produção de concreto colorido. Logo, é recomendado que a resistência aos 28 dias seja de pelo menos 90% da resistência da mistura de referência sem adição de pigmento, e que a demanda de água não seja superior a 110% também da mistura de referência. O tempo de pega não deve ser significativamente afetado pelo pigmento, e é fundamental que, como já foi citado anteriormente, os pigmentos sejam insolúveis e não afetados pela luz. (NEVILLE, 2016)

Coelho (2001) ainda explica que numa produção de concreto colorido pode ser adicionado quantidades crescentes de pigmentos, e observa-se que a intensidade da cor aumenta inicialmente de forma linear até certo ponto, no qual o aumento da tonalidade é praticamente nulo. Esse tal ponto é chamado de ponto de saturação. Por isso, a utilização de pigmentos com grande poder de coloração é de grande importância, uma vez que se pode chegar ao efeito colorido almejado com uma quantidade mínima

de pigmento, e assim também conseguir evitar problemas na produção dos concretos devido a grande quantidade de finos na mistura.

Paredes de Concreto

A NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos (ABNT, 2012) define parede de concreto moldada in loco como: “Elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

Há duas maneiras para a produção das paredes de concreto: elas podem ser pré-moldadas ou moldadas no próprio local. No primeiro caso, ocorre a fabricação em uma unidade de produção no canteiro da obra ou em uma usina. No segundo, as paredes são moldadas no local definitivo de utilização (COSTA, 2013).

Assim, estas paredes têm sido usadas como uma alternativa muito eficaz nas construções pelo fato de proporcionar algumas vantagens como, a diminuição de etapas construtivas do revestimento, limpeza do canteiro de obras, controle de qualidade, redução dos desperdícios, industrialização, velocidade de construção, dentre outras (NUNES, 2011).

No Brasil, esse sistema começou a ser introduzido entre as décadas de 70 e 80, sendo impulsionado pelos programas criados pelo Banco Nacional de Habitação, conhecido como BNH, e foi um modelo empregado em diversas obras com painéis de fôrmas deslizantes ou trepantes, no qual obteve muito sucesso na construção industrializada em concreto celular e em concreto convencional. Todavia, com a extinção do BNH, na década de 80, o redirecionamento da política habitacional e a falta de continuidade das obras devido às restrições do sistema financeiro de habitação, ocasionaram um impedimento de forma que essa tecnologia não se consolidasse no mercado, atrasando a própria evolução da construção civil brasileira (ABCP, 2008).

Além disso, neste sistema ocorre a racionalização dos serviços, na qual a produtividade da mão de obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema. Os operários devem atuar como multifuncionais, trabalhando como montadores especializados, além de exercerem todas as tarefas construtivas, como, armação, instalações elétricas, hidráulicas e de esgoto, montagem das fôrmas, concretagem e desforma (ABESC, 2012).

As paredes feitas de concreto podem ter sua espessura bastante reduzida. A NBR 16055 (ABNT, 2012) cita que a espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Sendo permitido espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações com até dois pavimentos, o que ocasiona um ganho de área útil para a área total da edificação. Porém, Pandolfo (2013) ressalta que o conforto termo acústico pode ficar prejudicado, devido aos baixos gradientes de temperatura nas interfaces interna e externa do ambiente.

No que se trata sobre a durabilidade deste sistema, geralmente é baseado nas construções à base de concreto, com técnicas já consagradas para sua durabilidade (COSTA, 2013). Entretanto, a NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais (ABNT, 2013) cita a umidade como fator relevante a ser considerado, e faz a seguinte afirmação:

“A exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e àquela proveniente do uso da edificação habitacional devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído.” (NBR 15575-1, p.19, 2013).

No entanto, com o objetivo de facilitar a aplicação do concreto nas paredes e também melhorar o desempenho em termos de acabamento e durabilidade, é recomendado o uso do auto – adensável, por tratar-se de um concreto muito fluido que possui uma mistura plástica cuja principal utilidade é viabilizar o preenchimento de todos os vazios na peça a ser concretada, independente da espessura ou da densidade da armadura existente na mesma. (CONCEIÇÃO, 2015).

Aplicação do concreto colorido em paredes

Apesar da literatura estudada não apresentar nenhum estudo de caso que trate especificamente do emprego do concreto colorido nas paredes, sendo visto apenas a aplicação do concreto cinza convencional, este tópico tenta descrever como a sua utilização poderia acarretar benefícios nas edificações.

A inserção de pigmentos inorgânicos na mistura do concreto requer um aumento no seu controle tecnológico, que sendo produzido de forma auto - adensável possibilita uma textura mais fluida e coesa, capaz de preencher melhor todos os espaços nas fôrmas. Além disso, com um traço bem especificado, o concreto auto - adensável também é capaz de impedir o aparecimento de fissuras e trincas nas paredes, devido ao seu alto teor de material pozolânico substituído como parte da massa de cimento Portland. Esta substituição ocasiona uma diminuição no calor de hidratação gerado e minimiza a retração de origem térmica e retração por secagem. (CONCEIÇÃO, 2015).

A substituição das alvenarias de blocos cerâmicos ou de concreto pelo sistema paredes de concreto colorido iria fazer com o que todas as camadas de revestimentos deixassem de existir, pois as paredes pigmentadas passam a ser o próprio acabamento. Assim, a ocorrência de trincas e fissuras no reboco seria combatida, já que o processo de produção de revestimentos à base de argamassa possui alta variabilidade, devido à falta de procedimentos sistemáticos em sua produção. (CONCEIÇÃO, 2015).

Além disso, uma parede de concreto colorida é capaz de ser muito mais impermeável do que uma alvenaria de blocos pelo fato de possuir um menor número de vazios, sendo assim, menos vulnerável às patologias provocadas pela umidade, como presença de mofo, empolamento de pintura e fungos, e não fazer-se necessário a aplicação de tintas PVA.

Neste trabalho serão tratadas as consequências, sejam elas positivas ou negativas, sobre o uso deste novo tipo de material que pode apresentar uma eficiência satisfatória para o uso em paredes moldadas no local de utilização. Será descrito e detalhado os processos necessários para a obtenção de tal parede, sendo estabelecidas algumas recomendações nesta mistura que serão detalhadas mais a frente no decorrer do trabalho.

METODOLOGIA

Na elaboração deste trabalho, aplicou-se um estudo de caráter experimental e exploratório, pois a descrição dos aspectos analisados é apresentada através dos resultados fornecidos. Todo o estudo experimental foi colocado em prática nos seus devidos procedimentos no Laboratório de Materiais do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ, visando assim, caracterizar o objeto de estudo e analisar as variáveis capazes de influenciá-lo, tomando base por estudos em pesquisas bibliográficas.

A escolha desta metodologia foi devido ao planejamento experimental permitir uma maior eficiência na obtenção de informações em um experimento. Possibilitando, também, obter um maior número de dados a um menor custo e tempo, assegurando, principalmente, maior confiabilidade nos resultados obtidos (RIBEIRO e CATEN, 2000).

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foi desenvolvido um programa experimental que possibilitou a análise da coloração e das propriedades mecânicas, frente aos fenômenos de resistência à compressão axial e absorção de água.

Por fim, foram feitos estudos quantitativos, e assim, os dados foram quantificados e interpretados para que seja possível a análise com o intuito de validar a aplicação do concreto colorido em paredes moldadas in loco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos utilizados para a execução do estudo experimental foram inicialmente divididos em diferentes etapas. A princípio, foi feita a escolha dos materiais como: o tipo de cimento, agregados, pigmento e aditivo. Logo após, realizou-se a caracterização de alguns materiais e a dosagem dos concretos. Portanto, a última etapa foi responsável por desenvolver os respectivos ensaios que permitiram a obtenção dos objetivos atribuídos a tal estudo.

MATERIAIS UTILIZADOS

Cimento Portland Branco e Cimento Portland Convencional

Para a produção do concreto colorido deste trabalho, foi escolhido o cimento Portland branco estrutural com a finalidade de reproduzir com maior fidelidade a

cor desejada e para manter as propriedades mecânicas do concreto, visto que é normalizado em três classes de resistência: 25,32 e 40 Mpa, além de que, esse cimento é menos propício a adquirir manchas, devido ao seu baixo teor de álcalis solúveis (KIRCHHEIM, 2003; NEVILLE e BROOKS; 2013).

Inicialmente foram consideradas as características que atendem as exigências da NBR 12989 (ABNT, 1993) no que diz respeito ao Cimento Portland Branco tais como sua composição química, módulo de finura, velocidade de hidratação e principalmente uma maior fidelidade à cor quando pigmentado, e desta forma, realizaram-se testes que comprovassem uma maior eficácia e beleza no uso do CPB Estrutural 50 Mpa (Figura 2a) para produção do concreto colorido.

Para a produção do concreto de referência foi utilizado o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, também conhecido como CP – V ARI (Figura 2b), cuja escolha foi feita pelo fato dele fornecer uma maior rapidez a desforma aos corpos de provas moldados, além de ser um cimento comumente usado para produção de peças pré – fabricadas.

Os materiais aqui citados eram comprovadamente novos e estavam armazenados de forma que suas propriedades não foram alteradas.

Figura 2: Cimento Branco (a) e Cimento CP-V (b) utilizados na produção dos concretos.



Fonte: Os autores (2018).

Agregado graúdo

O tipo de brita escolhida foi de origem calcária, disponibilizada por uma Concreteira na região de Cabedelo – PB, cujo todo material recolhido passou pelo processo de caracterização através do ensaio de granulometria de acordo com NBR NM 248 (ABNT, 2003), em seguida foi lavado e colocado na estufa para o processo de secagem. Para a produção dos respectivos concretos foram selecionadas as britas popularmente chamadas de brita 0 e brita 1 ilustradas na figura 3 e assim, foram dosadas as duas granulometrias diferentes.

Figura 3: Agregados graúdos utilizados: (a) Brita 0, (b) Brita 1



Fonte: Os autores (2018).

Agregado miúdo

Como agregado miúdo, foi feito o uso da areia normal considerada média fina, também proveniente da Concreteira da região de Cabedelo – PB e cujo material passou pelos ensaios de granulometria com o objetivo de garantir uma melhor caracterização. Após isto, todo o material também foi lavado e colocado na estufa para o processo de secagem. Em todos os traços produzidos, foi utilizado o mesmo tipo de areia, ilustrada na imagem abaixo.

Figura 4: Areia média fina utilizada na produção dos traços.



Fonte: Os autores (2018).

Aditivo

Para obter-se uma maior trabalhabilidade, tendo em vista que o concreto produzido com o cimento branco tende a apresentar características inferiores ao concreto comum, foi utilizado um aditivo super plastificante, o MasterGlenium® 51

(Figura 5) produzido pela empresa BASF S.A., que possui propriedades a base de polycarboxilatos e atua como dispersante do material aglomerante que atende às exigências da norma NBR 1763 (ABNT, 2011), de forma que assegura uma elevada redução de água e excelente fluidez, além de proporcionar altas resistências iniciais e maior durabilidade para o concreto. Seu uso é recomendado para a produção em concreto auto adensáveis.

Figura 5: Aditivo superplastificante.



Fonte: Os autores (2018).

Pigmento

Na produção do concreto colorido, adotou-se o uso do pigmento inorgânico em pó a base de óxido de ferro de coloração vermelha (figura 6) que possui densidade específica entre 0,6 e 1,4 g/cm³ segundo informações do fabricante Lanxess®. A escolha do tipo de pigmento foi feita, tendo em vista que, para a produção deste tipo de concreto, o pigmento inorgânico é considerado o mais adequado para tingir o concreto, por apresentar algumas vantagens em relação a sua influência na resistência, a alcalinidade do cimento, à exposição aos raios solares e também às intempéries. Para definir o percentual adotado no traço, foram realizados testes para um efeito comparativo, desta forma, a pigmentação foi dosada em diferentes proporções de 2%, 5% e 10%. E foi escolhido o que apresentou melhor resultando em relação à estética e também viabilidade econômica.

Figura 6: Pigmento em pó utilizado na produção do concreto colorido.



Fonte: Os autores (2018).

Sílica Ativa

A sílica ativa (figura 7) foi empregada como adição na dosagem dos traços de forma a exercer um efeito físico e químico durante o processo de hidratação do aglomerante, resultando na formação de uma macroestrutura, por completar os espaços vazios, tornando-o mais compacto e promovendo um maior desempenho no concreto. O material foi fornecido pelo laboratório da Instituição.

Figura 7: Sílica ativa.



Fonte: Os autores (2018).

Métodos aplicados

Produção dos concretos

Através dos ensaios realizados no laboratório, foi possível dosar, pelo método ACI, o traço unitário do concreto de referência (C_{REF}), do concreto de referência branco e o traço com as devidas adições de 2%, 5% e 10% em relação a massa do cimento, como está descrito na tabela 2, no qual a escolha do percentual utilizado foi baseado nos testes que serão vistos posteriormente.

Tabela 2: Dosagem unitária dos traços.

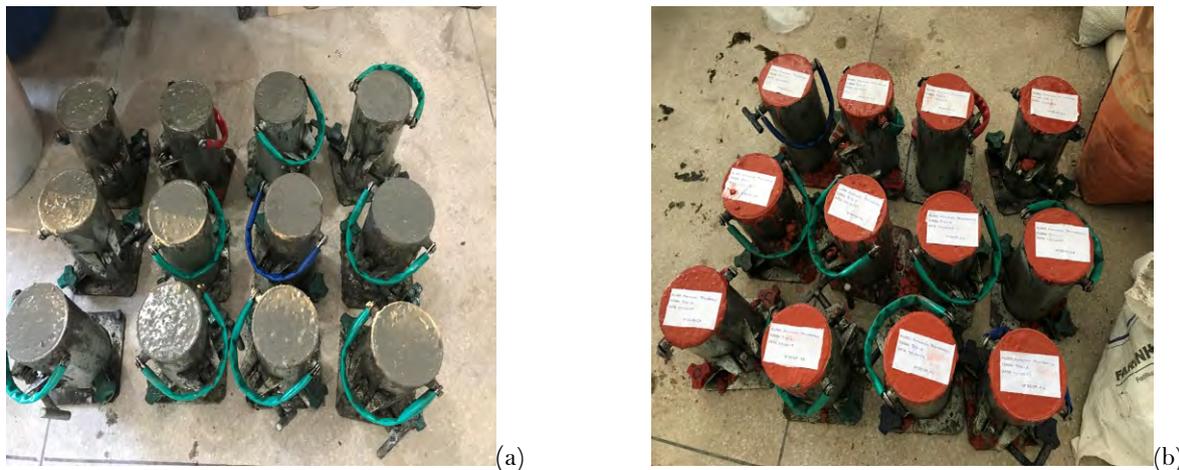
COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS UTILIZADOS		CONCRETO REFERÊNCIA (C_{REF})	CONCRETO REFERÊNCIA BRANCO	CONCRETO COLORIDO (2%)	CONCRETO COLORIDO (5%)	CONCRETO COLORIDO (10%)
Cimento branco		-	1	1	1	1
Cimento convencional		1		-	-	-
Areia		0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Agregado graúdo	Brita 1 Brita 0	1,41 0,47	1,47 0,47	1,41 0,47	1,41 0,47	1,41 0,47
COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS UTILIZADOS		CONCRETO REFERÊNCIA (C_{REF})	CONCRETO REFERÊNCIA BRANCO	CONCRETO COLORIDO (2%)	CONCRETO COLORIDO (5%)	CONCRETO COLORIDO (10%)
Água		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Aditivo		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Sílica Ativa		0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Pigmento		-	-	0,020	0,050	0,0100

Fonte: A autora (2017).

Por meio da escolha dos materiais e definição do traço colorido com 5% de adição de pigmento, iniciaram-se as etapas de execução dos procedimentos experimentais que foram da seguinte ordem: separação e pesagem dos materiais, seguido da mistura, moldagem e cura.

Para cada traço, foram moldados 12 corpos de prova cilíndricos de 10x20cm (figura 8) e um painel simulador de parede (figura 9) com as dimensões de: 50 cm de largura, 60 cm de altura e 12 cm de espessura.

Figura 8: Os corpos de prova moldados. (a) Concreto referência; (b) Concreto colorido.



Fonte: Os autores (2017).

Figura 9: Painel de concreto colorido.



Fonte: Os autores (2018).

O material foi sendo colocado por etapas, iniciando pelo cimento, seguido do agregado graúdo, areia, sílica e pigmento (apenas no traço colorido) com a devida proporção, e assim foram misturados até a sua homogeneização. Em seguida, foi adicionada aos poucos a água de amassamento junto com o aditivo, e após o término deste processo repetido para cada traço, os corpos de prova foram moldados quando o concreto apresentou comportamento fluído o suficiente.

Todos os CPs foram mantidos a temperatura ambiente por 24 horas, no qual foi o período determinado para o seu desmolde, identificação e início da cura que ocorreu em câmara úmida a uma temperatura média de 23°C e umidade superior de 95%. Foram mantidos dentro da câmara úmida até o dia da sua ruptura, que foi estabelecido neste trabalho para as idades de 7,14 e 28 dias.

Ensaio realizado nos concretos

Espalhamento (Slump flow test)

Inicialmente em estado fresco o concreto foi avaliado por meio de um ensaio que determina as características da trabalhabilidade dos concretos auto adensáveis propostos pela norma NBR 15823-1 (ABNT, 2010). E a partir disto, foi realizado o ensaio de espalhamento pelo tronco de cone (Slump Flow) de acordo com a NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

Todo o procedimento foi executado no laboratório de Materiais do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ e o processo foi repetido para o concreto de referência (Figura 10a), para o concreto colorido (Figura 10b) e também para o concreto de referência branco (Figura 10c), cuja imagens abaixo comprovam a adensabilidade das misturas.

Figura 10: Teste de Espalhamento:

(a) Concreto referência, (b) Concreto colorido, (c) Concreto de referência branco.



(a)

(b)

(c)

Fonte: Os autores (2018).

Resistência à compressão axial

Com o concreto na condição endurecida, os CPs foram avaliados em relação a resistência à compressão, estabelecida conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2007).

Os ensaios foram realizados com a prensa hidráulica e foram ensaiados 3 corpos-de-prova de cada traço nas idades de 7, 14 e 28 dias, respectivamente. O principal intuito de avaliar este ensaio é de traçar um comparativo entre os três tipos de concreto e a influência que a coloração exerce sobre este aspecto.

Absorção de água por imersão

Foi traçado o comparativo em relação ao concreto de referência, colorido e com cimento branco através deste ensaio que mede a quantidade de água absorvida, que segundo as diretrizes da NBR 9778 (ABNT, 2005) analisa a taxa máxima de água que o corpo de prova é capaz de absorver, como também, o volume dos seus poros. O ensaio foi realizado quando os CPs atingiram a idade de 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio de resistência à compressão axial dos corpos de prova

Para realizar o teste de resistência à compressão, foram seguidas as diretrizes de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007) referente aos corpos de prova confeccionados com três diferentes tipos de traços, no qual foram rompidos 3 unidades de cada um e calculado a média de cada idade apresentada.

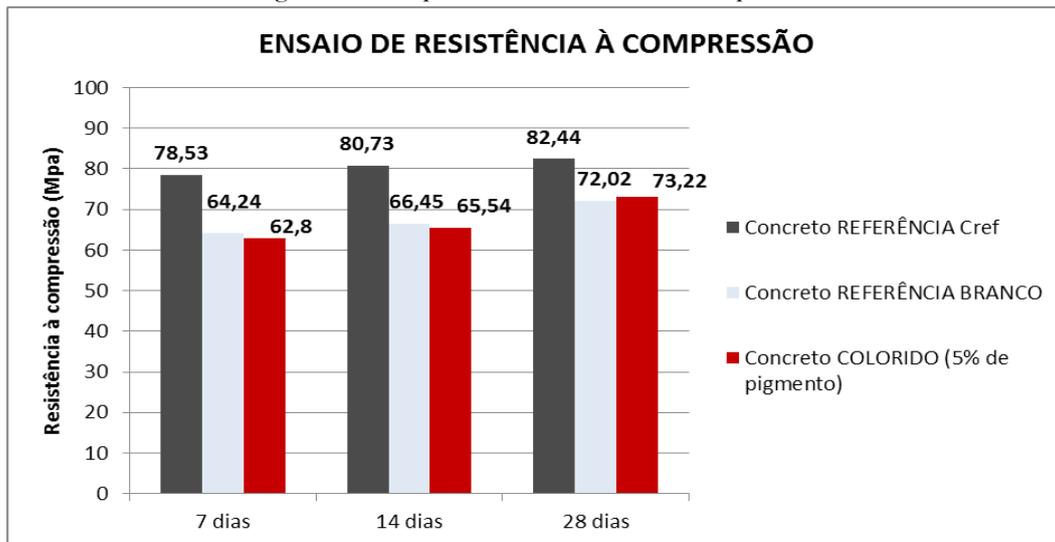
Os resultados obtidos na prensa (Tabela 3) foram fornecidos em toneladas-força (tf) e foram divididos pela área da seção transversal do corpo de prova (cm²) para obter os resultados finais medidos em MegaPascal (MPa), podendo ser melhor compreendidos através da Figura 11, que relaciona a resistência à compressão de de cada traço de acordo com as suas respectivas idades.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de resistência à compressão do concreto

TRAÇOS	Unidade	7 dias	14 dias	28 dias
Concreto REFERÊNCIA	tf	61,65	63,38	64,72
(C _{REF})	Mpa	78,53	80,73	82,44
Concreto REFERÊNCIA	tf	50,43	52,17	56,54
BRANCO	Mpa	64,24	66,45	72,02
Concreto COLORIDO	tf	49,30	51,45	55,48
(5% de pigmento)	Mpa	62,80	65,54	73,22

Fonte: A autora (2017).

Figura 11: Comparativo da resistência à compressão.



Fonte: Os autores (2018).

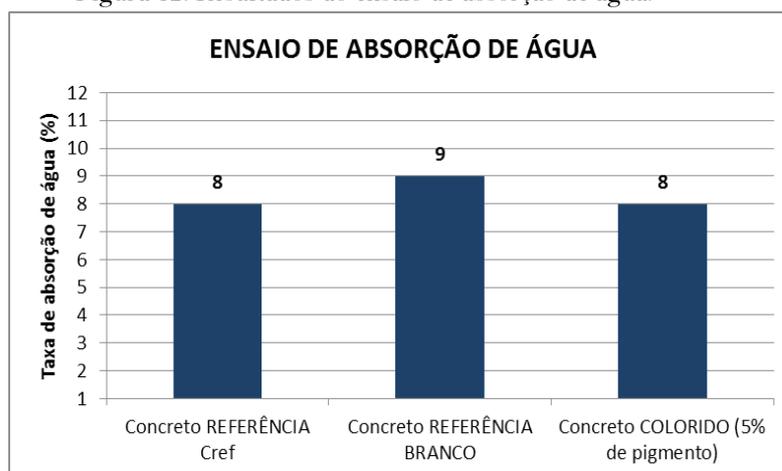
A partir destes resultados, é possível certificar o que já era esperado. É comprovado que realmente existe uma diminuição da resistência à compressão com o uso do pigmento, porém essa diferença não pode ser considerada significativa, visto que, os resultados foram bastante próximos e muito acima do que a norma referente à parede de concreto recomendada.

Sendo assim, pode-se afirmar que o concreto colorido obteve bons parâmetros e garante a resistência solicitada para sua aplicação em paredes de concreto.

Absorção de água

Foi realizado o ensaio de absorção de água nos três tipos de concretos diferentes, no qual todos eles foram submetidos a um tanque de água pelo período de 24h, tiveram suas massas pesadas e depois ficaram expostos ao sol e ao ar livre até que estivessem completamente secos. Segue abaixo a figura 12 que ilustra os valores obtidos da média do procedimento realizado com 3 CP's referente à cada traço.

Figura 12: Resultados do ensaio de absorção de água.



Fonte: Os autores (2018).

A partir dos valores obtidos, é possível observar que não houve muita diferença em relação ao resultado do concreto de referência e do colorido, já que os dois mantiveram resultados parecidos nas duas etapas, apenas o concreto de referência branco que apresentou diferenças nas massas saturadas e secas, mas ainda assim, a absorção de água de uma forma geral, apresentou um valor baixo, comprovando assim, que os concretos apresentaram poucos poros e vazios na sua estrutura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, a partir das análises e resultados apresentados, é possível comprovar a viabilidade técnica do uso de concreto colorido aplicado em paredes, visto que, nos aspectos estudados nesta pesquisa, o uso de pigmento não demonstrou grandes alterações na estrutura do concreto.

Os ensaios realizados comprovam que o concreto produzido com cimento Portland branco e adição de pigmento à base de óxido de ferro não apresentaram resultados muito diferentes do concreto convencional no que se refere à resistência a compressão e absorção de água, e desta forma, o uso destes materiais exerce uma maior influência apenas em relação ao custo.

Vale ressaltar que, apesar de ter sido demonstrado sua viabilidade, o uso de concreto colorido requer alguns cuidados especiais, como por exemplo, a dosagem do percentual de pigmento adicionado, pois caso haja uma saturação em seu uso, o custo pode aumentar consideravelmente e também não há garantia de que o concreto apresente resultados coerentes como o deste trabalho, visto que neste estudo foi utilizada uma adição de 5% em relação à massa do cimento. Outra questão que pode ser preocupante é a dificuldade em obter o cimento Portland branco Estrutural, pois não é um produto frequentemente utilizado, principalmente na região do Nordeste.

De uma forma geral, o estudo deste novo material foi capaz de contribuir de forma bastante positiva, pois proporcionou um maior entendimento no uso do cimento Portland Branco e do pigmento em pó a base de óxido de ferro, além do maior conhecimento de algumas propriedades do concreto com o seu uso aplicado em paredes, que é um sistema construtivo cada vez mais utilizado no mercado por sua eficiência e rapidez na construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. “**Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008**”. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wpcontent/uploads/2010/01/Parede_de_concreto_coletanea_ativos.pdf>. Acesso em 12 Set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 53:** determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248:** agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739:** concreto – Ensaio a compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8953:** concreto para fins estruturais – classificação pela massa específica, resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655:** concreto de cimento portland – preparo, controle e recebimento – procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12989:** cimento portland Branco. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220:** desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2002.

COELHO, F. C. A. **Variación del color y textura de hormigones vistos con adición de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental**. Tese (Doutorado). Universidad Politécnica de Madrid, Espanha, 2001.

EFFTING, C. **Concretos Especiais**: Aula 7 (parte 2). Notas de aula da disciplina de Materiais de Construção II, Universidade Estadual de Santa Catarina, Joinville, 2013.

FONSECA, A. A., NUNES, A. Betão Branco; fabrico, características e utilização estrutural. In: JORNADAS DE ESTRUTURAS DE BETAO, 2. **Anais...** Portugal: FEUP, 1998.

HELENE, P. R. L.; GALANTE, R. Concreto colorido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CIMENTO, 5. (CD-ROM). **Anais**. São Paulo, 1999.

KIRCHHEIM, A. P. **Concreto de cimento Portland branco estrutural**: avaliação da carbonatação e absorção capilar. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PIOVESAN, A. **Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de durabilidade e na cromacidade do concreto de cimento Portland branco**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PASSUELO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e comportamento mecânico de concretos a base de cimento branco**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PETRUCCI, E. **Concreto de cimento Portland**. 11. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987. PINI, 1994.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). **What is white concrete**. ed. 20. Concrete technology today, 1999.

RIBEIRO , J. L. D.; CATEN, C. **Projeto de Experimentos**. Apostila de aula. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2000.

ROJAS, D. L. **Durabilidade do concreto colorido**. Technical Service: Bayer. São Paulo, 2001.

SELMA, D., MONTEIRO, P. J. M. **Concrete International**. 33. ed. Our Lady of Angels, 2001.