

CONCRETO COLORIDO: INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PIGMENTOS E SUAS APLICAÇÕES

Juliana Villar Valença (IC) e Simão Prizskulnik (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo de concretos coloridos, incluindo a preparação de mistura com cimento Portland branco, cimento Portland de alto forno, agregados miúdos, pigmentos inorgânicos e água, com a determinação de velocidade de propagação ultrassônica, resistência à compressão axial, colorimetria e resistência ao ataque de solução de ácido clorídrico (HCl). O objetivo foi de analisar a colorimetria, resistência mecânica e durabilidade do concreto colorido. Procurando estudar e compreender como o concreto colorido se comporta em meios agressivos, quais cuidados devem ser tomados para que se verifique sua viabilidade técnica. O programa experimental compreendeu a análise de como os pigmentos inorgânicos incorporados no concreto se comportam em diferentes tipos de cimento e em conservação ao meio ácido. Utilizou-se de misturas com teor de 5% de pigmentos inorgânicos de coloração avermelhada (vermelho), amarelada (amarelo) e amarronzada (marrom). Por fim, realizaram-se ensaios para medir a velocidade de propagação de onda ultrassônica, módulo de elasticidade dinâmico, resistência à compressão axial e se houve mudança de coloração. Os resultados identificados evidenciaram que o pigmento marrom tem pior desempenho em relação aos outros, nos quesitos resistência à compressão axial, perda de massa e mudança de coloração pós-ataque ácido, mas que os pigmentos de coloração amarela e vermelha apresentaram melhor comportamento referente a todos os parâmetros analisados. Identificou que pós-ataque ácido todos os concretos apresentaram superfícies mais escuras e porosas. O concreto colorido exige tecnologia e cuidados particulares na sua aplicação, além de ser um material caro, o que o torna ainda pouco utilizado no Brasil.

Palavras-chave: Concreto Colorido. Colorimetria. Durabilidade.

ABSTRACT

This work presents the study of colored concretes, including the preparation of mixture with white Portland cement, blast furnace Portland cement, small aggregates, inorganic pigments and water, with determination of ultrasonic propagation velocity, axial compression resistance, colorimetry and resistance to the attack of hydrochloric acid solution (HCl). It aimed to analyze the colorimetry, strength and durability of the concrete. It sought to study and

understand how colored concrete behaves to aggressive means, what care should be taken and if its use relevant. The experimental program that was elaborated comprised to analyze how the inorganic pigments incorporated in the concrete behave in different types of cement and in conservation to the acidic environment. It used mixtures containing 5% of inorganic pigments of reddish, yellowish and tan. Finally, tests were carried out to measure the velocity of ultrasonic wave propagation, modulus of dynamic elasticity, resistance to axial compression and if there was a change in coloration. The results indicated that the brown pigment has worse performance in relation to the others, in terms of resistance to axial compression, loss of mass and change of coloration after acid attack, but that the yellow and red color pigments showed better performance to all analyzed parameters. It identified that post-etching acid, all concretes had darker and porous surfaces. Colorful concrete requires technology and care in its application, besides being an expensive material, which makes it still little used in Brazil.

Keywords: Colored Concrete. Colorimetric Analysis. Durability.

1. INTRODUÇÃO

Para que a tecnologia brasileira de concreto avance, é necessário que casos singulares da tecnologia do concreto sejam aprofundados. Neste sentido, este trabalho aborda o concreto colorido, um material ainda pouco utilizado, em comparação ao convencional, na construção civil brasileira.

O concreto colorido é um material estrutural que, ao mesmo tempo, pode ser utilizado para fins arquitetônicos, agregando maior valor às construções, bem como em demarcação de vias, pilares e prédios, como se encontra em pisos intertravados coloridos e as ciclovias.

Na Europa e nos Estados Unidos este tipo de material já é muito explorado; alguns exemplos são: a Catedral de Los Angeles, o Museu Lotnictwa Polskiego, em Cracóvia, a Cidade Da Justiça, em Barcelona, a Bodega Antión, em La Rioja, a Nova Ponte Årsta, em Estocolmo.

No Brasil, algumas obras que se destacam são a Praça das Artes e o Hotel Unique, em São Paulo, as orlas de Boa Viagem e do Janga, o Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga (projeto de revitalização da área portuária da capital), em Recife e o Hotel Unique em São Paulo, projetado pelo arquiteto Ruy Ohtake.

De acordo com Passuelo (2004), a fabricação do concreto colorido se dá pela adição de pigmentos ou selecionando os agregados graúdos e miúdos e cimentos com colorações específicas dentro da mistura do concreto. Além disso, Nero e Nunes (1999) afirmam que se pode alcançar a satisfação estética, eliminação do revestimento e a garantia de durabilidade com a utilização de um concreto branco ou colorido.

Outra justificativa para o uso do concreto colorido é o fato de possuir 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 manutenções.

As dificuldades encontradas sobre este material no Brasil se acham na 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.

Além de todos esses cuidados, verifica-se que pode ocorrer na superfície do concreto colorido um fenômeno, chamado eflorescência, que acaba deixando a superfície manchada e descolorida. Esse fenômeno pode ser evitado pela compactação adequada e com aditivos inibidores de eflorescência.

Assim, este trabalho objetiva conhecer melhor o concreto colorido, com a finalidade de identificar seu comportamento em estado natural e em contato com o meio ácido, identificando se os pigmentos inorgânicos sofrem descoloração e alguma influência direta no concreto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Carvalho e Calavera (2002) apud Conceição (2015), a cor é um elemento que sempre esteve presente na história da construção, fator fundamental que agrega valor estético às estruturas.

O primeiro concreto colorido foi produzido em 1920 na Inglaterra e o primeiro edifício construído em concreto colorido foi uma fábrica de cigarros, chamada The Carreras Black Cat. Para colorir esta fábrica, utilizaram areia colorida em tons ocres, resultando em um concreto com tons amarelados. Mas, apenas em 1980, o concreto colorido foi difundido pelo mundo com a vinda do cimento branco. Utilizavam mistura de agregados e cristais moídos de diversas cores para colorir a massa de cimento (CARVALHO E CALAVERA, 2002, apud CONCEIÇÃO, 2015).

Com o avanço da tecnologia do concreto colorido, atualmente encontram-se edificações projetadas e realizadas pelo mundo, como o estádio Soccer City, em Johannesburgo, África do Sul, construído para a Copa do Mundo de 2010. No Brasil, o primeiro projeto que contemplou a coloração do edifício ocorreu em 2000 no estado de São Paulo, em uma fábrica construída em concreto de cimento Portland branco.

2.1. PIGMENTOS

Os pigmentos podem ser classificados em função de seu material-base. Existem os pigmentos à base de água, que são denominados pigmentos orgânicos e os pigmentos que provêm de sucata de ferro velho, à base de óxidos, denominados pigmentos inorgânicos (AGUIAR, 2006).

Para uma pigmentação boa e forte, optam-se por pigmentos à base de óxidos ao invés de água, pois eles são insolúveis à massa do concreto, prevalecendo a cor inicial do pigmento.

As tonalidades que são encontradas à base de óxidos de ferro são tons de amarelo, ocre, areia, terra, laranja, preto, marrom e vermelho, sendo usados para pigmentar as telhas, pisos, blocos, argamassas e rejuntas (AGUIAR, 2006). Há uma variedade de tons para esses pigmentos, pois, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) apud Aguiar (2006),

confirma que os diferentes processos de oxidação resultam em distintas colorações. As tonalidades esverdeadas e azuladas não são tão utilizadas no Brasil, devido ao seu alto custo, pois provém de óxido de cromo e cobalto, respectivamente.

Segundo Rojas (2003), a procedência e cor do cimento, o acabamento superficial, a relação água/cimento e a cor e tipos de agregados podem influenciar diretamente no resultado final do concreto colorido. Além disso, Aguiar (2003) afirma que as principais características dos pigmentos inorgânicos são opacidade elevada, alto poder de cobertura, facilidade de uso e ótima relação custo e benefício.

2.2. CIMENTO PORTLAND BRANCO

NBR 12989 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993), define o cimento Portland branco como “um aglomerante hidráulico constituído de clínquer Portland branco, sendo ou não estrutural”. Os cimentos estruturais apresentam classes de resistência 25 MPa, 32 MPa e 40 MPa e podem ser utilizados como concreto estrutural. Já o não estrutural é utilizado para rejuntas e peças cerâmicas.

Tabela 1 - Teor típico de compostos químicos do cimento Portland Branco (NEVILLE, 2016)

| Composto | Teor (%) |
|-------------------|----------|
| C ₃ S | 51 |
| C ₂ S | 26 |
| C ₃ A | 11 |
| C ₄ AF | 1 |
| SO ₃ | 2,6 |
| Álcalis | 0,25 |

Legenda: C3S – Silicato Tricálcio/ C2S – Silicato Dicálcio/ C3A – Aluminato Tricálcio/ C4AF – Ferroaluminato Tetracálcio/ SO3 – Trióxido de Enxofre/ Álcalis - sal iônico de um metal alcalino ou de um elemento metal alcalinoterroso. Fonte: Neville (2016)

Tabela 2 - Exigências físicas e mecânicas do cimento Portland branco

| Características e propriedades | Unidade | Limites | | | |
|--------------------------------|---------|----------------------|--------|--------|-------|
| | | CPB-25 | CPB-32 | CPB-40 | CPB |
| Resíduo na peneira 45 µm | % | ≤12,0 | | | ≤12,0 |
| Tempo de início de pega | h | ≥1 | | | ≥1 |
| Expansibilidade a quente | mm | ≤5,0 | | | ≤5 |
| Resistência à compressão | 3 dias | ≥ 8,0 ≥ 10,0 ≥ 15,0 | | | ≥ 5,0 |
| | 7 dias | ≥ 15,0 ≥ 20,0 ≥ 25,0 | | | ≥7,0 |
| | 28 dias | ≥ 25,0 ≥ 32,0 ≥ 40,0 | | | ≥10,0 |
| Brancura | % | ≥78 | | | ≥82 |

Fonte: ABNT NBR 12989:1993

Para a produção de concretos coloridos, o cimento Portland branco é aconselhável, pois além do cimento convencional exercer forte influência na massa de concreto, o cimento Portland branco permite ressaltar e assegurar maior fidelidade às cores adicionadas com o uso de pigmentos (VALENÇA, 2016 e CONCEIÇÃO, 2015).

2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

De acordo com Nakamura (2016), o sucesso para um concreto colorido bem feito está diretamente relacionado ao controle da execução, sendo necessário estar sempre verificando a sua dosagem e se a mistura está homogênea. Deve-se também ter o cuidado de utilizar sempre a mesma marca dos componentes do concreto, pois podem apresentar tonalidades distintas em função do seu processo de produção. Outro fator que deve ficar atento é a maior demanda de água à massa do que um concreto convencional levaria.

Rojas (2003) afirma que a má compactação gera um fenômeno chamado eflorescência. A eflorescência pode comprometer a estética da superfície do concreto. Para prevenir e eliminar este fenômeno, já se utilizam aditivos inibidores de eflorescência ou um recurso para desgaste da superfície, retirando a parte desbotada com o uso de aditivos retardadores e jato de areia.

Nakamura (2016) complementa que outro problema relacionado ao concreto colorido é o custo. Mesmo que haja redução da disciplina de revestimento no projeto, há o investimento para a compra do pigmento e a grande exigência de maior controle do concreto em obra, em relação ao traço convencional.

O custo de uma obra com concreto colorido torna viável quando pede um diferencial arquitetônico ao projeto, mas o metro cúbico de um concreto convencional continua sendo mais barato que um cromático.

Aguiar (2003) afirma que 50% da produção de óxido de ferro na Europa são utilizados diretamente na produção de concreto colorido. Já no Brasil são apenas 5% no total. A utilização de pigmentos tradicionais chega a ser 20 a 30% mais caros, e os de coloração verde e azul a 50% a mais (NAKAMURA, 2016). Passuelo (2004) ainda afirma que uma obra de concreto colorido pode superar em 30% o valor de uma obra em concreto tradicional.

Mesmo com todos esses impasses, Nakamura (2016) diz que o custo da adição de cor pode ser reduzido se os aditivos forem utilizados em Concreto de Alto Desempenho (CAD). Além disso, reduzindo a etapa do revestimento na obra, reduz o tempo de execução de projeto e os custos futuros com manutenção de revestimento que por fim ameniza o custo final do projeto.

Por fim, o concreto colorido tem a vantagem de apresentar boa resistência contra a poluição, ação solar e outras intempéries (NAKAMURA, 2016).

2.4. COLORIMETRIA

Sobre a cor, Minolta (1998) afirma que as condições que a afetam são: as diferenças de luz, sendo elas a luz do sol, ambiente ou iluminação artificial, os diferentes observadores onde cada observador possui uma sensibilidade individual na visão, os diferentes tamanhos dos objetos onde a percepção de cor altera-se de acordo com a área do objeto ou da área em que estão inseridas, as diferentes posições dos objetos e, por fim, as diferentes posições do observador.

Completando, Passuelo (2004) diz que para perceber a cor é necessária uma fonte de luz, um objeto a ser iluminado e um observador. Quando a luz atinge um objeto, a superfície deste absorve uma parte da energia e a outra é refletida, gerando diferentes percepções de cores variadas.

Wendt (2006) confirma que o olho humano percebe dessas cores variadas apenas os estímulos das três cores primárias: vermelho, verde e azul e as demais cores são formadas de acordo com os comprimentos e intensidades de ondas geradas pela fonte de luz. Minolta (1998) diz que quando altera a fonte de luz, altera também a cor e que em um só ambiente, a iluminação pode variar, como em ambiente natural relacionado ao sol.

Com estas constatações, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) padronizou em 1931 os campos de observação que mais se ajustassem ao observador, no caso, ao olho humano. A modelagem é dada pelos fatores (λ_x), (λ_y) e (λ_z) que representam padrões que determinam a quantidade de cor observada por comprimento de onda. Portanto, (λ_x) apresenta uma alta sensibilidade à região do vermelho, (λ_y) apresenta uma alta sensibilidade na região verde e (λ_z) apresenta uma alta sensibilidade na região azul (PASSUELO, 2004).

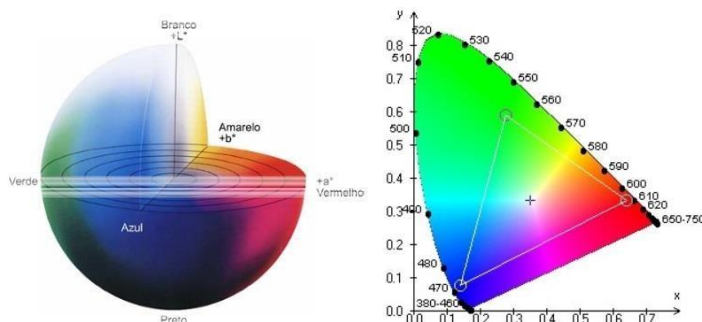
Valença (2016) comenta que a CIE ao longo dos anos também desenvolveu outros métodos que expressam a colorimetria, como o Espaço de Cor Yxy e o Espaço de Cor L*a*b, mais conhecido como CIELAB. Estes espaços foram desenvolvidos com as finalidades de garantir equivalência à uniformidade e percepções visuais das cores.

O Espaço de Cor Yxy utiliza tristímulos (três filtros sobre o espectro de luz visível) como representação. São distinguidos por duas dimensões, sendo elas o Y que representa a refletância da amostra e as coordenadas x e y que representam a cromaticidade calculadas.

Já no sistema CIELAB, de acordo com Valença (2016) e Passuelo (2004) o *L indica a refletância e em contrapartida o *a e *b são as coordenadas cromáticas que indicam as

tonalidades de cores em um plano bidimensional. A coordenada *a varia no sentido positivo (+) com tonalidades voltadas para o vermelho e no sentido negativo (-) com tonalidades voltadas para o verde. Já a coordenada *b no sentido positivo (+) possui tonalidades amareladas e no sentido negativo (-) possui tonalidades direcionadas ao azul.

Imagens 1 e 2 - Espaço L*a*b* e Diagrama Cromático do Sistema Yxy, respectivamente



Fonte: PASSUELO, 2004

Para verificar a colorimetria, Passuelo (2004) e Valença (2016) dizem poder utilizar um colorímetro e um espectrofotômetro. Estes aparelhos baseiam na medida relacionada aos valores tristímulos, e buscam interpretar a cor da mesma forma dos olhos humanos. O colorímetro possui três sensores de sensibilidade, cada um para cada cor primária, já o espectrofotômetro baseia-se na recepção de luz que é absorvida por múltiplos sensores relacionados à onda.

2.5. REQUISITOS DE QUALIDADE DA ESTRUTURA

NBR 6118 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014), as estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade durante a construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto entre o projetista e o contratante.

Neville (1997) afirma que um concreto pode ser considerado durável quando ele suportar o processo de deterioração ao qual é submetido, mantendo sua resistência, desempenho e utilidade esperada durante o período previsto. A durabilidade está diretamente relacionada com a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas pelo projetista e contratante. Valença (2016) afirma a necessidade de considerar as condições arquitetônicas, funcionais, estruturais e construtivas, englobando todas as partes do projeto, deixando claro os parâmetros para os responsáveis técnicos e obter a anuência do contratante.

Segundo Helene (1992) e Mehta (2008), as causas físicas da deterioração das estruturas englobam desgaste da superfície por abrasão, erosão ou cavitação e fissuração por mudanças de volume, carga estrutural e exposição extrema de temperatura. Já as causas químicas englobam hidrólise dos componentes da pasta, trocas iônicas entre fluidos agressivos, pasta, reações causadoras, produtos expansíveis como expansão por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão de armaduras.

Aguiar (2006) *apud* Kirchheim (2003) afirma ainda que a aparência estética da estrutura é muito afetada pelo meio ambiente, podendo ocorrer mudanças devido à poeira, sujeira e fuligem que são depositados em sua superfície.

A ABNT 6118:2014 diz que as classes de agressividade ambiental constam da tabela 3 e segundo a ABNT NBR 12655:2015, consta na tabela 4 a correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Tabela 3 - Classe de agressividade ambiental

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
|-----------------------------------|---------------|--|------------------------------------|
| I | Fraca | Rural | Insignificante |
| | | Submersa | |
| II | Moderada | Urbana ^{1,2} | Pequeno |
| III | Forte | Marinha ¹ | Grande |
| | | Industrial ^{1,2} | |
| IV | Muito forte | Industrial ^{1,3} | Elevado |
| | | Respingos de maré | |

1) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
 2) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.
 3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

Tabela 4 - Classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto

| Concreto | Tipo | Classe de agressividade (Tabela 1) | | | |
|---|---------|------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | CA | ≤ 0,65 | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,45 |
| | CP | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,50 | ≤ 0,45 |
| Classe de concreto (ABNT NBR 8953) | CA | ≥ C20 | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C40 |
| | CP | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C35 | ≥ C40 |
| Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m ³ | CA e CP | ≥ 260 | ≥ 280 | ≥ 320 | ≥ 360 |

NOTA CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado; CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 12655:2015

Conclui levar em conta os requisitos da resistência característica do concreto à compressão, relação água/cimento e consumo de cimento, em função da classe de agressividade ambiental e, assim como Mehta (2008), *apud* Valença (2016), corrobora a relação entre resistência e durabilidade, associando-a a vida útil do concreto sob condições ambientais

2.3.1. CONCRETO EM MEIO ÁCIDO

Kirchheim (2003) diz que o comportamento das estruturas e sua durabilidade sofrem influências das condições climáticas. Gaier (2005), Wexler (1976) e Helene (2001) confirmam que as atmosferas urbanas, marinhas e industriais apresentam alta agressividade ambiental para estruturas de concreto. As atmosferas urbanas são regiões em centros populacionais que normalmente apresentam óxidos de enxofre (SO₂), fuligem ácida (pH ~5), H₂S e SO₄. As indústrias liberam vapores ricos em ácido clorídrico (HCl) e ácido sulfúrico (H₂SO₄) e, quando entram em contato com as estruturas de concreto, aceleram a deterioração das mesmas. Ambos são ambientes de maior concentração populacional.

Kirchheim (2003) estabelece correlação entre os resultados do envelhecimento das estruturas expostas em condições naturais com os resultados de degradação obtidos em laboratório em ensaios acelerados. Portanto, neste trabalho utilizou-se ácido clorídrico em teor de 10% em relação ao volume de água.

3. METODOLOGIA

Os materiais empregados neste estudo foram os cimentos Portland branco – CPB e de alto forno – CPIII, areia silicosa rosa, com dimensão máxima característica de 0,600mm e módulo de finura de 1,21, pigmento inorgânico de óxido de ferro – vermelho e amarelo e pigmento de óxido de ferro e manganês – marrom, aditivo superplastificante e água.

O traço é de característica 1:3:0,35, onde em massa 1 de cimento para 3 partes de agregado miúdo, 0,35 de relação água/cimento, 0,03 de aditivo e 0,05 de cada pigmento. Foram estudadas sete combinações distintas, sendo seis com pigmentos e um traço piloto, sem pigmento, como segue na tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Traços e dosagens em massa

| REGISTROS | ARGAMASSAS - Nº | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | TRAÇO 0 - ZERO | TRAÇO 1 - VB | TRAÇO 2 - VIII | TRAÇO 3 - AB | TRAÇO 4 - AIII | TRAÇO 5 - MB | TRAÇO 6 - MIII |
| CIMENTO PORTLAND BRANCO - CPB | 1 | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| CIMENTO PORTLAND DE ALTO FORNO - CPIII | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 |
| AREIA ROSA | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ÁGUA | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| PIGMENTO VERMELHO | - | 0,05 | 0,05 | - | - | - | - |
| PIGMENTO AMARELO | - | - | - | 0,05 | 0,05 | - | - |
| PIGMENTO MARROM | - | - | - | - | - | 0,05 | 0,05 |

Para cada argamassa, moldaram-se 6 corpos de prova de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, que foram submetidos à conservação em câmara úmida (temperatura de 23 ± 2 °C e umidade acima de 95%) por 28 dias.

Adaptando o trabalho de Camps et al. (1990), a conservação no meio ácido foi mantida por 168h pós-cura térmica. Neste trabalho, utilizou ácido clorídrico (HCl) em teor de 10% em relação ao volume de água, como mostra a foto 3 a seguir:

Foto 3, 4 e 5 - Corpos de prova antes, durante e depois do ataque ácido



(Fonte do Autor, 2016)

Foram medidas as massas, cores, velocidades de propagação de onda ultrassônica, módulos de elasticidade dinâmica, segundo a Norma ABNT NBR 8802:2013, antes e depois

dos corpos de prova serem submetidos à conservação ao meio ácido. Após a esta etapa, repetiram-se os mesmos ensaios e, por fim, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial, conforme a Norma ABNT 7215:1997.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Apresentam-se resultados de propagação de onda ultrassônica, resistência de compressão axial e colorimetria.

4.1. ENSAIO DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA

A tabela 6 mostra as velocidades de onda ultrassônica, os módulos de elasticidade e massas antes e depois do ataque ácido em comparativo. Os corpos de prova de número 1 não estiveram em contato com o meio ácido, apenas foram utilizados para comparação, assim como o traço zero, sem pigmentação.

Tabela 6 – Ensaio de Propagação de Onda Ultrassônica

| ENSAIO DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA | | | |
|---|-----------|------------------|---|
| CORPO DE PROVA | PESO (kg) | VELOCIDADE (m/s) | MÓDULO DE ELASTICIDADE (GN/m ²) |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| ZERO | 0,481 | 4132 | 34,1 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| ZERO | 0,412 | 3964 | 28,0 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,069 | 168 | 6,10 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| VB1 | 0,464 | 4273 | 41,7 |
| VB2 | 0,454 | 4237 | 41,1 |
| VB3 | 0,458 | 4273 | 41,7 |
| VB4 | 0,451 | 4201 | 40,3 |
| VB5 | 0,458 | 4329 | 42,8 |
| VB6 | 0,457 | 4132 | 39,0 |
| MÉDIA | 0,457 | 4241 | 41,1 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| VB2 | 0,446 | 4132 | 38,2 |

| | | | |
|--------------------------|-------|------|-------|
| VB3 | 0,451 | 4098 | 37,6 |
| VB4 | 0,446 | 4032 | 36,4 |
| VB5 | 0,451 | 4149 | 38,5 |
| VB6 | 0,45 | 4098 | 37,6 |
| MÉDIA | 0,449 | 4102 | 37,7 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,008 | 139 | 3,44 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| VIII1 | 0,46 | 4291 | 42,0 |
| VIII2 | 0,476 | 4166 | 39,6 |
| VIII3 | 0,453 | 4329 | 42,8 |
| VIII4 | 0,428 | 4291 | 42,0 |
| VIII5 | 0,469 | 4098 | 38,3 |
| VIII6 | 0,455 | 4237 | 41,0 |
| MÉDIA | 0,457 | 4235 | 40,95 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| VIII2 | 0,47 | 3984 | 35,5 |
| VIII3 | 0,453 | 4255 | 40,5 |
| VIII4 | 0,423 | 4048 | 36,6 |
| VIII5 | 0,463 | 3906 | 34,1 |
| VIII6 | 0,445 | 4065 | 37,0 |
| MÉDIA | 0,451 | 4052 | 36,7 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,006 | 184 | 4,21 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| AB1 | 0,455 | 4081 | 38,0 |
| AB2 | 0,451 | 4255 | 41,3 |
| AB3 | 0,451 | 4329 | 42,8 |
| AB4 | 0,453 | 4329 | 42,8 |
| AB5 | 0,456 | 4291 | 42,0 |
| AB6 | 0,459 | 4201 | 40,3 |
| MÉDIA | 0,454 | 4248 | 41,2 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| AB2 | 0,444 | 4098 | 37,6 |
| AB3 | 0,446 | 4149 | 38,5 |
| AB4 | 0,447 | 4219 | 39,8 |

| | | | |
|--------------------------|-------|------|------|
| AB5 | 0,454 | 4166 | 38,8 |
| AB6 | 0,451 | 4219 | 39,8 |
| MÉDIA | 0,448 | 4170 | 38,9 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,006 | 77,5 | 2,30 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| AIII1 | 0,461 | 4255 | 41,3 |
| AIII2 | 0,453 | 4310 | 42,4 |
| AIII3 | 0,454 | 4273 | 41,7 |
| AIII4 | 0,45 | 4329 | 42,8 |
| AIII5 | 0,469 | 4219 | 40,6 |
| AIII6 | 0,446 | 4184 | 39,9 |
| MÉDIA | 0,456 | 4262 | 41,5 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| AIII2 | 0,448 | 4255 | 40,5 |
| AIII3 | 0,449 | 4201 | 39,5 |
| AIII4 | 0,445 | 4184 | 39,2 |
| AIII5 | 0,446 | 4201 | 39,5 |
| AIII6 | 0,441 | 4219 | 39,8 |
| MÉDIA | 0,446 | 4212 | 39,7 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,010 | 49,7 | 1,75 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| MB1 | 0,452 | 4184 | 39,9 |
| MB2 | 0,448 | 4237 | 41,0 |
| MB3 | 0,458 | 4201 | 40,3 |
| MB4 | 0,446 | 4237 | 41,0 |
| MB5 | 0,453 | 4166 | 39,6 |
| MB6 | 0,461 | 4116 | 39,6 |
| MÉDIA | 0,453 | 4190 | 40,2 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| MB2 | 0,441 | 4149 | 38,5 |
| MB3 | 0,451 | 4098 | 37,6 |
| MB4 | 0,439 | 4166 | 38,8 |

| | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| MB5 | 0,447 | 4048 | 36,6 |
| MB6 | 0,453 | 4081 | 37,2 |
| MÉDIA | 0,446 | 4108 | 37,74 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,007 | 81,8 | 2,49 |
| ANTES DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| MIII1 | 0,447 | 4016 | 36,8 |
| MIII2 | 0,449 | 4115 | 38,6 |
| MIII3 | 0,455 | 4098 | 38,3 |
| MIII4 | 0,454 | 4016 | 36,8 |
| MIII5 | 0,448 | 4048 | 37,4 |
| MIII6 | 0,447 | 3937 | 35,4 |
| MÉDIA | 0,45 | 4038 | 37,2 |
| DEPOIS DO ATAQUE ÁCIDO | | | |
| MIII2 | 0,441 | 3891 | 33,9 |
| MIII3 | 0,445 | 4065 | 37,0 |
| MIII4 | 0,441 | 3802 | 32,3 |
| MIII5 | 0,438 | 3875 | 33,6 |
| MIII6 | 0,448 | 3846 | 33,1 |
| MÉDIA | 0,443 | 3896 | 33,98 |
| COMPARATIVO | | | |
| DIFERENÇA ANTES E DEPOIS | 0,007 | 142,5 | 3,24 |

4.2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

A tabela 6 mostra as resistências à compressão axial dos corpos de prova piloto e dos corpos de prova pós-ataque ácido, em comparativo. Os corpos de prova de número 1 foram os pilotos dos traços com pigmento, portanto não estiveram em contato com o meio ácido, apenas foram utilizados para comparação, assim como o traço 0.

Imagem 6 – Ensaio de Resistência à Compressão Axial



(Fonte do Autor, 2016)

Tabela 7 – Ensaio de Resistência à Compressão Axial

| CORPO DE PROVA | CARGA DE RUPTURA (kgf) | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO | |
|----------------|------------------------|--------------------------|------|
| | | kgf/cm ² | MPa |
| ZERO | 7500 | 382 | 38,2 |
| ZERO | 5125 | 261 | 26,1 |
| PERDA | 2768 | 141 | 14,1 |
| VB1 | 16100 | 807 | 80,7 |
| VB2 | 14500 | 741 | 74,1 |
| VB3 | 14400 | 736 | 73,6 |
| VB4 | 14600 | 744 | 74,4 |
| VB5 | 15900 | 813 | 81,3 |
| VB6 MÉDIA | 15100 | 766 | 76,6 |
| | 14900 | 760 | 76 |
| PERDA | 1200 | 47 | 4,7 |
| VIII1 | 14700 | 740 | 74,0 |
| VIII2 | 13700 | 692 | 69,2 |
| VIII3 | 11800 | 596 | 59,6 |
| VIII4 | 11300 | 573 | 57,3 |
| VIII5 | 14000 | 702 | 70,2 |
| VIII6 | 11900 | 601 | 60,1 |
| MÉDIA | 12540 | 633 | 63,3 |
| PERDA | 2160 | 107 | 10,7 |
| AB1 | 16900 | 861 | 86,1 |
| AB2 | 11800 | 601 | 60,1 |
| AB3 | 14700 | 749 | 74,9 |
| AB4 | 16000 | 815 | 81,5 |
| AB5 | 16500 | 834 | 83,4 |

| | | | |
|-----------|-------|-----|------|
| AB6 MÉDIA | 15000 | 752 | 75,2 |
| | 14800 | 750 | 75 |
| PERDA | 2100 | 111 | 11,1 |
| AIII1 | 15800 | 795 | 79,5 |
| AIII2 | 11600 | 596 | 59,6 |
| AIII3 | 11400 | 585 | 58,5 |
| AIII4 | 15800 | 808 | 80,8 |
| AIII5 | 11600 | 591 | 59,1 |
| AIII6 | 11400 | 574 | 57,4 |
| MÉDIA | 12360 | 631 | 63,1 |
| PERDA | 3440 | 164 | 16,4 |
| MB1 | 10300 | 520 | 52 |
| MB2 | 9600 | 493 | 49,3 |
| MB3 | 10000 | 511 | 51,1 |
| MB4 | 9400 | 477 | 47,7 |
| MB5 | 8900 | 457 | 45,7 |
| MB6 MÉDIA | 9100 | 458 | 45,8 |
| | 9400 | 479 | 47,9 |
| PERDA | 900 | 41 | 4,1 |
| MIII1 | 10100 | 506 | 50,6 |
| MIII2 | 9200 | 470 | 47 |
| MIII3 | 8900 | 453 | 45,3 |
| MIII4 | 9500 | 488 | 48,8 |
| MIII5 | 9500 | 484 | 48,4 |
| MIII6 | 9600 | 483 | 48,3 |
| MÉDIA | 9340 | 476 | 47,6 |
| PERDA | 760 | 31 | 3,1 |

Com os resultados da tabela 7, conclui que a maior resistência apresentada dos corpos de prova piloto, que não estiveram em contato com o meio ácido foi do traço AB1, com 86,07 MPa e a pior resistência apresentada foi do traço MIII1, com 50,63 MPa.

Em relação às perdas pós-ataque ácido, os traços com pigmentação vermelha VB e VIII tiveram perda de 4,69 MPa e 10,68 MPa, respectivamente. Os traços com pigmentação amarela AB e AIII tiveram perda de 11,07 MPa e 16,45 MPa, respectivamente. E os traços com pigmentação marrom MB e MIII tiveram perda de 4,12 MPa e 3,06MPa, respectivamente.

Ao comparar os resultados de antes e depois, do traço ZERO, aos demais, conclui-se que a adição de pigmento gera um acréscimo de resistência à compressão. O traço ZERO apresenta a menor resistência do estudo realizado.








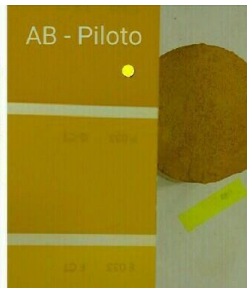


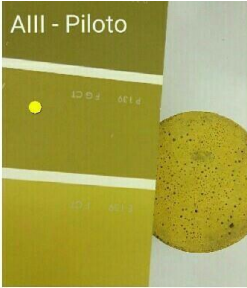

Conclui-se que o traço que teve maior perda de resistência à compressão axial, portanto, menor durabilidade ao ataque ácido foi traço AIII, que contém em sua composição o pigmento amarelo de óxido de ferro e o cimento Portland de alto forno (CPIII).

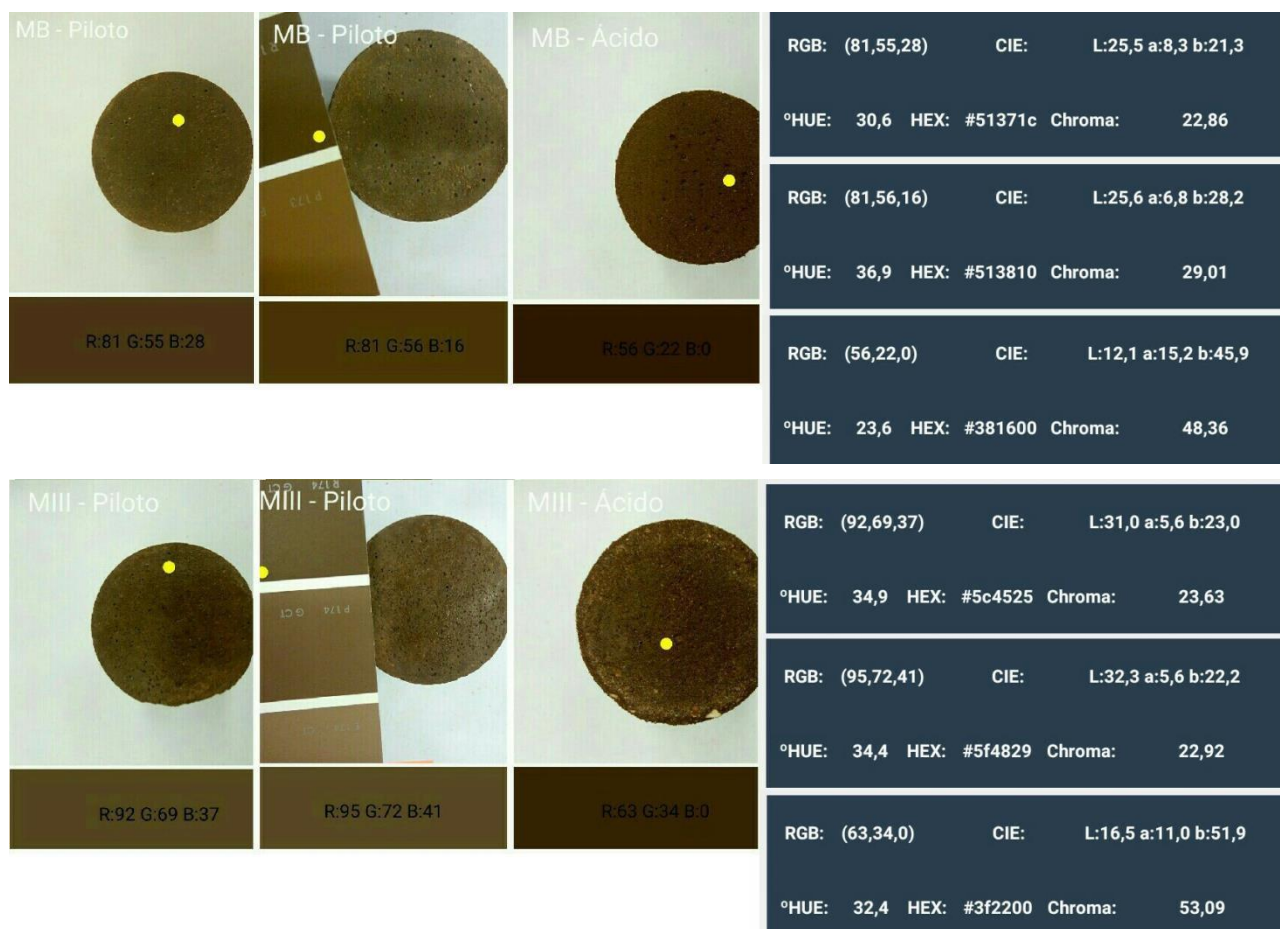
4.3. ENSAIO COLORIMÉTRICO

WENDT (2006) diz que os parâmetros da colorimetria são analisados conforme a preparação das amostras, a iluminação e a geometria da medição. Assim, como neste estudo a cor será um parâmetro de avaliação do concreto colorido, foram levadas em conta todas essas condições.

Com a limitação imposta pela falta de um colorímetro nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie, utilizou-se um aplicativo brasileiro para celulares criado por Research Lab Tool Apps em São Carlos-SP. O Colorímetro é um aplicativo desenvolvido especificamente para uso de pesquisas e está na versão 3.5.2, atualizada em outubro de 2015. O aplicativo permite a medição de cores utilizando a câmera de um celular, tornando-o portátil. Possui um espectro de absorção visível de 400 – 700nm e medidas RGB, CIE L*a*b*, ΔE^* permitindo a comparação de cores medidas, cromaticidade, ângulo Hue^o e HEX/WEB. Além disso, o colorímetro tem a opção de zoom e funciona em ambientes de luz controlada.

Além disso, para melhor eficiência e para assegurar que o aplicativo não seja falho, utilizou-se uma cartela de cores de tinta comparando suas tonalidades com as dos corpos de prova. A conclusão foi a de que as cores atingidas pelo concreto e argamassa se encontram também no mercado de tintas e que o aplicativo atinge um nível aceitável de colorimetria. Os resultados estão representados nas imagens a seguir:

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>VB - Piloto</p>  | <p>VB - Piloto</p>  | <p>VB - Ácido</p>  | <p>RGB: (139,55,18) CIE: L:34,5 a:33,9 b:38,9 °HUE: 18,3 HEX: #8b3712 Chroma: 51,57</p> |
| <p>R:139 G:55 B:18</p> | <p>R:139 G:52 B:9</p> | <p>R:110 G:37 B:0</p> | <p>RGB: (139,52,9) CIE: L:33,9 a:35,2 b:42,0 °HUE: 19,8 HEX: #8b3409 Chroma: 54,75</p> |
| | | | <p>RGB: (110,37,0) CIE: L:25,7 a:30,9 b:64,4 °HUE: 20,2 HEX: #6e2500 Chroma: 71,41</p> |
| <p>VIII - Piloto</p>  | <p>VIII - Piloto</p>  | <p>VIII - Ácido</p>  | <p>RGB: (135,62,17) CIE: L:35,3 a:28,5 b:39,7 °HUE: 22,9 HEX: #873e11 Chroma: 48,87</p> |
| <p>R:135 G:62 B:17</p> | <p>R:135 G:60 B:20</p> | <p>R:114 G:46 B:7</p> | <p>RGB: (135,60,20) CIE: L:34,9 a:29,7 b:38,0 °HUE: 20,9 HEX: #873c14 Chroma: 48,23</p> |
| | | | <p>RGB: (114,46,7) CIE: L:28,2 a:28,0 b:64,1 °HUE: 21,9 HEX: #722e07 Chroma: 69,94</p> |
| <p>AB - Piloto</p>  | <p>AB - Piloto</p>  | <p>AB - Ácido</p>  | <p>RGB: (168,125,0) CIE: L:55,1 a:7,4 b:60,8 °HUE: 44,6 HEX: #a87d00 Chroma: 61,25</p> |
| <p>R:164 G:119 B:0</p> | <p>R:165 G:121 B:0</p> | <p>R:168 G:125 B:0</p> | <p>RGB: (165,121,0) CIE: L:53,7 a:8,3 b:59,7 °HUE: 44,0 HEX: #a57900 Chroma: 60,27</p> |
| | | | <p>RGB: (164,119,0) CIE: L:53,0 a:9,0 b:59,2 °HUE: 43,5 HEX: #a47700 Chroma: 59,88</p> |
| <p>AIII - Piloto</p>  | <p>AIII - Piloto</p>  | <p>AIII - Ácido</p>  | <p>RGB: (157,138,44) CIE: L:57,6 a:-3,6 b:50,5 °HUE: 49,9 HEX: #9d8a2c Chroma: 50,58</p> |
| <p>R:157 G:138 B:44</p> | <p>R:157 G:141 B:53</p> | <p>R:168 G:140 B:31</p> | <p>RGB: (157,141,53) CIE: L:58,5 a:-4,7 b:47,5 °HUE: 50,8 HEX: #9d8d35 Chroma: 47,74</p> |
| | | | <p>RGB: (168,140,31) CIE: L:59,1 a:-0,3 b:57,1 °HUE: 47,7 HEX: #a88c1f Chroma: 57,06</p> |



Com o relatório do colorímetro, conclui-se que o concreto colorido pós-ataque ácido escurece em comparação com a amostra piloto. Os traços que apresentaram maior diferença na coloração foram o MB e MIII, que têm como composto o pigmento marrom de óxido de ferro e manganês.

Os traços V3 e A3 apresentam melhor resultado em relação a aparência pós-ataque ácido, pois não tiveram mudanças significativas com a sua coloração.

Com o teste com a paleta de cores, pode-se concluir também que as cores atingidas pelo concreto e argamassa podem ser encontradas no mercado de tintas e que o aplicativo atinge um nível aceitável de colorimetria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho identifica que o pigmento marrom, de óxido de ferro e manganês, apresentou o pior desempenho em relação aos outros nos quesitos resistência à compressão axial, perda de massa e mudança de coloração pós-ataque ácido.

Constatou-se que as superfícies dos concretos pós-ataque ácido apresentaram baixa resistência. As superfícies ficaram consideravelmente porosas e se deterioravam com

facilidade ao toque. Portanto, indica que são necessários outros estudos que aprofundem como prevenir este tipo de degradação no concreto colorido.

O estudo conclui também que os pigmentos de coloração amarela e vermelha, ambos de óxido de ferro, apresentaram melhor comportamento referente a todos os parâmetros analisados.

Constatou-se também que as adições de pigmentos de óxido de ferro podem aumentar, cerca de 50%, da resistência à compressão do concreto colorido em relação ao concreto sem pigmentos.

Diante da escassez de referências atuais voltadas ao concreto colorido, este trabalho confirma que há necessidade de estudos, com a finalidade de gerar conhecimento para o mercado brasileiro sobre as vantagens e dificuldades da aplicação do concreto colorido.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 8802**: Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 8802**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento, Rio de Janeiro, 2015. Endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 12.989**: Cimento Portland branco - Especificação. Rio de Janeiro, 1993.

AGUIAR, C. A. **Concreto cimento Portland branco estrutural: análise da adição de pigmentos quanto à resistência à compressão**. 88 f. Tese (Mestrado) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CAMPS, J.P.; LAPLANCHE, A.; AL-RIM, K. **Corrosion of concrete by sequestrating agents of detergents**. Dundee - University of Dundee, 1990.

CONCEIÇÃO, L. B. **Estudo da Tecnologia e Aplicação do Concreto Colorido em Habitações de Interesse Social**. 127 f. Tese (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ / Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

GAIER, C.V. **Estudo do Ataque Ácido em Materiais de Reparo Industrializados para Estruturas de Concreto**. 2005. 150 f. Trabalho de Diplomação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

HELENE, P.R.L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. Ed., São Paulo, PINI, 1992.

HELENE, P.; MOREIRA, H. P.; FIGUEIREDO, E. P. **Avaliação da influência de alguns agentes agressivos na resistência à compressão de concretos amassados com diferentes tipos de cimentos brasileiros**. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2001.

HENAO CELEDÓN, M. L.; AVENDAÑO VELÁSQUEZ, C. “Hormigon arquitectónico: como realizar un buen acabado”. Asocreto – Asociación Colombiana de Productores de Concreto. 1999.

KIRCHHEIM, Ana Paula. **Concreto de cimento Portland Branco Estrutural: Avaliação da carbonatação e absorção capilar**. 168 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

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

MINOLTA. **Precise Color Communication: Color control from perception to instrumentation**. Japão: Minolta Co. Ltd., 1998.

NAKAMURA, J. **Tecnologia – todas as cores do concreto**. Revista Técnica (PINI), Ed. 81, 2003. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/81/artigo287289-1.aspx>> . Acesso em: 15 nov. 2016.

NERO, J. M. G.; NUNES, A. “Betão Branco: Fundamentos para a prescrição e utilização do betão branco”. Portugal: SECIL, 1999.

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

PASSUELO, Alexandra. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. 176 f. Dissertação (Pós-Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

PIOVESAN, A., 2009, Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de durabilidade e na cromaticidade do concreto de cimento Portland branco. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

ROJAS, D., 2003, “O Fenômeno da Eflorescência”. In: Soluções Construtivas, Bayer do Brasil, São Paulo, SP, Brasil.

VALENÇA, J.V. PRISZKULNIK, S. **Análise da durabilidade e resistência do concreto colorido produzido com cimento Portland branco, pigmento de óxido de ferro e agregados miúdos de mármore**. In. Congresso Brasileiro de Concreto, 58º, Belo Horizonte, 2016. Anais – São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto, 2016.

WENDT, S. C. **Análise da mudança de cor em concretos submetidos a altas temperaturas alcançadas e da degradação térmica**. 183 p. Tese (Pós-Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

WEXLER, S.B et al. **Manual de Proteção Contra Corrosão Durante Armazenamento e Transporte**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Publicação nº 1099, 1976

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), a Diretoria de Engenharia da UPM, a Coordenadora de Engenharia Civil da UPM, ao Departamento de Engenharia Civil da UPM, ao Laboratório de Materiais de Construção da UPM, à Lanxess Energizing Chemistry e a Grace Brasil Ltda.

Contatos: julianavillarvalenca@hotmail.com e sprisz@gmail.com