

## **EFEITO DE DIFERENTES CORES DE PIGMENTO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO PÓS-REATIVO (CPR)**

Marcella de Sena Barbosa (UFRN) E-mail: marcellasenab@gmail.com

Carlos Mavíael de Carvalho - E-mail: carlos.mavíael@unipe.br

**Resumo:** Apesar do amplo campo de utilização das estruturas de concreto convencional, ao se falar em concreto aparente, este acaba sendo censurado por seu aspecto pouco atrativo e de baixo valor arquitetônico. Nos últimos anos, contudo, a tecnologia do concreto vem se destacando devido aos aperfeiçoamentos oriundos do uso de novas técnicas construtivas e materiais inovadores. Isso ocasionou numa expansão da utilização dos concretos especiais, dentre os quais podemos citar o concreto de pós-reativos (CPR), último material ultra-resistente baseado em cimento Portland desenvolvido. Sabendo que esse tipo de concreto vem, aos poucos, se destacando em determinados projetos, o presente estudo procurou avaliar o efeito de diferentes cores de pigmentos inorgânicos aplicados ao CPR, buscando aceitação estética aliada à garantia de propriedades mecânicas excelentes. Foram feitos 4 traços (sendo eles: referência, vermelho, amarelo e verde), onde o percentual de pigmento empregado foi de 6% para cada cor. Os corpos de prova produzidos foram sujeitos à cura úmida por imersão em temperatura ambiente e, ao atingirem as idades de 7, 14 e 28 dias, submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial. Diante dos resultados, observou-se que os concretos de cor vermelha se destacaram tanto no ensaio de resistência à compressão quanto no âmbito estético, constatando viabilidade no uso de pigmentos em concretos pós-reativos, garantindo tanto as propriedades mecânicas esperadas quanto aceitação arquitetônica na construção civil.

**Palavras-chave:** Concreto pós-reativo, pigmento, resistência, estética.

## **EFFECT OF DIFFERENT PIGMENT COLORS ON THE MECHANICAL RESISTANCE OF THE POST-REACTIVE CONCRETE (RPC)**

**Abstract:** Despite the large field of use of conventional concrete structures, when talking about apparent concrete, this ends up being censored for its unattractive aspect and low architectural value. In the last years, however, concrete technology stood out due to improvements resulting from the use of new construction techniques and innovative materials. This led to an expansion in the use of special concretes, among which we can mention the reactive powder concrete (RPC), latest ultra-resistant material based on Portland cement developed. Knowing that this type of concrete is, slowly, standing out in certain projects, the present study sought to evaluate the effects of different colors of inorganic pigments applied to RPC, seeking an aesthetic acceptance allied to guarantee excellent mechanical properties. There were made 4 dosages (being them: reference, red, yellow and green), where the pigment percentage employed was 6% for each color. The specimens produced were subjected to wet curing by immersion at room temperature and, when they reach the ages of 7, 14 and 28 days, submitted to the axial compression resistance test. Given the results, it was observed that the red colored concretes stood out both in the axial compression resistance test and in the aesthetic scope, verifying viability in the use of pigments in reactive powder concretes, ensuring both the expected mechanical properties as architectural acceptance in construction.

**Keywords:** Reactive powder concrete, pigment, resistance, aesthetic.

### **1. Introdução**

Concomitantemente ao aperfeiçoamento de cálculos estruturais e uma maior disseminação à respeito das propriedades dos materiais, o desenvolvimento de novos concretos vem crescendo cada vez mais, direcionando os projetistas à otimização de estruturas que precisam de características intrínsecas (CHRIST, 2014).

Nesse contexto, pode-se destacar o concreto de pós-reativos (CPR) que, conforme Vanderlei (2004) explica, é visto atualmente como o sucessor dos concretos de alto desempenho (CAD) e alta resistência (CAR). Seu princípio básico é apoiado no aumento da homogeneidade da mistura, dispensando a utilização de agregados graúdos e sendo composto, basicamente, por pós: o diâmetro característico máximo utilizado é de 2 mm. Geralmente, são empregados como materiais constituintes: areia fina de quartzo, pó de quartzo, sílica ativa, cimento e aditivo superplastificante. Em relação à água, a relação  $a/c$  é bastante reduzida, geralmente variando entre 0,15 e 0,20.

Serafim e Licetti (2012) ainda afirmam que o CPR possui um princípio de concepção baseado em um compósito com o mínimo de falhas (como, por exemplo, microfissuras e poros capilares), tornando difícil o transporte de líquidos e gases pela matriz. Essa diminuição nos poros capilares é responsável pelo concreto de pós-reativos possuir maior resistência ao ciclo gelo-degelo como também à agentes agressivos, tais como: ácidos, álcalis, íons cloretos, carbonatação, etc.

Ainda no âmbito dos novos concretos, Silva et al. (2015) explicam que a utilização de concretos coloridos não se resume à questões estéticas, mas também no proporcionamento de propriedades mecânicas excelentes. A elaboração de concretos cromáticos pode ser feita por meio da incorporação de pigmentos e/ou adições minerais à mistura, utilizando qualquer tipo de cimento e agregados.

A aplicação desse tipo de concreto é totalmente viável já que reduz o tempo de execução das obras (por substituir o serviço de pintura) e diminui a necessidade de manutenção (sendo a base do pigmento óxido de ferro, a cor permanece), aumentando, dessa forma, a vida útil da construção (CONCEIÇÃO, 2015).

No cenário nacional, o uso de concretos coloridos já está consolidado no ramo de peças pré-fabricadas: os pavimentos intertravados – ou pavers – foram os pioneiros. Em relação às estruturas de concreto armado (como, por exemplo, edificações, pontes, viadutos, etc.), ainda não há muitos casos relatados. Porém, uma das obras mais recentes utilizando esse tipo de concreto foi o edifício e-Tower, na cidade de São Paulo/SP: utilizou pigmentos à base de óxido de ferro na mistura, propiciando uma tonalidade avermelhada ao concreto dos pilares (PASSUELO, 2004).

Em decorrência da popularidade do concreto, é de extrema importância a realização de pesquisas que tenham por finalidade a obtenção de propriedades como durabilidade e resistência mecânica. O CPR é um material novo e com grande potencial de utilização, oferecendo aos calculistas uma alternativa de projeto; já o concreto colorido, apesar de pouco difundido no contexto brasileiro, agrega uma estética inovadora. Frente ao exposto, a presente pesquisa motivou-se a produzir concretos pós-reativos com diferentes cores de pigmento a fim de explorar seu potencial de forma clara e segura.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito de diferentes cores de pigmentos inorgânicos na resistência mecânica do concreto pós-reativo (CPR).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar o efeito de diferentes cores de pigmento (vermelho, amarelo e verde) na resistência à compressão axial dos CPR, comparando com o traço referência (sem pigmento);

- Avaliar o efeito de diferentes cores de pigmento (vermelho, amarelo e verde) na estética dos corpos de prova, comparando com o traço referência (sem pigmento).

## 2. Programa experimental

Os procedimentos para execução do estudo proposto foram divididos em etapas, conforme a seguinte ordem: pesquisas bibliográficas, caracterização dos materiais, dosagem dos traços (referência e com diferentes cores de pigmento), confecção dos concretos, realização dos ensaios previstos e, por fim, análise dos resultados. Todo o processo experimental ocorreu no Complexo Laboratorial de Engenharia do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 Cimento

Sabendo que a tipologia do aglomerante possui grande influência nas propriedades do CPR, e sendo imprescindível que o mesmo apresente uma elevada resistência mecânica, Bonneau et al. (1996) explicam que o cimento mais indicado para a produção do concreto em questão seria o cimento Portland comum (CP I), contudo, o cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI) também é recomendado por alguns autores, em decorrência do primeiro não se encontrar mais disponível no comércio brasileiro. Dessa forma, mesmo possuindo uma maior demanda de água, foi optado pela utilização do cimento CP V ARI: este foi ensaiado quanto à massa específica (Figura 1), seguindo as orientações da NBR NM 23 (ABNT, 2000), obtendo um valor de  $2,96 \text{ g/cm}^3$ . Seu armazenamento foi feito de modo que suas características não fossem alteradas.



Figura 1 – Cimento sendo ensaiado quanto à massa específica

#### 2.1.2 Agregado Miúdo

Vanderlei (2004) enfatiza que a composição granulométrica tem uma importante função na produção de concretos pós-reativos. O agregado miúdo age eliminando os vazios da mistura, proporcionando uma menor permeabilidade do concreto como também uma maior homogeneização dos materiais. Para esse estudo, a areia utilizada foi disponibilizada pela Instituição onde ocorreram os processos experimentais, conforme é ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Agregado miúdo utilizado na pesquisa

Esse material, antes da execução dos CPR, foi lavado para remoção de substâncias deletérias e colocado, posteriormente, em estufa à temperatura de 100°C por um período de 24h, eliminando vestígios de umidade nas amostras. Além disso, passou por um processo de caracterização quanto à massa específica, massa unitária e granulometrias, sendo possível observar os resultados destes ensaios através da Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do ensaio granulométrico da areia

<b>Diâmetro máximo característico (mm)</b> (ABNT NBR NM 248:2003)	2,36
<b>Módulo de finura</b> (ABNT NBR NM 248:2003)	1,66
<b>Massa específica aparente seca (g/mL)</b> (ABNT NBR NM 53:2009)	2,65
<b>Massa unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b> (ABNT NBR NM 45:2006)	1,44

Fonte: Autora (2019)

### 2.1.3 Pó de quartzo

Tutikian, Isaia e Helene (2011) recomendam uso de quartzo em frações finas no concreto por ser, dentre os materiais disponíveis para britagem, o que apresenta maior desempenho. Este material age preenchendo os espaços vazios entre os grãos de areia, garantindo uma boa compactação da mistura, além de possuir grande importância caso seja empregado tratamento térmico. Sendo assim, o presente trabalho utilizou pó de quartzo (Figura 3) obtido por meio de empresa oriunda de São Paulo/SP, utilizando-o como adição em conjunto a sílica ativa, elevando o teor de finos e coesão do concreto.



Figura 3 – Pó de quartzo utilizado na pesquisa

### 2.1.4 Sílica ativa

Segundo Richard e Cheyreyz (1995), o uso da sílica ativa em concretos proporciona o preenchimento de vazios entre as partículas, melhora as propriedades reológicas e produz C-S-H secundário pela reação pozolânica. Além disso, o tamanho reduzido das partículas desse material ocasiona numa minimização da exsudação interna e superficial, o que é importante ponderar principalmente no aspecto microestrutural e na zona de transição entre pasta/agregado. Sendo assim, este material (Figura 4) – fornecido pela empresa Tecnosil – foi empregado como adição ao concreto.



Figura 4 – Sílica ativa utilizada na pesquisa

### 2.1.5 Pigmento

Aguiar (2006) explica que os pigmentos utilizados com mais constância são os oriundos do óxido de ferro, já que a partir deste é possível a obtenção de várias cores. Isso ocorre por meio de modificações no processo de oxidação, sendo o amarelo a primeira cor a ser alcançada; após uma variação de temperatura, chega-se ao vermelho; posteriormente, com a eliminação do oxigênio da mistura, é obtida a cor preta. Sendo estes considerados pigmentos primários, é possível a criação de outras cores através de combinações. Para esta pesquisa, foram disponibilizados pela Instituição os pigmentos inorgânicos nas cores vermelho, amarelo e verde (Figura 5).

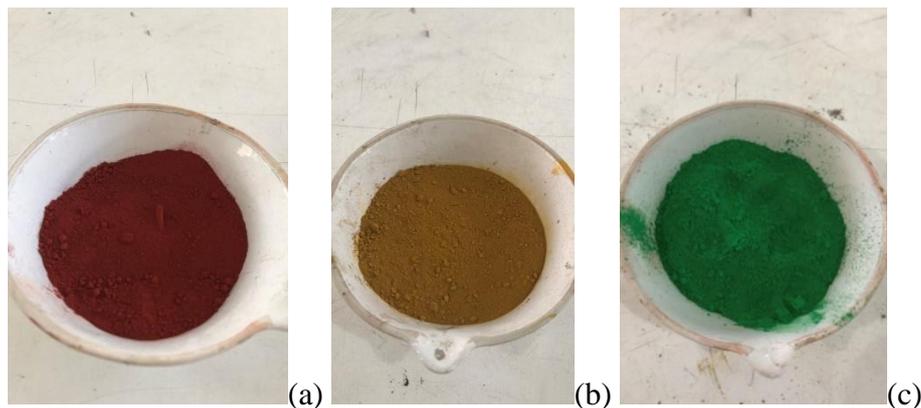


Figura 5 – Cores de pigmentos utilizadas na pesquisa

Ainda, pode-se observar a constituição química dos referidos pigmentos por meio da Tabela 2.

Tabela 2 – Constituição química dos pigmentos

COR	FÓRMULA	COMPONENTE
VERMELHO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de ferro
AMARELO	FeOOH	Hidróxido de ferro
VERDE	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de cromo

Fonte: Aguiar (2006)

### 2.1.6 Aditivo superplastificante

Para atingir a baixa relação água/aglomerante necessária para obtenção de concretos pós-reativos, é indispensável o emprego de aditivos superplastificantes. Hartmann et al. (2011) explicam que seu mecanismo é baseado na dispersão das partículas do cimento que estão em hidratação, liberando a água presa entre os grãos e reduzindo, dessa forma, a força de atração de van der Waals entre as partículas; sendo assim, ocorre uma melhoria na fluidez da mistura.

Vanderlei (2004) ainda afirma que os aditivos mais indicados são os que possuem dispersantes à base de policarboxilatos, normalmente empregados em teores que variam entre 1,5 – 2,5 % em cima da massa de cimento.

Com isso, devido à realização de testes preliminares, foi optado por utilizar dois aditivos superplastificantes nessa pesquisa. Estes foram fornecidos pela empresa BASF, estando de acordo com todos os critérios estabelecidos pela NBR 11768 (ABNT, 2011).

### 2.1.7 Água

Foi usada, para o presente estudo, água com condições de potabilidade proveniente da rede de abastecimento do Complexo Laboratorial de Engenharia do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Dosagem

Tendo em vista que o intuito da pesquisa é avaliar os efeitos de diferentes cores de pigmento na resistência mecânica do concreto pós-reativo (CPR), utilizou-se um traço proposto por Vanderlei (2004) como base. Frente à testes preliminares realizados, algumas modificações foram feitas para uma melhor adaptação ao estudo. As dosagens utilizadas podem ser avaliadas através da Tabela 3.

Tabela 3 – Dosagens unitárias (em massa) utilizadas na pesquisa

Traço	Cimento	Areia	Pó de Quartzo	Sílica	Aditivo 1	Aditivo 2	Pigmento	a/c
T <sub>REFERÊNCIA</sub>	1	1	0,3	0,25	0,03	0,015	0,06	0,23
T <sub>VERMELHO</sub>	1	1	0,3	0,25	0,03	0,015	0,06	0,23
T <sub>AMARELO</sub>	1	1	0,3	0,25	0,03	0,015	0,06	0,23
T <sub>VERDE</sub>	1	1	0,3	0,25	0,03	0,015	0,06	0,23

Fonte: Autora (2019)

Tutikian, Isaia e Helene (2011) explicam que os agregados que compoem os CPR devem possuir um empacotamento de partículas que proporcione uma maior densificação do compósito, objetivando o menor volume de vazios possível. Dessa forma, foi optado pela utilização do modelo de empacotamento de Alfred, ilustrado pela Equação 1.

$$CPTF (\%) = 100 \times \left( \frac{D^q}{D_L^q} - \frac{D_S^q}{D_S^q} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

CPTF = porcentagem volumétrica das partículas menores que o diâmetro D (%);

$D_S$  = diâmetro da menor partícula (mm);

$D_L$  = diâmetro da maior partícula (mm);

q = coeficiente de distribuição.

Sabendo que 0,37 seria o coeficiente de distribuição (q) que proporcionaria o empacotamento máximo de partículas (FUNK e DINGER, 1992 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2000), é possível observar, por meio da Tabela 4, os valores de empacotamento obtidos pelo método apresentado.

Tabela 4 – Parâmetros de entrada e teores de empacotamento obtidos

PARÂMETROS DE ENTRADA		
Diâmetro da maior partícula ( $D_L$ )		1,2
Diâmetro da menor partícula ( $D_S$ )		0,075
Coeficiente de distribuição (q)		0,37
Abertura (mm)	Passante (%)	Acumulado (%)
1,2	100	0
0,6	65,37	34,63
0,3	37,82	27,55
0,15	16,5	21,32
0,075	0	16,5

Fonte: Autora (2019)

### 2.2.2 Produção dos concretos

O processo executivo obedeceu a seguinte ordem: pesagem dos materiais em balança de precisão, pré-homogeneização de todos os materiais secos, mistura em argamassadeira, moldagem dos corpos de prova com dimensões 5x10 cm, cura do tipo úmida à temperatura ambiente e, por fim, realização do ensaio de resistência à compressão axial nas idades previstas (7, 14 e 28 dias).

Atingindo consistência adequada para moldagem dos cilindros, a pasta foi lançada e adensada segundo as indicações da NBR 7215 (ABNT, 1996). Com os corpos de prova devidamente moldados, após um período de 24h, foram desformados e encaminhados para o processo de cura, onde permaneceram até que chegassem as idades de ensaio.

### 2.3 Ensaio realizados

Tendo em vista o objetivo da pesquisa, os corpos de prova foram ensaiados apenas quanto à resistência à compressão axial conforme indicado na NBR 5739 (ABNT, 2007). Os resultados foram obtidos através de média aritmética de 4 corpos de prova por idade, totalizando em 48

cilindros para essa pesquisa ( $T_{\text{REFERÊNCIA}}$ ,  $T_{\text{VERMELHO}}$ ,  $T_{\text{AMARELO}}$ ,  $T_{\text{VERDE}}$ ). Os concretos também foram avaliados, visualmente, quanto sua estética e acabamento.

### 3. Resultados

#### 3.1 Resistência à compressão axial

Realizado conforme as indicações da NBR 5739 (ABNT, 2007), os resultados do ensaio – obtidos pela média aritmética de 4 corpos de prova por idade – podem ser observados através da Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de resistência à compressão axial

TRAÇO	TEOR DE PIGMENTO	IDADE (Dias)	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)
$T_{\text{REFERÊNCIA}}$	0%	7 dias	53,21
		14 dias	66,79
		28 dias	76,42
$T_{\text{VERMELHO}}$	6%	7 dias	50,80
		14 dias	67,57
		28 dias	75,88
$T_{\text{AMARELO}}$	6%	7 dias	46,84
		14 dias	65,41
		28 dias	73,11
$T_{\text{VERDE}}$	6%	7 dias	45,57
		14 dias	61,75
		28 dias	70,26

Fonte: Autora (2019)

Através dos valores expostos, nota-se que os resultados se mostram condizentes com a literatura. Rojas (2003) explica que, independente do tipo e da cor do pigmento empregado, vai ocorrer queda na resistência mecânica dos concretos. Contudo, esta situação só é observada em teores superiores à 5% sobre a massa de cimento da mistura, como é o caso das dosagens utilizadas neste estudo.

É melhor visualizado, através da Figura 6, que a resistência à compressão cresce com o aumento das idades, o que também já era esperado. Conceição (2015) explica que, devido à um maior tempo de cura, espera-se melhores condições para que os concretos alcancem as propriedades decorrentes das reações de hidratação do cimento.

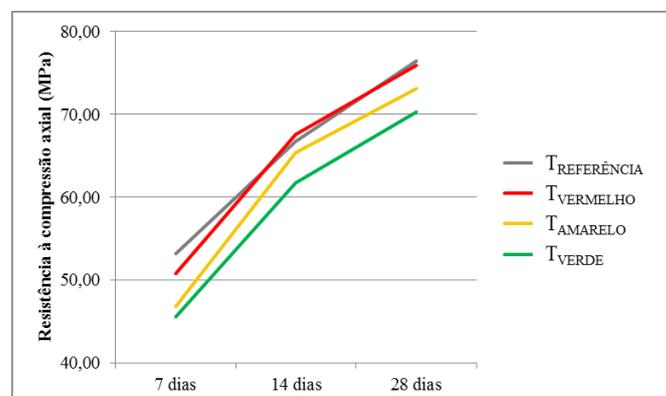


Figura 6 – Valores de resistência à compressão axial dos traços

Além disso, percebe-se que os concretos do traço T<sub>VERMELHO</sub> se destacaram já que, aos 28 dias, obtiveram um decréscimo de apenas 0,71% em relação aos valores de resistência mecânica do T<sub>REFERÊNCIA</sub>; em relação às outras cores avaliadas, estas obtiveram valores de queda ainda maiores – sendo de 4,33% e 8,06%, respectivamente, para T<sub>AMARELO</sub> e T<sub>VERDE</sub>. Isso pode ser justificado pela maior quantidade de óxido de ferro na composição química do pigmento vermelho, quando comparado aos demais. A Figura 7 ilustra o interior dos corpos de prova após realização do ensaio.

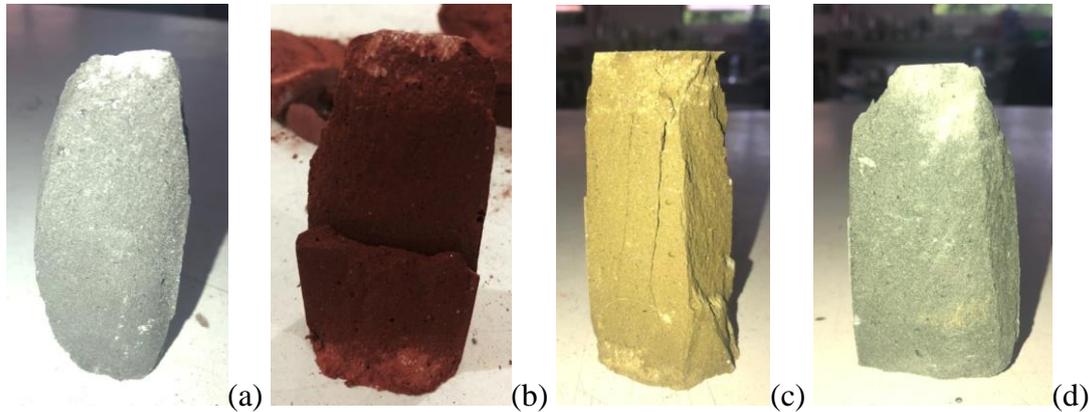


Figura 7 – Corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão axial: (a) T<sub>REFERÊNCIA</sub>, (b) T<sub>VERMELHO</sub>, (c) T<sub>AMARELO</sub> e (d) T<sub>VERDE</sub>

### 3.2 Estética

A literatura relata que, geralmente, ocorre uma redução de trabalhabilidade quando do acréscimo de pigmentos em misturas cimentícias. Para esse estudo, como é possível observar através da Figura 8, é possível constatar que o acabamento dos corpos de prova (influenciados por sua trabalhabilidade e adensamento) não sofreram grandes alterações, se mantendo praticamente constante para todos os traços avaliados, independente da cor de pigmento utilizada.

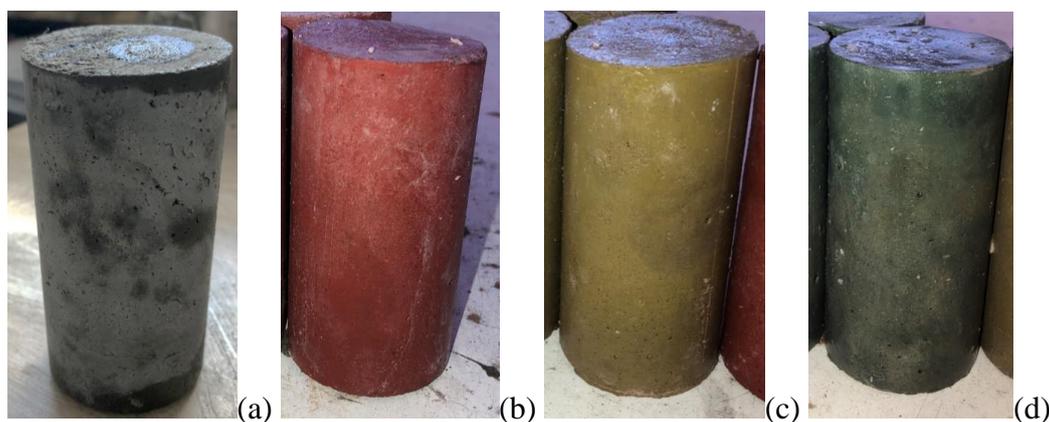


Figura 8 – Estética e acabamento dos corpos de prova: (a) T<sub>REFERÊNCIA</sub>, (b) T<sub>VERMELHO</sub>, (c) T<sub>AMARELO</sub> e (d) T<sub>VERDE</sub>

Porém, ainda tomando como base a avaliação visual desses concretos, percebe-se que T<sub>VERMELHO</sub> foi o que demonstrou maior intensidade de cor; T<sub>AMARELO</sub> e T<sub>VERDE</sub>, por sua vez, não apresentaram tanto vigor quanto o primeiro. Passuelo (2004) explica que os cimentos Portland convencionais não conseguem reproduzir cores claras com fidelidade devido à forte influência de sua cor cinza característica. Uma solução para essa problemática seria a utilização de cimento Portland branco estrutural, já que consegue proporcionar a melhor

reprodução das cores de pigmentos e ainda possibilita o emprego destes concretos visando fins estruturais.

#### 4. Considerações finais

Através dos resultados apresentados, pode-se afirmar que houve o cumprimento dos objetivos inicialmente propostos ao avaliar o efeito de diferentes cores de pigmento na resistência mecânica do concreto pós-reativo.

Como esperado, houve um pequeno decréscimo na resistência mecânica dos CPR com adição de pigmento, o que é explicado pelo elevado teor utilizado (6%). Além disso, quando comparado ao  $T_{REFERÊNCIA}$ , o  $T_{VERMELHO}$  foi o que apresentou menor decréscimo dentre os demais traços, comportamento esse justificado pela maior quantidade de óxido de ferro na composição química do pigmento em questão.

Já em relação à estética dos corpos de prova, em decorrência do tipo de aglomerante utilizado, as cores não foram representadas com tanta fidelidade assim. Contudo, mesmo diante do exposto, pode-se afirmar que a cor vermelha apresentou vigor superior dentre as demais. Uma alternativa para que este concreto fosse esteticamente mais aceitável e ainda pudesse ser utilizado em elementos estruturais seria a utilização de cimento Portland branco estrutural.

Portanto, é possível verificar o efeito de alguns dos pigmentos disponíveis no mercado na resistência mecânica do concreto pós-reativo, mostrando aptidão ao atender questões arquitetônicas e estruturais além de possibilitar, dessa forma, o emprego de materiais alternativos na construção civil.

#### Referências

**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, 2006.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland*. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. *NBR 5739: Concreto – Ensaio a compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. *NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 23: Cimento portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 53: Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 2009.

**BONNEAU, O.; POULIN, C.; DUGAT, J.; RICHARD, P.; AITCIN, P. C.** *Reactive powder concretes: from theory to practice*. Concrete International. v. 18, n. 4, p. 47-49, Apr, 1996.

**CHRIST, R.** *Desenvolvimento de compósitos cimentícios avançados à base de pós-reativos com misturas híbridas de fibras e reduzindo impacto ambiental*. São Leopoldo, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2014.

**CONCEIÇÃO, L. B.** *Estudo da tecnologia e aplicação do concreto colorido em habitações de interesse social*. Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

**FUNK, J. E.; DINGER, D. R.** *Particle packing, part II: review of packing of polydisperse particle systems*. In: Interceram, 1992.

**HARTMANN, C. et al.** *Aditivos Químicos para concretos e cimentos*. Concreto: Ciência e Tecnologia. G. C. Isaia. 1. Ed. São Paulo, IBRACON, 2011.

**OLIVEIRA, I. R.; STUDART, A. R.; PILEGGI, R. G.; PANDOLFELLI, V. C.** *Dispersão e empacotamento de partículas: princípios e aplicações em processamento cerâmico*. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, 2000.

**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.

**RICHARD, P.; CHEYREZY, M.** *Composition of reactive powder concretes*. In: *Cement and Concrete Research*, vol. 25, n. 07, oct, 1995, p.1501-1511.

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

**SERAFIM, D.; LICETTI, J.** *Análise do desempenho de três tipos de cimento no concreto de pós-reativos*. 2012, 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

**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 – CONTECC. Fortaleza, 2015.

**TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P.** *Concreto de alto e ultra alto desempenho*. *Concreto: ciência e tecnologia*. 1 ed. São Paulo. Ibracon, 2011, p. 1283-1325. v.2.

**VANDERLEI, R. D.** *Análise Experimental do Concreto de Pós Reativos: Dosagem e Propriedades Mecânicas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.