



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PAVIMENTOS  
DE CONCRETO COM USO DE PIGMENTOS: ESTUDO DE CASO NO  
AMBIENTE AMAZÔNICO**

**Cíntia Sayuri Rosa Nanba  
Paulo Adinamar Garcês de Lima**

**Belém - PA  
Fevereiro/2026**

**CÍNTIA SAYURI ROSA NANBA  
PAULO ADINAMAR GARCÊS DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PAVIMENTOS  
DE CONCRETO COM USO DE PIGMENTOS: ESTUDO DE CASO NO  
AMBIENTE AMAZÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso, na forma de artigo científico, apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Profa. Dra. Isaura Nazaré Lobato  
Paes

**CÍNTIA SAYURI ROSA NANBA  
PAULO ADINAMAR GARCÊS DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PAVIMENTOS  
DE CONCRETO COM USO DE PIGMENTOS: ESTUDO DE CASO NO  
AMBIENTE AMAZÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso, na forma de artigo científico, apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

**Examinadores:**

---

Professora Dr(a). Isaura Nazaré Lobato Paes  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Orientadora

---

Professor Dr(a). Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Membro da banca

---

Professor Dr(a). Mariana Domingues Von Paumgarten  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Membro da banca

## RESUMO

O concreto pigmentado tem sido empregado em pavimentos urbanos como alternativa que associa desempenho mecânico e integração estética ao ambiente construído. Entretanto, em regiões com condições climáticas severas, como a Amazônia, a estabilidade superficial e a uniformidade da coloração podem ser influenciadas pela exposição ambiental e pelo desgaste por abrasão. Este trabalho avaliou o comportamento mecânico e a estabilidade estética de concretos pigmentados nas cores amarela e vermelha, aplicados em calçadas e ciclovias de um parque linear localizado em Belém/PA. Foram analisados ensaios de resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias, totalizando 110 corpos de prova para o concreto vermelho e 84 para o amarelo, além de avaliação visual qualitativa aos 28, 56 e 150 dias. Os resultados indicaram atendimento ao  $F_{ck}$  de 30 MPa e coeficientes de variação próximos a 10% sendo observado desbotamento progressivo associado às condições climáticas e à abrasão superficial.

Palavras-chave: Concreto pigmentado; Pavimento urbano, Resistência à compressão; Desbotamento; Clima amazônico

## ABSTRACT

Pigmented concrete has been widely used in urban pavements as a solution that combines mechanical performance and aesthetic integration within the built environment. However, in regions with severe climatic conditions, such as the Amazon, surface stability and color uniformity may be affected by environmental exposure and abrasive actions. This study evaluated the mechanical performance and aesthetic stability of yellow and red pigmented concretes applied to sidewalks and bike lanes in a linear park located in Belém, Brazil. Compressive strength tests were conducted at 7, 14 and 28 days, totaling 110 specimens for the red concrete and 84 for the yellow concrete, in addition to qualitative visual assessment at 28, 56 and 150 days. The results showed compliance with the specified compressive strength of 30 MPa and coefficients of variation around 10%, while progressive color fading was observed due to climatic exposure and surface abrasion.

Keywords: Pigmented concrete; Urban pavement; Compressive strength; Color fading; Amazon climate.

## 1. INTRODUÇÃO

O pavimento de concreto é amplamente empregado em obras de infraestrutura urbana em razão de sua elevada durabilidade, resistência mecânica e desempenho estrutural ao longo da vida útil (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016). Além dos requisitos estruturais, observa-se, nos últimos anos, uma crescente valorização de aspectos estéticos e de integração arquitetônica nos espaços urbanos, o que tem impulsionado a utilização de concretos pigmentados em áreas públicas e empreendimentos de caráter paisagístico (CARVALHO, 2002; PASSUELO, 2014).

A adição de pigmentos ao concreto, constituídos por óxidos de ferro, possibilita a obtenção de diferentes tonalidades sem a necessidade de revestimentos adicionais, preservando o caráter monolítico do pavimento. Entretanto, a incorporação desses materiais pode influenciar negativamente as propriedades mecânicas do concreto, sobretudo, em função da necessidade de maiores relações água/cimento, uma vez que, o pigmento em seu estado anidro apresenta elevada superfície específica e; na microestrutura da matriz cimentícia, por meio do acréscimo na formação de portlandita (CARDOSO *et al.*; 2025 e DA SILVA *et al.*; 2025)

Neste contexto, Neville (2016) destaca que, modificações na composição do concreto podem impactar em seu desempenho, especialmente, quando interferem nos processos de hidratação do cimento ou na dificuldade para dispersão das partículas sólidas que tende a propiciar o fenômeno da coalescência e, futuramente, manifestações patológicas como, por exemplo, as delaminações no piso acabado.

Quando corretamente dosado, o concreto pigmentado pode apresentar desempenho mecânico semelhante ao do concreto convencional, desde que, respeitados limites adequados de teor de pigmento e controle tecnológico (PIOVESAN, 2009; HARTMANN & BENINI, 2011), entretanto, aspectos relacionados à durabilidade e ao desempenho superficial tornam-se especialmente relevantes em concretos com superfície exposta, como os pavimentos urbanos.

Esses elementos estão sujeitos à ação direta de agentes ambientais e mecânicos, tais como: radiação solar, variações térmicas, chuvas frequentes e ações abrasivas decorrentes do tráfego de pedestres, ciclistas e outros. Tais fatores promovem o

desgaste progressivo da camada superficial do concreto afetando seu acabamento e aparência, ao longo do tempo (NEVILLE & BROOKS, 2013; NEVILLE, 2016).

Em relação à retração do concreto endurecido (ZHANG *et al.*, 2013), a cinética de secagem não ocorre de forma uniforme ao longo da seção transversal do elemento, sendo mais intensa nas regiões próximas à superfície do que no núcleo. Em função disso, a relação superfície/volume (S/V) desempenha papel fundamental na taxa de perda de umidade, de modo que elementos de menor espessura, por apresentarem maior relação S/V, tendem a secar mais rapidamente (ZHANG *et al.*, 2013). Esse comportamento favorece o desenvolvimento de gradientes de umidade entre a superfície e o interior do concreto, resultando em tensões de retração mais elevadas na camada superficial, o que aumenta a propensão ao surgimento de fissuras superficiais e pode levar ao empenamento de lajes, especialmente em elementos planos e de pequena espessura (ZHANG *et al.*, 2013).

Considerando os aspectos relacionados às condições ambientais, esses tornam-se fundamentais quando se trata, em especial, da região Amazônica. Esta é caracterizada por altas temperaturas, umidade elevada e chuvas frequentes e, como os pavimentos pigmentados estão constantemente expostos a fatores que favorecem, dentre outros, o seu manchamento, perda de uniformidade da cor (desbotamento) e infiltrações, atrelado às suas condições de uso (ações abrasivas), vê-se que pode ocorrer não somente o comprometimento de sua estética, mas, também, sua integridade estrutural, ao longo do tempo (CONSANI, 2022; SILVA *et al.*, 2025).

Diante desse contexto, esta pesquisa tem por objetivo principal avaliar o desempenho mecânico e a estabilidade estética (desbotamento), ao longo do tempo, de concretos pigmentados nas colorações amarela e vermelha, aplicados na execução de pavimentos de calçadas e ciclovias em um parque linear implantado no centro da cidade de Belém/PA. A escolha desse empreendimento, como estudo de caso, justifica-se por se tratar de uma obra de infraestrutura urbana com elevado fluxo de pedestres e ciclistas, inserida em ambiente com intensa exposição às condições climáticas típicas da região amazônica. As idades avaliadas nos ensaios de resistência à compressão axial foram 7, 14 e 28 dias, enquanto a estabilidade

estética foi analisada aos 28, 56 e 150 dias, considerando-se a ocorrência de fissuras e desbotamento (análise visual qualitativa).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A composição do concreto foi definida a partir dos seguintes materiais: cimento Portland cinza estrutural (CP II-Z-40), areia natural, brita 0, pigmentos inorgânicos (amarelo e vermelho), aditivos (estabilizador de hidratação, plastificante e superplastificante), microfibras de polipropileno (PP) de 12mm e água potável. A caracterização dos materiais é apresentada a seguir.

#### 2.1.1. Cimento Portland CP II-Z-40

O cimento utilizado neste estudo foi o CP II-Z-40, caracterizado por apresentar material pozolânico que melhora a durabilidade e reduz a permeabilidade. As principais propriedades físicas e químicas deste estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização física e química do CP II-40-Z

<b>Análise Física</b>					
<b>Característica determinada</b>		<b>Método de ensaio</b>		<b>Resultados</b>	
Massa específica		NBR 16605 (ABNT, 2017)		3,03 g/cm <sup>3</sup>	
Área de superfície Blaine		NBR 16372 (ABNT, 2015)		509,4 m <sup>2</sup> /kg	
Tempo de pega		NBR 16607 (ABNT, 2018)		> 60 minutos	
<b>Análise Química</b>					
Clínquer	Fíler Calcário	Cl	SO <sub>3</sub>	Perda ao fogo	Resíduo Insolúvel
0,750 - 0,900	0,000 - 0,050	< 0,001	< 0,030	0,050	0,050

Fonte: Fabricante do cimento (2024)

#### 2.1.2. Areia natural

Foi utilizada areia natural como agregado miúdo na composição do concreto. A caracterização deste material envolveu a determinação da massa específica, massa unitária e do índice de vazios, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização física da areia segundo normas ABNT.

<b>Característica determinada</b>	<b>Método de ensaio</b>	<b>Resultados</b>
Massa específica (ME)	NBR 16916 (ABNT, 2015)	2620 g/cm <sup>3</sup>
Massa unitária (UM)	NBR 16972 (ABNT, 2020)	1574 g/cm <sup>3</sup>
Índice de vazios	NBR 16972 (ABNT, 2020)	40%

Fonte: Fabricante do cimento (2025).

### 2.1.3. Agregado graúdo - Brita 0

Para a produção do concreto do pavimento foi utilizada brita 0 cuja caracterização encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização física da brita 0 segundo normas ABNT.

<b>Característica determinada</b>	<b>Especificação / parâmetro</b>	<b>Resultados</b>
Massa específica real (MER)	kg/m <sup>3</sup>	2651,0
Absorção de água	≤ 2,0 %	1,32 %
Dimensão máxima característica	mm	9,5 mm
Módulo de finura	-	5,70
Material pulverulento	≤ 1,0 %	0,43 %
Natureza do material	Agregado graúdo	Brita 0

Fonte: Relatório de caracterização da Concreteira – Controle Tecnológico (2024)

### 2.1.4. Pigmento (s) inorgânico(s) amarelo e vermelho

Foram utilizados os pigmentos inorgânicos, óxido de Ferro Amarelo 4920 e o óxido de Ferro Vermelho 4130S. Segundo o fabricante, esses produtos apresentam elevados poder de cobertura, o que possibilita a obtenção de coloração homogênea com menores teores de pigmento, estabilidade e, satisfatória opacidade. Os dados da caracterização estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Características físico-químicas dos pigmentos inorgânicos amarelo e vermelho

<b>Cor</b>	Amarelo	Vermelho
<b>pH</b>	3,5 - 8	
<b>Resistência à temperatura</b>	≤ 180 °C	≤ 500 °C
<b>Solubilidade em água</b>	≤ 0,3 % (insolúvel)	
<b>Aspecto</b>	Sólido (pó)	

Fonte: Fabricante (2023)

### 2.1.5. Aditivos: Estabilizador de hidratação, plastificante e superplastificante

Nos concretos foram utilizados 3 tipos de aditivos, a saber: O estabilizador de hidratação; o plastificante e um superplastificante. As principais propriedades físico-químicas dos referidos aditivos encontram-se nas Tabelas de 5 a 7, a seguir:

O aditivo estabilizador de hidratação atuou no atraso do tempo de pega do concreto, visto que possibilitou flexibilidade operacional e logística, especialmente, nas condições locais de clima quente (Tabela 5).

Tabela 5: Caracterização do aditivo estabilizador de hidratação

<b>Aspecto físico</b>	Líquido
<b>Cor</b>	Verde
<b>pH</b>	4
<b>Massa específica</b>	1,100 – 1,014 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dosagem recomendada</b>	0,1 – 1,0 % sobre a massa de cimento

Fonte: Fabricante (2025)

O aditivo plastificante atuou como redutor de água, promovendo a redução da relação água/cimento e contribuindo para a trabalhabilidade do concreto fresco (Tabela 6).

Tabela 6: Caracterização do aditivo plastificante multifuncional

<b>Aspecto físico</b>	Líquido
<b>Cor</b>	Marrom escuro
<b>pH</b>	6 – 8
<b>Massa específica</b>	1,070 – 1,110 g/cm <sup>3</sup>
<b>Viscosidade</b>	< 20 cP
<b>Dosagem recomendada</b>	0,4% – 0,6 % sobre a massa de cimento

Fonte: Fabricante (2019)

Já o superplastificante, é um aditivo sintético com a função de reduzir o consumo de água na dosagem e promover mais fluidez na dispersão do concreto. Sua aplicação pode ser realizada, durante e/ou no final da mistura. (Tabela 7).

Tabela 7: Caracterização do aditivo superplastificante

<b>Base química</b>	Polímero policarboxilato
<b>Aspecto físico</b>	Líquido
<b>Cor</b>	Marrom
<b>pH</b>	6 – 7
<b>Densidade</b>	1,09 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dosagem recomendada</b>	0,2 – 5,0 % sobre a massa de cimento

Fonte: Fabricante (2022)

#### 2.1.6. Microfibra de polipropileno (PP)

A microfibra foi empregada como reforço secundário na composição do concreto, com principal função de redução da formação de fissuras decorrentes da retração plástica nas primeiras horas após o lançamento. Além disso, segundo o fabricante, as mesmas atuam no sentido de minimizar a delaminação do pavimento, favorecendo o seu desempenho em situações de exposição à altas temperaturas. As principais características da microfibra estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Caracterização da microfibra sintética

<b>Material</b>	Polipropileno
<b>Tipo</b>	Monofilamento
<b>Cor</b>	Branca
<b>Ponto de fusão</b>	160 °C
<b>Densidade</b>	0,91 g/cm <sup>3</sup>
<b>Absorção de água</b>	Insignificante
<b>Resistência a álcalis e ácidos</b>	Excelente
<b>Dosagem utilizada</b>	0,6 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Fabricante (2022)

#### 2.1.7. Água

A água empregada na produção do concreto foi potável, fornecida pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), apresentando temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C e pH igual a 6.

## 2.2. METODOLOGIA

A metodologia de avaliação dos requisitos pré-estabelecidos para os concretos foi realizada em 5 etapas que estão descritas no Fluxograma da Figura 1.

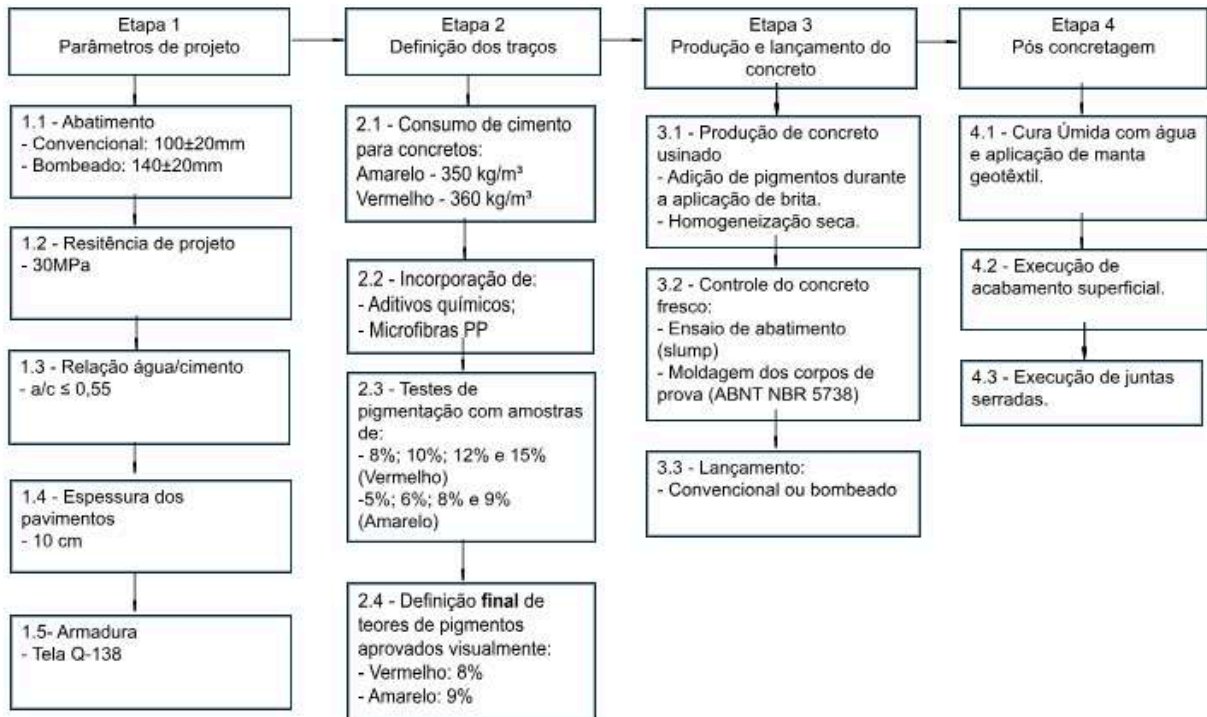


Figura 1: Fases metodológicas da pesquisa (Autores, 2026)

### 2.2.1. Etapa 1: Parâmetros de projeto

A etapa inicial estabeleceu a execução do piso sobre laje mista de aço e concreto (steel deck), com a interposição de lona plástica entre as camadas, de modo a permitir o comportamento independente entre a laje estrutural e o pavimento. A laje estrutural foi especificada com resistência à compressão de 40 MPa, enquanto o pavimento em concreto foi projetado com resistência à compressão de 30 MPa, adotando-se a relação água/cimento máxima de 0,55.

Em função das condições de execução, os ensaios de abatimentos de 100±20 mm e 140±20 mm são compatíveis com lançamento convencional e bombeado, respectivamente. Além disso, foi adotado um sistema de armadura composto por tela soldada Q-138 e barras de transferência posicionadas nas juntas de dilatação e de construção, especialmente nas transições entre o pavimento da ciclovia e as

áreas de convívio, projetando o desempenho estrutural e o controle da fissuração. O esquema de como funciona o sistema é representado (Figura 2).

Figura 2: Esquema representante de corte do piso

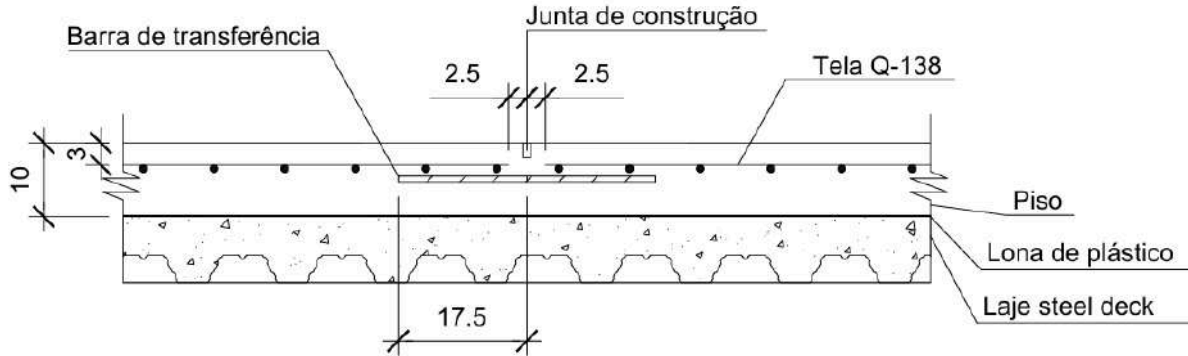


Figura 2: Esquema representante de corte do piso (Autores, 2026)

### 2.2.2. Etapa 2: Definição de traços

Nesta etapa foram definidos os consumos de cimento de  $350 \text{ kg/m}^3$  para o concreto amarelo e  $360 \text{ kg/m}^3$  para o concreto vermelho, bem como, a incorporação de aditivos químicos (estabilizador de hidratação, plastificante e superplastificante) e microfibras de polipropileno (PP). Em seguida, realizaram-se ensaios com diferentes teores de pigmento, visando à obtenção das tonalidades amarela e vermelha compatíveis com os requisitos estéticos no estado endurecido.

Os critérios para definição dos teores foram: a tonalidade mais satisfatória e a homogeneidade da coloração, considerando a interação entre a coloração cinza do cimento CP II-Z-40 e os pigmentos empregados, assim como, o desempenho do pavimento. Com base nessas avaliações foram definidos os teores finais de pigmento, correspondentes a 8% para o concreto vermelho e 9% para o concreto amarelo. A Tabela 9 apresenta os diferentes quantitativos avaliados de pigmentos.

Tabela 9: Testes de teores dos pigmentos

<b>Material</b>	<b>Teor de pigmento à mistura do concreto</b>	<b>Status da coloração</b>
<b>Óxido de ferro vermelho</b>	8%	aprovado
	10%	reprovado
	12%	reprovado
	15%	reprovado
<b>Óxido de ferro amarelo</b>	5%	reprovado
	6%	reprovado
	8%	reprovado
	9%	aprovado

Fonte: Autores (2026)

### 2.2.3. Etapa 3: Produção e controle tecnológico

Durante a produção do concreto (concreto usinado), as misturas foram executadas no misturador da usina de concreto, com dosagem controlada dos materiais. O pigmento amarelo era fornecido em sacos de 20 kg, enquanto o pigmento vermelho em sacos de 25 kg, sendo ambos dosados conforme a necessidade de volume de concreto em obra. Nos casos em que foram necessários valores fracionados, a quantidade excedente ou faltante de pigmento foi determinada por meio de balança eletrônica conforme visualiza-se na Figura 3.

Após este procedimento, os pigmentos foram incorporados ao processo por meio da esteira transportadora, simultaneamente à alimentação da brita 0. A homogeneização do pigmento com os constituintes secos, areia, brita 0, microfibras (PP) e cimento foi realizada no misturador da usina, antes da adição da água e dos três aditivos químicos.

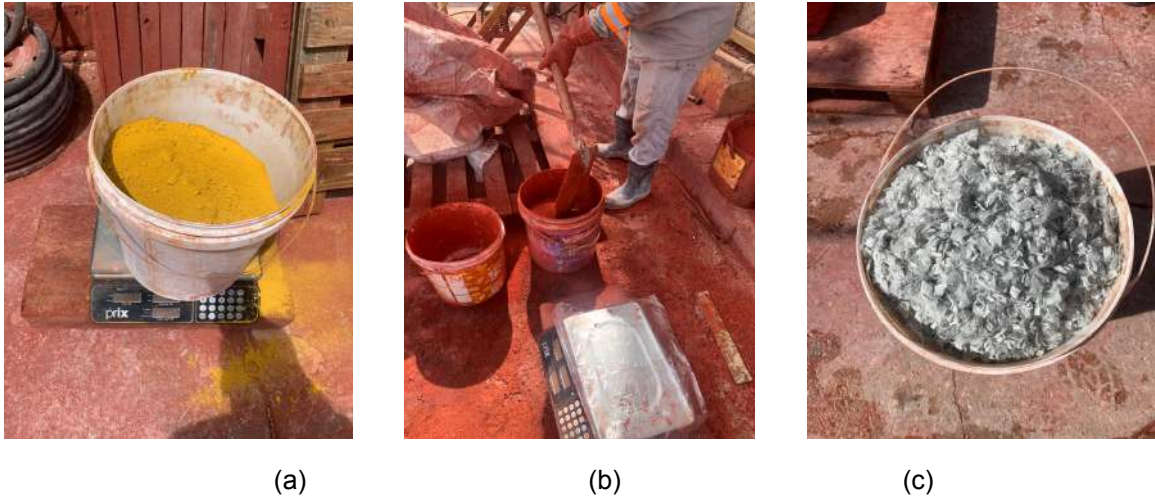


Figura 3: Dosagem do pigmento amarelo (a); Dosagem do pigmento vermelho (b); Dosagem da microfibras PP (c) (Autores, 2025)

Na obra, realizou-se o controle do concreto fresco por meio do ensaio de abatimento (Figura 4) e da moldagem dos corpos de prova, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015). O lançamento do concreto, apresentado na Figura 5, foi executado de forma convencional ou bombeada, de acordo com as condições de logística da obra.

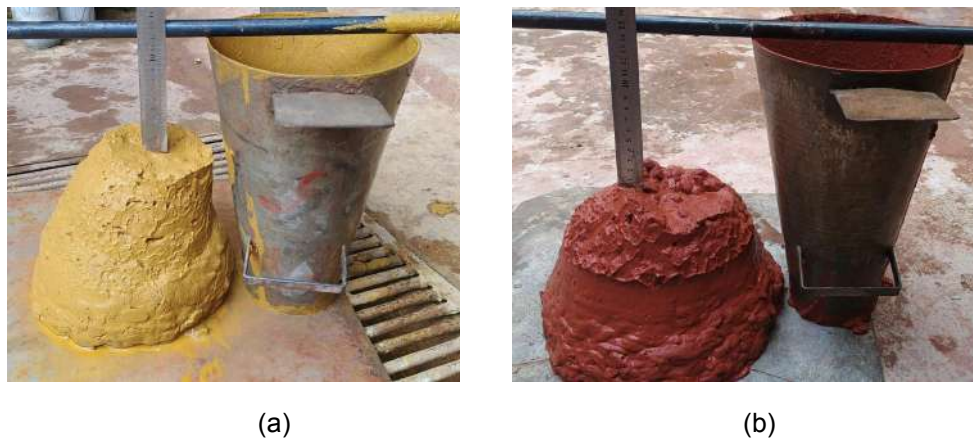


Figura 4: Ensaio com abatimento de 120 mm para o concreto amarelo (a); Ensaio com abatimento de 145 mm para o concreto vermelho (b) (Autores, 2025)



(a)

(b)

Figura 5: Lançamento de concreto amarelo com bomba-lança (a);  
Concreto vermelho após o lançamento (b) (Autores, 2025)

#### 2.2.4. Etapa 4: Pós concretagem

A Etapa 4 envolveu os procedimentos de pós-concretagem, iniciando-se pela execução do acabamento superficial dos pavimentos. Em seguida, foi adotada a cura úmida, com aplicação de água e utilização de manta geotêxtil. Posteriormente, realizou-se a execução das juntas serradas (Figura 6) com espaçamento a cada 6 (seis) metros, profundidade de 1 (um) centímetro e não houve material de enchimento. Foram feitas com a serra de corte, a fim de controlar a fissuração provocada principalmente pela retração do concreto.



Figura 6: Execução de corte das juntas serradas (Autores, 2025)

### 2.2.5. Etapa 5: Resultados das avaliações (resistência e desbotamento)

Na Etapa 5 foram analisados os resultados dos ensaios de resistência à compressão, bem como, a avaliação qualitativa do desbotamento e do surgimento de fissuras nos concretos pigmentados, considerando um período de exposição em campo de aproximadamente 6 meses após a execução dos pavimentos, tendo como base as condições de exposição e o desempenho estético e mecânico, ao longo do referido período.

Tabela 10: Ensaio de resistência à compressão

Concreto	Idade (dias)	Nº de CP's ensaiados	Fcm (MPa)	Fmin (MPa)	Fmax (MPa)	Coefficiente de variação CV (%)
Vermelho	7	110	26,3	19,6	35,4	10,81%
Vermelho	14	110	30,1	23,3	38,4	10,58%
Vermelho	28	110	35,0	30,1	46,1	10,38%
Amarelo	7	84	26,5	20,5	34,8	10,18%
Amarelo	14	84	30,1	25,7	38,3	10,36%
Amarelo	28	84	34,6	31,0	34,4	9,60%

**Fcm (MPa) = Resistência à compressão axial média.**

**Fmin (MPa) = Resistência à compressão axial mínima.**

**Fmax (MPa) = Resistência à compressão axial máxima.**

Fonte: Autores (2026)

A Tabela 11 apresenta o resumo estatístico dos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos concretos pigmentados vermelho e amarelo aos 7, 14 e 28 dias de idade. Foram realizados 110 ensaios para cada idade do concreto vermelho e 84 ensaios para o concreto amarelo. A média aritmética de resistências é representada por (Fcm), observando-se que para ambos os concretos, há um aumento progressivo da resistência com a idade, indicando comportamento esperado de resistência do concreto ao longo do tempo. A menor e maior resistência são identificadas por (Fmin) e (Fmax), respectivamente, representadas cada idade de amostra.

Aos 28 dias, ambos os concretos apresentaram  $F_{cm}$  superiores a 30 MPa, atendendo à resistência característica de projeto estabelecida para os pavimentos. O concreto vermelho atingiu resistência média de 35,0 MPa, enquanto o concreto amarelo apresentou 34,6 MPa, evidenciando que a incorporação de pigmentos nos teores adotados, não comprometeu o desempenho mecânico dos mesmos. Esses resultados estão em concordância com estudos que indicam desempenho mecânico semelhante entre concretos pigmentados e convencionais desde que, respeitados critérios adequados de dosagem e controle tecnológico (HARTMANN; BENINI, 2011; PIOVESAN, 2009).

Os coeficientes de variação em porcentagem, situam-se em torno de 10% para ambos os concretos e para todas as idades analisadas, indicando satisfatório controle tecnológico ao longo do processo de produção. Considerando o elevado número de corpos de prova ensaiados, bem como, as condições de produção em usina e lançamento em obra, esses valores são compatíveis com concretos aplicados em pavimentos urbanos, mesmo sob condições ambientais adversas como as observadas na região amazônica.

A evolução da resistência à compressão, ao longo do tempo, é ilustrada na Figura 7, na qual se observa comportamento semelhante entre os concretos vermelho e amarelo em todas as idades analisadas. Já na Figura 8, é apresentada a comparação das resistências à compressão por idades de 7, 14 e 28 dias. com base na análise estatística, sugere-se que o tipo e o teor de pigmento empregado não exerceram influência relevante sobre a resistência à compressão, resultado compatível com o observado por Neville (2016) que destaca que alterações na composição do concreto não, necessariamente, influenciam na perda de desempenho quando não interferem nos mecanismos fundamentais de hidratação.

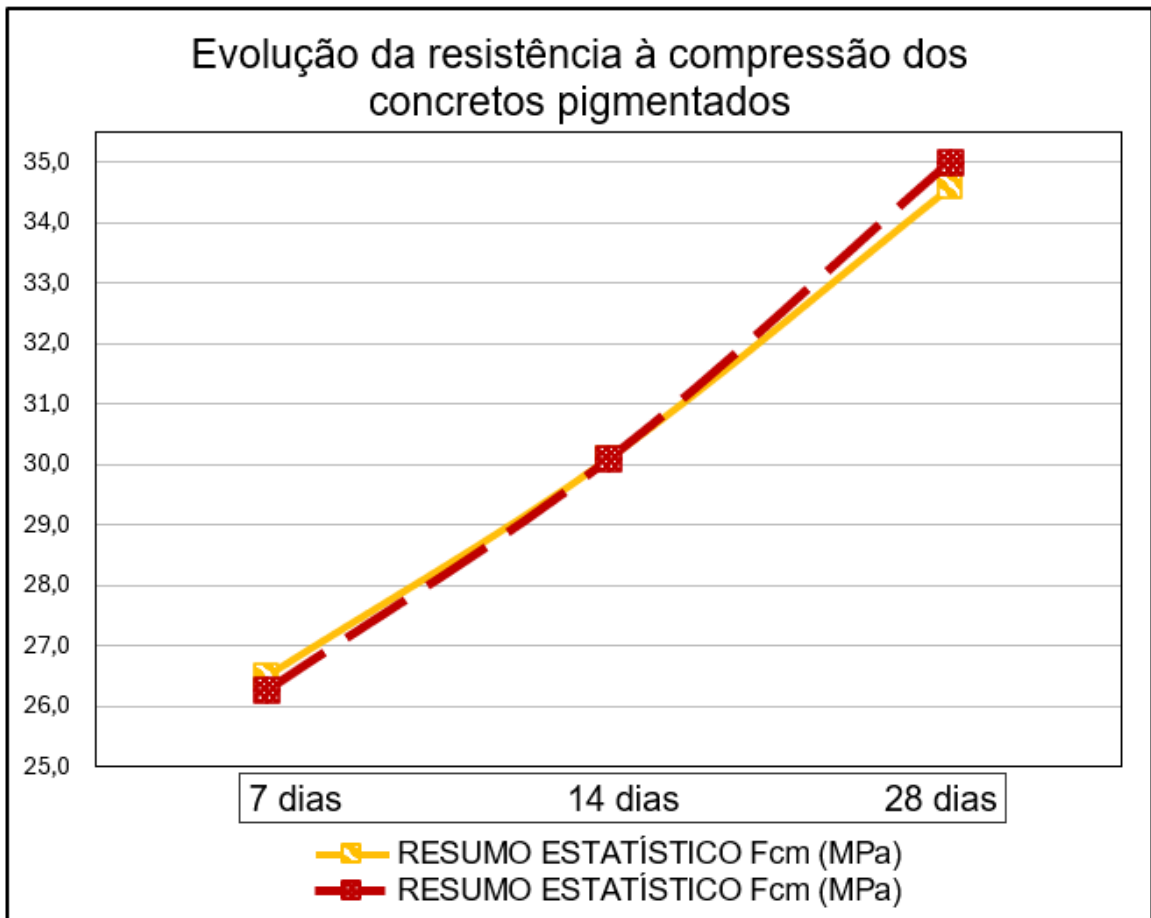


Figura 7: Evolução da resistência à compressão dos CP's (Autores, 2026).

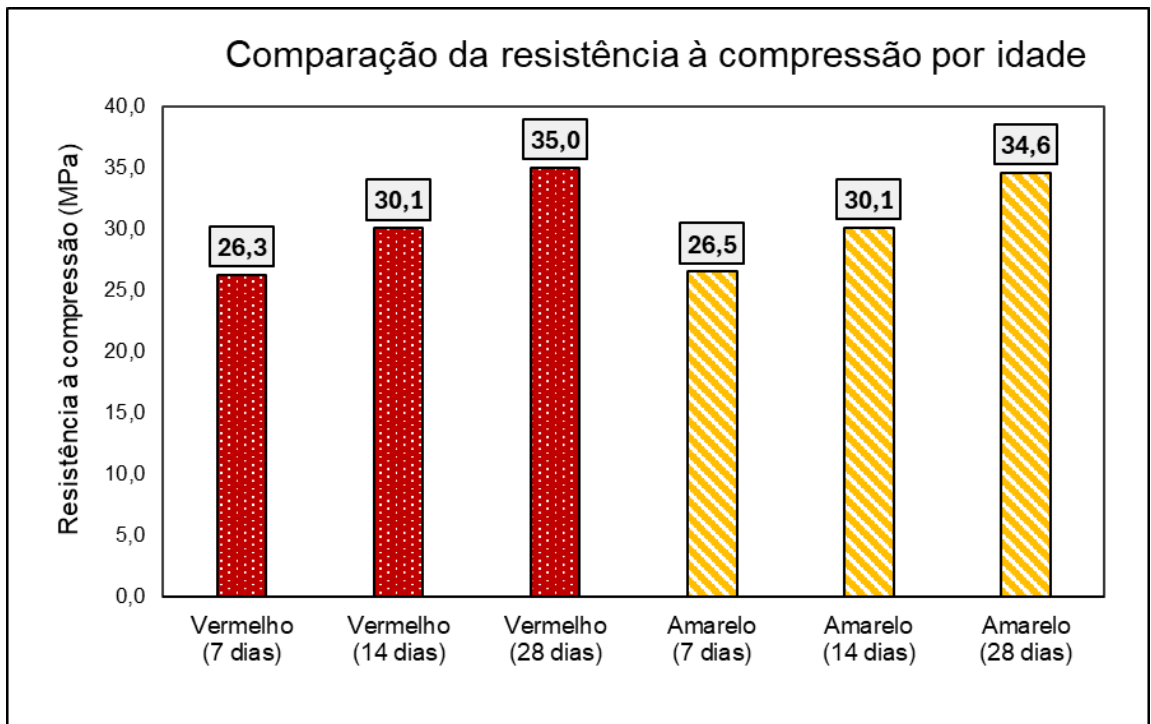


Figura 8: Comparação da resistência à compressão por idade (Autores, 2026).

Do ponto de vista da durabilidade e do desempenho superficial, embora os ensaios de resistência à compressão indiquem comportamento mecânico satisfatório, a avaliação qualitativa, em campo, evidenciou surgimento pontual de fissuras nas idades de 56 e 150 dias e, o desbotamento da cor a partir da idade de 28, com posterior avaliação aos 56 e 150 dias. Verificou-se que o desbotamento se intensificou progressivamente.

Em pavimentos de concreto com pequena espessura, como os analisados neste estudo (10 cm), a secagem ocorre de forma mais intensa nas regiões superficiais, em função da elevada relação superfície/volume (S/V), favorecendo o desenvolvimento de gradientes de umidade entre a superfície e o núcleo do elemento (ZHANG *et al.*, 2013). Esse comportamento resulta em tensões de retração mais elevadas na camada superficial, tornando o pavimento mais suscetível ao surgimento de fissuras visíveis.

Por meio da Figura 9 é possível visualizar o aparecimento de fissuras que também estão associadas às variações térmicas e deformações da estrutura, já previstas. Apesar de não comprometerem o desempenho estrutural do pavimento, essas aberturas apresentam impacto perceptível no aspecto visual, efeito que tende a ser mais evidente em concretos pigmentados com superfície exposta.



Figura 9: Surgimento de fissuras com 56 dias (Autores, 2025)

Nos pavimentos executados com concreto de pigmentação amarelo, conforme ilustrado na Figura 10, verificou-se desbotamento progressivo da coloração,

acompanhado do “afloramento” dos agregados graúdos na superfície, resultado da ação abrasiva esperada sob o piso, decorrente do tráfego de pedestres e ciclistas e, associada à lavagem superficial provocada por chuvas frequentes. A remoção gradual da camada mais rica em pasta cimentícia contribuiu para a perda de intensidade da cor e da uniformidade visual do pavimento.

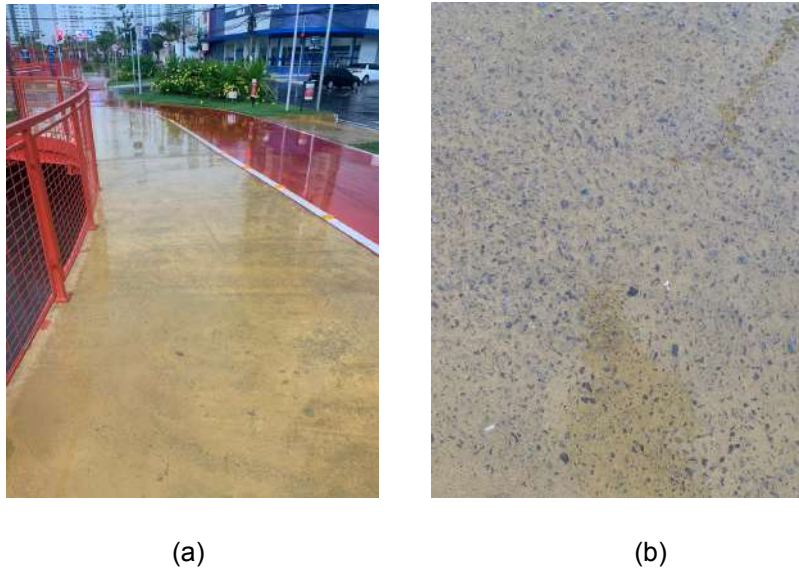


Figura 10: desbotamento do piso amarelo com idade de 150 dias (a) e (b) (Autores, 2026)

O mesmo comportamento foi observado no pavimento em concreto pigmentado com a coloração em vermelho, a partir da idade de 28 dias e com prosseguimento da análise visual qualitativa até os 150 dias, conforme mostra as imagens da Figura 11.

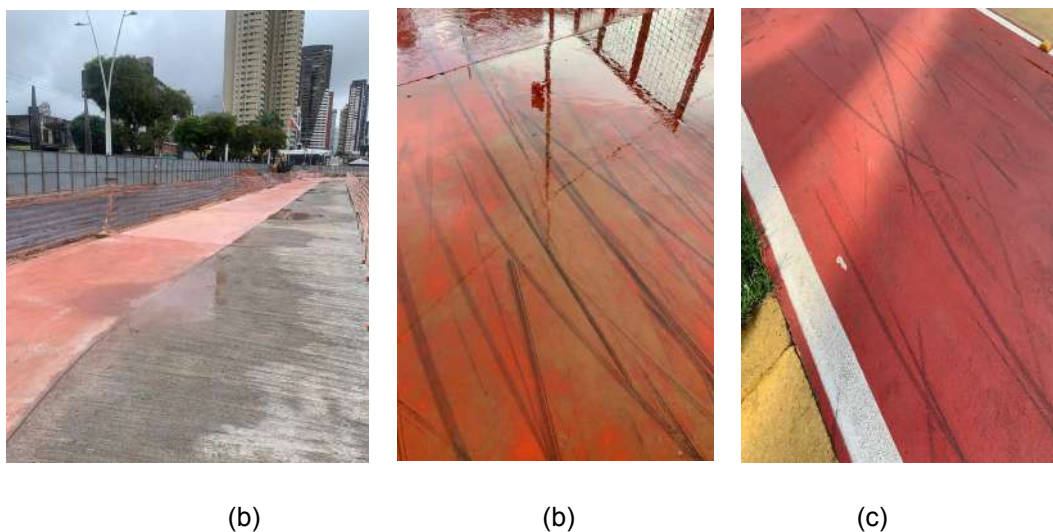


Figura 11: desbotamento do piso vermelho com idade de 28 dias (a); desbotamento do piso vermelho com idade de 150 dias (b) e (c) (Autores, 2026)

Para minimizar a questão do desbotamento foi adotada, posteriormente, a aplicação de pintura acrílica sobre a superfície do pavimento com o objetivo de restabelecer a sua uniformidade cromática. Esse fato evidencia que, embora o desempenho mecânico tenha se mantido adequado, a estabilidade estética do concreto pigmentado demandou intervenção complementar com uso de material não previsto no projeto inicial para atendimento aos requisitos visuais.

Neste sentido, Consani (2022) relata que, em ambientes caracterizados por altas temperaturas, elevada umidade e regimes intensos de precipitação, como a região amazônica, os efeitos supracitados se tornam mais evidentes, reforçando a importância da avaliação entre desempenho mecânico (compressão, flexão e abrasão) e estabilidade estética, ao longo da vida útil do pavimento.

As análises realizadas neste estudo de caso confirmaram que, em pavimentos urbanos de concreto pigmentado, os efeitos combinados do intemperismo climático e das ações abrasivas tendem a se manifestar, prioritariamente, no desempenho superficial e estético sem, necessariamente, comprometer a capacidade resistente do material.

### **3. CONCLUSÃO**

O presente estudo avaliou o comportamento mecânico e o desempenho estético de pavimentos de concreto pigmentado nas colorações amarela e vermelha, aplicados em calçadas e ciclovias de ambiente urbano da região amazônica. A partir dos ensaios de resistência à compressão e da análise qualitativa em campo, foi possível estabelecer uma relação entre o desempenho estrutural do material e as manifestações superficiais observadas ao longo do tempo.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão demonstraram que ambos os concretos pigmentados apresentaram evolução progressiva de resistência com a idade, atingindo valores médios superiores à resistência característica de projeto de 30 MPa aos 28 dias, indicando que a incorporação de pigmentos inorgânicos à base de óxidos de ferro, nos teores adotados não comprometeu o desempenho mecânico do concreto.

Do ponto de vista do desempenho superficial, a avaliação qualitativa evidenciou o surgimento de fissuras superficiais, desgaste por abrasão e desbotamento da cor, manifestações típicas de pavimentos de concreto com superfície exposta. Em elementos de pequena espessura, como os pavimentos analisados (10 cm), a elevada relação superfície/volume favorece a secagem mais intensa da camada superficial, contribuindo para o desenvolvimento de tensões de retração e para o aparecimento de fissuras, sem, contudo, comprometer o desempenho estrutural do pavimento.

Nos pavimentos executados com concreto pigmentado amarelo, observou-se desbotamento progressivo da coloração, associado ao afloramento dos agregados graúdos, decorrente da ação abrasiva do tráfego de pedestres e ciclistas, combinada com a lavagem superficial promovida por chuvas frequentes. O pavimento em concreto pigmentado vermelho, o qual demandou posteriormente a aplicação de pintura superficial para restabelecimento da uniformidade cromática, evidenciando que, embora o desempenho mecânico tenha se mantido adequado, a estabilidade estética do concreto pigmentado pode exigir intervenções complementares ao longo da vida útil.

Dessa forma viu-se que, o concreto pigmentado em regiões com condições ambientais severas, como a Amazônia, os efeitos do intemperismo climático e das ações abrasivas tendem a se manifestar de forma mais significativa no desempenho superficial e estético, reforçando a necessidade de planejamento adequado de execução, manutenção e, quando necessário, adoção de estratégias complementares para preservação da aparência ao longo do tempo.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:2015**. Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:2018**. Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655:2022**. Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16605:2017**. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248:2003**. Agregados — Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BOHRER, Roberto Mueller; NIEMCZEWSKI, Juliana A. de L. S. Concreto colorido: avaliação da tecnologia do concreto com pigmentos químicos. *Revista Concreto & Construções*, n. 115, p. 36–41, 2022.

CONSANI, Camila Pinheiro. **Concreto pigmentado: técnica, cromática e durabilidade**. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

GUIMARÃES, Ana Paula Momose. Concreto colorido: influência da adição de pigmentos e suas aplicações. In: JORNADA CIENTÍFICA MACKENZIE, 13., 2021, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

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.

ZHANG, J. et al. Drying shrinkage of concrete: mechanism and influencing factors. *Construction and Building Materials*, 2013.

SILVA, G. et al. Análise do comportamento mecânico do concreto de ultra-alto desempenho colorido com diferentes consumos de cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 66., 2025, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: IBRACON, 2025.

CARDOSO, J. et al. Desempenho do concreto de ultra alto desempenho (CUAD) com pigmentação e diferentes métodos de cura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 66., 2025, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: IBRACON, 2025.