CARMEN SILVIA SARAIVA MASSEO DE CASTRO

PARA ALÉM DAS APARÊNCIAS:
contribuição ao estudo da conservação de
superfícies arquitetônicas de concreto aparente

Design gráfico da capa: Rafael Saraiva de Castro.

Foto: acervo da equipe Conserva FAU, 2016.

Cor aplicada: L*39 a*14 b* 37 - cor do piso caramelo do edifício Vilanova Artigas, obtida por espectrofotômetro.

CARMEN SILVIA SARAIVA MASSEO DE CASTRO

**Para além das aparências:
contribuição ao estudo da conservação
de superfícies arquitetônicas de concreto aparente**

Versão corrigida da dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo-USP, como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Ciências.

Área de concentração:
Tecnologia da Construção

Orientadora:
Prof^a Dr^a Claudia T. de Andrade Oliveira

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DA AUTORA E ANUÊNCIA DA ORIENTADORA. A versão original, em formato digital, ficará arquivada na Biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 26 de junho de 2018

SÃO PAULO

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Castro, Carmen Silvia Saraiva Masseo de
Para além das aparências: contribuição ao estudo da
conservação de superfícies arquitetônicas de concreto aparente
/ Carmen Silvia Saraiva Masseo de Castro; orientadora
Claudia Terezinha de Andrade Oliveira. - São Paulo, 2018.
281 p.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de
concentração: Tecnologia da Arquitetura.

1. Concreto Aparente. 2. Concreto Histórico. 3.
Conservação do Concreto. 4. Arquitetura Moderna. I.
Oliveira, Claudia Terezinha de Andrade, orient. II. Título.

Nome: Carmen Silvia Saraiva Masseo de Castro

Título: Para além das aparências: contribuição ao estudo da conservação de superfícies arquitetônicas de concreto aparente

Dissertação de Mestrado submetida ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências. Área de concentração: Tecnologia da Construção.

Aprovada em: 18/05/2018

Banca examinadora

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Terezinha de Andrade Oliveira

Instituição: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP

Julgamento: aprovada

Profa. Dra. Claudia Suely Rodrigues de Carvalho

Instituição: Núcleo de Preservação Arquitetônica - Centro de Memória e Informação - Fundação Casa de Rui Barbosa

Julgamento: aprovada

Profa. Dra. Eliane Aparecida Del Lama

Instituição: Departamento de Mineralogia e Geotectônica Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IGc-USP

Julgamento: aprovada

Para Amaryllis, exemplo de força e determinação, e para Sylvio, por ter me inspirado com sua inteligência e ética.

AGRADECIMENTOS

Ao José e Bruno, pela paciência e incentivo, e ao Rafael, por sua contribuição no projeto gráfico da capa e no preparo das imagens.

À Prof^a Claudia de Andrade Oliveira, por sua generosidade, cuidadosa orientação, disponibilidade e por ter me dado a oportunidade de participar do projeto Getty.

Ao apoio de Ana Paula Arato Gonçalves, Rodrigo Vergili, Renata Campiotto e Tatiana Simão, pesquisadores do Plano de Gestão de Conservação do Edifício Vilanova Artigas, projeto do Keeping It Modern da Fundação Getty.

À Prof^a Eliana Del Lama que, além de ceder o espectrofotômetro do Instituto de Geociências, me orientou nos procedimentos com o equipamento.

À Prof^a Fabiana Lopes de Oliveira, que acompanhou e incentivou minha trajetória acadêmica e às suas orientandas Camila Consani, Deborah Gonçalves e Renata da Cruz, que avaliaram visualmente as amostras dos experimentos.

Às empresas Prestos Blocos e Pisos de Concreto, Adespec (Adesivos especiais) e Viapol, que doaram os materiais para os estudos experimentais e à Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto - Bloco Brasil, pelo auxílio.

À Fundação Getty, que amparou financeiramente o projeto do qual participei e que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

CASTRO, C.S.S.M. de. Para além das aparências: contribuição ao estudo da conservação de superfícies arquitetônicas de concreto aparente. 2018. 281 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RESUMO

Este trabalho pretende contribuir para o avanço nos estudos de parâmetros e procedimentos objetivos para avaliação estética de superfícies de concreto aparente e de materiais para preenchimento de lacunas neste material, de forma a atender requisitos especificados em projetos de conservação de edifícios modernos. Como objeto de estudo foi escolhido o Edifício Vilanova Artigas, sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, obra arquitetônica que apresenta as características que motivaram o assunto abordado. Pautada pelas diretrizes de conservação do patrimônio construído defendidas por entidades como o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, a reparação dos danos dessas superfícies deve manter a unidade estética da obra, reconhecida por sua cor, textura e forma. O trabalho experimental possibilitou a comparação entre as superfícies do concreto original e de amostras de argamassas cimentícias, elaboradas com diferentes traços, pigmentos, aditivos e proteção superficial. As avaliações de aparência se basearam em métodos comparativos de dados colorimétricos no sistema CIE $L^*a^*b^*$ e por método perceptual com base em escala tonal. As investigações de textura foram feitas com materiais aplicados sobre as superfícies das argamassas frescas e as de geometria por estudo analítico para reparos nas empenas do edifício estudado.

Palavras-chave: Concreto aparente. Concreto histórico. Conservação do concreto. Arquitetura moderna. Colorimetria.

ABSTRACT

This work intends to contribute to the advancement in the study of objective parameters and procedures for aesthetic evaluation of apparent concrete surfaces and materials to fill gaps in this material, in order to meet the requirements specified in conservation projects of modern buildings. The object of study was the Vilanova Artigas Building, headquarters of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo, an architectural work that presents the characteristics that motivated the subject. Guided by the guidelines of conservation of the built heritage defended by entities like International Council of Monuments and Sites, the repair of the damages of these surfaces must maintain the aesthetic unity of the work, recognized by its color, texture and shape. The surfaces of the original concrete and samples of cement mortars, elaborated with different mix design, pigments, additives and surface protection were evaluated. The appearance evaluations were based on comparative methods of colorimetric data in the CIE system $L^* a^* b^*$ and by perceptual method based on tonal scale. The texture investigations were made with materials applied on the surfaces of the fresh mortars and those of geometry by analytical study for the conservation of the studied building.

Keywords: Exposed concrete. Historic concrete. Concrete conservation. Modern architecture. Colorimetry.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 OBJETIVO E OBJETO	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 LIMITES DA DISSERTAÇÃO.....	19
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
2 CONCRETO APARENTE HISTÓRICO E SUA CONSERVAÇÃO	23
2.1 VALOR	24
2.2 CONSERVAÇÃO.....	28
2.3 EXPERIÊNCIAS EM CONSERVAÇÃO DO CONCRETO APARENTE HISTÓRICO	38
2.3.1 CASOS DE CONSERVAÇÃO DE SUPERFÍCIES DE CONCRETO APARENTE HISTÓRICO	39
2.3.1.1 O caso do <i>Promontory Building</i> de Mies van der Rohe (Chicago, 1949).....	39
2.3.1.2 O Caso do <i>National Theatre de Denys Lasdun</i> (Londres, 1976)	43
2.3.2 ESTUDOS PARA CONSERVAÇÃO DO CONCRETO APARENTE.....	46
2.3.2.1 A tese de Jónatas Miguel de Almeida Valença (Lisboa, 2011)	46
2.3.2.2 A dissertação de Djanira Oliveira (Belém, 2013).....	48
2.3.2.3 A dissertação de Zhang (Johannesburg, África do Sul, 2005)	50
2.4 REQUISITOS PARA COMPATIBILIDADE ESTÉTICA DE REPAROS EM CONCRETO APARENTE HISTÓRICO	51
2.4.1 ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS	53
2.4.2 USO DE MATERIAIS ORIGINAIS	53
2.4.3 PIGMENTOS	56
2.4.4 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS.....	57
2.4.5 TEXTURA	59
2.4.6 GEOMETRIA DOS REPAROS.....	60
3 PERCEPÇÃO VISUAL, COLORIMETRIA E ESPECTROFOTOMETRIA.....	63
3.1 PERCEPÇÃO VISUAL: COR E APARÊNCIA DE COR.....	64
3.2 O OBJETO	65
3.3 O OBSERVADOR E A ANATOMIA DO OLHO.....	68
3.4 DESCRIÇÃO DA COR	68

3.5	COLORIMETRIA.....	70
3.6	OBSERVADOR CIE.....	73
3.7	ILUMINAÇÃO CIE.....	74
3.8	TOLERÂNCIA E COMPARAÇÃO ENTRE CORES.....	74
3.9	METAMERISMO	75
3.10	ESPECTROFOTOMETRIA EM COMPRIMENTOS DE ONDAS VISÍVEIS	76
3.10.1	COLORÍMETROS TRISTÍMULOS E ESPECTRAIS	77
3.10.2	USO DA COLORIMETRIA APLICADA EM ROCHAS E MATERIAIS CIMENTÍCIOS.....	78
3.11	AVALIAÇÃO DE DIFERENÇA DE COR POR MÉTODO VISUAL	83
3.11.1	AVALIAÇÃO DE COR COM ESCALA ACROMÁTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	85
3.11.2	AVALIAÇÃO DA APARÊNCIA SUPERFICIAL DO CONCRETO APARENTE.....	88
4	O EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS E SUAS EMPENAS.....	91
4.1	O EDIFÍCIO	92
4.2	AS EMPENAS.....	94
4.3	O ESTUDO CROMÁTICO DO CONCRETO APARENTE DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO	
	VILANOVA ARTIGAS	100
4.3.1	A COR DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO NO TEMPO.....	100
4.3.2	A OBRA RECÉM-CONSTRUÍDA (1969)	101
4.3.3	NA DÉCADA DE 1970.....	104
4.3.4	IMAGEM DA DÉCADA DE 1980 E 1990	104
4.3.5	EM 1990 E 2000	105
4.3.6	EM 2010.....	107
4.3.7	APÓS AS REFORMAS E EM 2018	109
4.4	A CONSERVAÇÃO DAS EMPENAS	110
4.5	A INTERVENÇÃO EM SUAS EMPENAS DE 2012 A 2015	111
4.6	CORTE E GEOMETRIA DOS REPAROS	118
4.7	ENQUETE SOBRE A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS A RESPEITO DAS EMPENAS	
	REFORMADAS.....	118
4.8	ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA INTERVENÇÃO.....	120
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	123
5.1	ESTUDO PILOTO	124

5.2	ESTUDO <i>IN LOCO</i>	128
5.3	ESTUDO EXPERIMENTAL	133
5.3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	134
5.3.2	PREPARO E APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS	135
5.3.3	PRIMEIRO CICLO DE CONFEÇÃO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSA.	138
5.3.4	SEGUNDO CICLO DE CONFEÇÃO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSA	140
5.3.5	AValiação COMPARATIVA COLORIMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO 2º CICLO	143
5.3.6	AValiação VISUAL COMPARATIVA ENTRE PADRÃO E AMOSTRAS DE ARGAMASSA DO 2º CICLO	144
5.3.7	UMIDADE SUPERFICIAL DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSA DO 2º CICLO	148
5.3.8	EXPERIMENTO PRÁTICO NAS EMPENAS DE CONCRETO	148
5.4	ESTUDOS ANALÍTICOS SOBRE A GEOMETRIA DOS REPAROS	152
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	155
6.1	DO ESTUDO PILOTO	156
6.1.1	COLETA DE DADOS COLORIMÉTRICOS COM COLORÍMETRO TRISTÍMULO EM SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	156
6.1.2	COLETA DE DADOS COLORIMÉTRICOS COM COLORÍMETRO ESPECTRAL EM SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	160
6.2	DO ESTUDO <i>IN LOCO</i>	162
6.3	DO ESTUDO EXPERIMENTAL	166
6.3.1	PRIMEIRO CICLO DE AMOSTRAS	166
6.3.1.1	Avaliação colorimétrica	166
6.3.1.2	Avaliação visual	171
6.3.2	SEGUNDO CICLO DE AMOSTRAS	173
6.3.2.1	Análise colorimétrica comparativa entre as superfícies das amostras de argamassas com diferentes tipos de proteção superficial.	175
6.3.2.2	Análise colorimétrica entre a superfície de concreto aparente (padrão) e as amostras de argamassas com e sem proteção superficial.	177
6.3.2.3	Avaliação visual	179
6.3.2.4	Influência da umidade retida na superfície na aparência das argamassas	182
6.3.2.5	Aplicação prática dos procedimentos propostos nas empenas do edifício Vilanova	Artigas 184
6.3.3	ESTUDO DA GEOMETRIA DOS REPAROS NA FACHADA DO EDIFÍCIO	185

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 191

7.3 NA IDENTIFICAÇÃO DE APARÊNCIA DAS SUPERFÍCIES ORIGINAIS E DE ARGAMASSAS CIMENTÍCIAS	193
7.4 NA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS SOBRE APARÊNCIA DAS ARGAMASSAS	194
7.3 NOS PROCEDIMENTOS DE CONFEÇÃO DE AMOSTRAS	194
7.4 NA COMPARAÇÃO COLORIMÉTRICA E VISUAL	195
7.5 NA GEOMETRIA	196
7.6 SUGESTÕES PARA CONTINUAÇÃO DA PESQUISA	196

8 REFERÊNCIAS..... 199

APÊNDICE A - ENQUETES DE OPINIÃO SOBRE ESTÉTICA DAS FACHADAS PÓS-INTERVENÇÃO..... 209

APÊNDICE B - ESTUDO PILOTO DADOS COLORIMÉTRICOS DO CONCRETO OBTIDOS COM COLORÍMETRO TRISTÍMULO..... 213

APÊNDICE C - ESTUDO PILOTO-DADOS COLORIMÉTRICOS DO CONCRETO OBTIDOS COM ESPECTROFOTÔMETRO 235

APÊNDICE D - DADOS COLORIMÉTRICOS DO CONCRETO DAS EMPENAS OBTIDOS COM COLORÍMETRO TRISTÍMULO 245

APÊNDICE E - PRIMEIRO CICLO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSAS FORMULAÇÕES E DADOS COLORIMÉTRICOS 255

APÊNDICE F - SEGUNDO CICLO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSAS FORMULAÇÕES E DADOS COLORIMÉTRICOS 265

APÊNDICE G - SEGUNDO CICLO DE ARGAMASSAS – UMIDADE SUPERFICIAL - DADOS COLORIMÉTRICOS 273

APÊNDICE H - AVALIAÇÃO VISUAL 277

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação aborda assuntos relacionados a procedimentos objetivos para atendimento de requisitos estéticos nos projetos de intervenção em superfícies de concreto aparente de edifícios do patrimônio moderno.

As empenas externas do edifício Vilanova Antigas, sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), foram suporte para as investigações da aparência à conservação deste tipo de material.

O edifício foi projetado a partir de 1959 pelos arquitetos João Batista Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi e construído entre 1967 e 1969. É sede da FAUUSP e é reconhecido exemplar da arquitetura moderna paulista e brasileira. Desta maneira, sua superfície externa foi tomada como importante representação do concreto aparente da arquitetura produzida nos contextos histórico e arquitetônico escolhidos.

O edifício apresenta problemas típicos das construções em concreto aparente da arquitetura moderna produzidas a partir da segunda metade do século XX, como outros exemplos de construções brasileiras, como o edifício do Museu de Arte do Rio de Janeiro (MAM-RJ) de autoria do arquiteto Affonso Eduardo Reidy, projeto de 1953 (COSTA, 2013), ilustrado na Figura 1 e o do Museu de Arte de São Paulo da arquiteta Lina Bo Bardi, inaugurado em 1968 (GIANECCHINI, 2009, p.105), que pode ser visto na Figura 2. No exterior, há o icônico e pioneiro projeto de Le Corbusier, a Unité d'Habitation em Marselha, concebido em 1945 (FONDATION LE CORBUSIER, 2018), representado na Figura 3.

FIGURA 1 - MUSEU DE ARTE DO RIO DE JANEIRO. ARQUITETO AFFONSO EDUARDO REIDY (PROJETO DE 1953)

FONTE: [HTTP://VISIT.RIO/QUE_FAZER/MAM/](http://visit.rio/que_fazer/mam/)

FIGURA 2 - MUSEU DE ARTE DE SÃO PAULO. ARQUITETA LINA BO BARDI (INAUGURAÇÃO EM 1968)

FONTE: [HTTP://WWW.SP-TURISMO.COM/FOTOS/MASP.HTM](http://www.sp-turismo.com/fotos/masp.htm)

*FIGURA 3 - UNITÉ d'HABITATION EM MARSELHA, ARQUITETO LE CORBUSIER
(PROJETO DE 1945)*

FONTE: PAUL KOZLOWSKI 1997 (FONDATION LE CORBUSIER)

As superfícies do Edifício Vilanova Artigas são de concreto exposto, que se degradaram continuamente por mais de 40 anos por falta de proteção, manutenção e pelas suas características de produção. As experiências nas intervenções para conservação deste sistema, finalizadas em 2015, e seus resultados forneceram importante aprendizagem para o desenvolvimento dos estudos experimentais da pesquisa que pautaram esta dissertação.

A deterioração e a consequente necessidade de intervenções para conservação desta arquitetura têm estimulado discussões e esforços dos profissionais e estudiosos do campo disciplinar da conservação para o desenvolvimento de métodos que auxiliem a escolha de materiais e procedimentos para mantê-los, sob critérios teóricos e práticos, e que possam preservar seus valores históricos, culturais e arquitetônicos.

Grandes são os desafios encontrados na investigação de técnicas não destrutivas para conhecer e conservar o material emblemático dessas obras, o concreto armado, empregado de forma aparente, sem acabamentos.

Segundo Heinemann (2013, p. iii), o início da história da produção do concreto se dá no Império Romano e após seu declínio, e somente no século XIX sua aplicação foi retomada em larga escala. A autora classifica o concreto histórico como aquele produzido a partir do século XIX e início do século XX. Gaudette e Slaton (2007), em *Preservation of Historic Concrete*, esclarecem que a adoção do termo concreto histórico em seu trabalho se refere ao material utilizado em construções de estruturas de interesse histórico, arquitetônico ou de engenharia, sejam essas estruturas antigas ou relativamente novas. No presente trabalho, o material produzido de forma aparente no contexto da arquitetura moderna, principalmente em produções realizadas após a segunda guerra mundial, possuidor de valor pelas inovações construtivas, tecnológicas e arquitetônicas aos quais está vinculado como referencial construtivo e estético, será chamado de concreto aparente histórico.

Ao envelhecer e se deteriorar, a causa predominante de descaracterização desse material é a perda de tecido superficial provocada, predominantemente, pela corrosão de armadura induzida por carbonatação ou por ação de cloretos na massa cimentícia. Este processo é dependente, entre outros fatores, das propriedades da superfície do concreto. A vulnerabilidade do material do edifício estudado é atribuída às características intrínsecas da camada de cobrimento das armaduras: sua pequena espessura, elevada porosidade e baixa resistência à entrada de ar e água (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

A partir da correlação entre as condições de exposição e as propriedades do concreto armado, foi possível prosseguir na compreensão dos mecanismos de degradação do material e das manifestações

patológicas decorrentes da interação com o meio ambiente. Os reflexos do avanço do conhecimento da produção de concretos estão consolidados na norma brasileira de projeto de estruturas de concreto armado, a NBR 6118 de 2004 e de sua revisão em 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS DE NORMAS, 2014). As recomendações são relacionadas à resistência do concreto, relação água-cimento, cobrimento da armadura, limite de fissuração, entre outros parâmetros.

No entanto, à época da concepção e produção das edificações mencionadas, as normas para projeto do concreto armado, incluindo a norma NB 1- Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado (1960), ainda não abordavam questões relacionadas à vida útil e de manutenção das estruturas, o que justifica a precária condição em que algumas obras se encontram, na maioria dos casos agravada pela falta de manutenção.

As técnicas atuais de reparo do concreto apresentam procedimentos já consolidados na engenharia civil, que visam, entre outros parâmetros, a corrigir a insuficiência de proteção da camada de cobrimento da armadura mediante o aumento da espessura e aumento da compacidade e redução da permeabilidade dessa camada. No entanto, nas obras de conservação do concreto aparente histórico, face à recomendação de manter a espessura e a textura e, portanto, as características de superfície da camada de cobrimento da armadura, as condições favoráveis à deterioração se mantêm, perpetuando os ciclos de manutenção reativa. Por isso, estudiosos reafirmam que, decorridas mais de duas décadas do início das campanhas de reparos na arquitetura em concreto aparente do século XX, ainda há lacunas no conhecimento e na prática da conservação do concreto aparente histórico, como as apontadas pelo relatório do Getty

Conservation Institute¹, organizado por Custance-Baker e MacDonald (2014).²

A outra questão a ser enfrentada na aplicação prática desses reparos tem relação com o atendimento dos requisitos estéticos próprios de uma obra de conservação, notadamente quanto aos atributos cromáticos, textura e à geometria dos reparos. Ainda não há soluções apropriadas quanto a métodos e materiais que atendam às condições previstas nesses projetos.

Os conceitos para conservação e restauração estrutural de patrimônios arquitetônicos constam nas diretrizes do International Council of Monuments and Sites (ICOMOS, 2003). Além de estabelecerem indicações como, por exemplo, a necessidade de abordagem multidisciplinar e importância na segurança, as recomendações sugerem a implantação de etapas precisas para conhecimento dos dados significativos como as causas dos danos, escolha de medidas de intervenção e controle que sejam eficientes e tenham mínimo impacto. Outro princípio é que o valor do patrimônio não é só a aparência, mas a integridade de todos os seus componentes. Os princípios preconizados pela Carta de Veneza (ICOMOS, 1964) para conservação de legados culturais, como a distinguibilidade da ação contemporânea, a mínima intervenção, a retrabalhabilidade e a compatibilidade de técnicas e materiais também vêm fundamentando a conduta para intervenções no campo da conservação da arquitetura moderna.

Sob as abordagens descritas, Heinemann (2013), em sua tese sobre concreto histórico, reconhece que é comum a falta de informações detalhadas nas propriedades do concreto das construções do século XX e

¹ O Getty Conservation Institute faz parte da norte-americana Getty Foundation e trabalha para o desenvolvimento de práticas de conservação do patrimônio do século XX.

² Custance-Baker e MacDonald (2014) organizaram publicação dedicada à conservação da arquitetura moderna em concreto ressaltando a necessidade do desenvolvimento de técnicas de reparo do concreto aparente e a subsequente avaliação de seu desempenho ao longo do tempo.

que há diferença entre o conceito de reparo do concreto e o da conservação do concreto histórico, com objetivos distintos. As técnicas de reparo do concreto, difundidas amplamente, atendem exclusivamente a aspectos técnicos e não consideram o valor do material que contribui para o significado cultural e histórico do edifício. A **conservação** do material requer abordagem diferente do **reparo** do material. A primeira pondera se há prejuízo na perda de valores patrimoniais no resultado das intervenções e indica que a escolha de procedimentos e materiais requer o conhecimento profundo das origens do processo construtivo e das causas de deterioração e que se avalie os riscos e benefícios das intervenções com vistas aos princípios da conservação de bens patrimoniais, mencionados no parágrafo anterior.

O programa de intervenção em edifícios modernos, que tenha como escopo a conservação do concreto, deve passar por etapas bem definidas e comumente levam a resultados bem-sucedidos. Por outro lado, se o programa de intervenção somente priorizar a consolidação estrutural do edifício, como nas técnicas de reparo, haverá perdas de valores patrimoniais irreversíveis.

Segundo a obra organizada por Odgers (2012), dedicada à conservação do concreto e publicada pelo *English Heritage*, o primeiro passo no tratamento do material é o diagnóstico rigoroso da causa dos danos, abrangendo o conhecimento do histórico da construção e das intervenções, o reconhecimento da importância do tecido original e o cuidado com a aparência do edifício, com intuito de não causar dano à sua imagem e unidade. Após a avaliação da causa da deterioração e escolha do tipo de tratamento das superfícies danificadas com reparos pouco profundos ou por substituição de partes, o material de reparo deve ser especialmente formulado ou modificado para atender cada projeto específico, descartando-se a padronização de fórmulas. Antes de se iniciar a contratação e execução da obra total, é importante o desenvolvimento

de testes preliminares que tenham como objetivos: (1) **facilitar a execução in situ**, para melhorar a eficiência na aplicação para viabilizar a escala e grau de dificuldade da obra; (2) propor soluções que atendam aos requisitos físicos e eletroquímicos; (3) **adotar ou adaptar métodos de dosagem, aplicação e acabamento das argamassas e concretos que atendam requisitos relacionados à aparência**; (4) reduzir custo e (5) garantir a possibilidade de manutenção em longo prazo. A partir dos resultados dos testes, é possível planejar a contratação da obra respeitando normas e diretrizes técnicas, além das exigências de segurança.

Nesse contexto, esta dissertação visa a contribuir para que os requisitos estéticos para preenchimento de lacunas em superfícies de concreto aparente de edifícios modernos sejam atendidos. Sua viabilidade foi testada em estudos experimentais que possibilitaram a avaliação e compatibilização das aparências das superfícies originais e de amostras de argamassas de acabamento superficial produzidas em canteiro. Foi necessário conhecer os fundamentos da colorimetria, da espectrofotometria e os procedimentos de avaliação visual para auxiliar a identificação e comparação de aparências de superfícies. Equipamentos de leitura de cor do tipo tristímulo, espectral e cartelas acromáticas deram apoio às comparações objetivas e qualitativas entre aparência da superfície padrão e das amostras confeccionadas.

Embora os caminhos do trabalho estejam voltados para o edifício em estudo e, apesar do reconhecimento de que as soluções prescritivas não são apropriadas aos projetos de conservação, os conteúdos teóricos e práticos desta dissertação visam a contribuir para o avanço nas técnicas que deem suporte a projetos que atentem para a estética das superfícies de materiais cimentícios, seja concreto ou argamassa.

1.1 OBJETIVO E OBJETO

O objetivo do trabalho é investigar procedimentos de apoio a projetos de conservação de superfícies de concreto aparente que possibilitem a avaliação de atributos estéticos, como a composição cromática, a partir de estudos colorimétricos e avaliações visuais, definição da textura e da geometria das argamassas de reparo ou de tratamentos superficiais para recomposição deste material em edifícios da arquitetura moderna.

O estudo das superfícies de concreto aparente das empenas do Edifício Vilanova Artigas propiciou o desenvolvimento de experimentações para materialização do objetivo proposto.

1.2 JUSTIFICATIVA

As pesquisas publicadas, voltadas para resultados estéticos das misturas utilizadas como reparo estrutural para materiais cimentícios para a conservação do concreto histórico em edifícios modernos, a despeito do seu pioneirismo e relevância, ainda não são suficientes para a consolidação de metodologia de intervenção no patrimônio moderno em concreto aparente. Além da necessidade de atendimento aos requisitos relativos à aparência, a metodologia não pode desprezar os requisitos técnicos de aderência, impermeabilidade, compatibilidade eletroquímica. Ainda há muito a ser explorado neste campo do conhecimento e de sua prática.

A arquitetura moderna tem em seu repertório formal superfícies de concreto armado aparente que, muitas vezes, são grandes e contínuos planos de fechamento, o que torna sua conservação mais desafiadora. A fragmentação visual que as intervenções pulverizadas provocam dificulta a percepção visual da unidade arquitetônica. A proposta deste trabalho

reside na compatibilização estética e de integração que estes reparos devem ter com esses espaços de superfície.

Os reparos feitos nas superfícies de concreto aparente do complexo residencial Habitat 67, do arquiteto Moshe Safdie, inaugurado em 1967 em Montreal no Canadá (HABITAT 67, 2018), têm tamanhos, cores e formatos controlados por estarem contidos em uma superfície pequena em proporção à dimensão total da construção, como ilustrado na Figura 4. Essas intervenções se dissipam visualmente, quando observados a certa distância. A recortada e dinâmica volumetria do projeto arquitetônico os integram em termos visuais, como visto na Figura 5.

FIGURA 4 - DETALHE DE REPAROS NO CONCRETO APARENTE - HABITAT 67, MONTREAL, CANADÁ

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

FIGURA 5 - VISTA DO COMPLEXO RESIDENCIAL HABITAT 67, MONTREAL, CANADÁ

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

Outro exemplo com o mesmo perfil é o conjunto de edifícios residenciais londrinos, o Alexandra Road Estate, inaugurado em 1978, projeto do arquiteto Neave Brown³. Em alguns locais de suas superfícies de concreto, a situação da aparência dos reparos se assemelha à das intervenções do Habitat 67, principalmente no conjunto de superfícies internas do complexo, que são menores, como pode ser visto na Figura 6.

³ Mais informações sobre o complexo habitacional Alexandra Road Estate podem ser obtidas em www.alexandraandainsworth.org (ALEXANDRA & AINSWORTH ESTATE TENANTS AND RESIDENTIALS ASSOCIATION, 2018).

Suas empenas laterais são extensas, como observado na Figura 7, configurando características similares às das superfícies de concreto sujeitas à conservação, propostas por esta dissertação.

FIGURA 6- SUPERFÍCIES DAS FACHADAS DAS RUAS INTERNAS DO CONJUNTO RESIDENCIAL ALEXANDRA ROAD ESTATE, LONDRES

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA, 2016

FIGURA 7 - SUPERFÍCIES DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO RESIDENCIAL DO ALEXANDRA ROAD ESTATE, LONDRES

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA, 2016

O mesmo aspecto e características do tipo de superfície de concreto aparente focados nas investigações deste trabalho são os do edifício destinado ao uso esportivo das instalações do SESC Pompéia, na cidade de São Paulo, projetado pela arquiteta Lina Bo Bardi em 1977 e inaugurado em 1982 (SESC SÃO PAULO, 2018). A imagem da Figura 8 mostra suas superfícies com intervenções pontuais de conservação.

FIGURA 8-EDIFÍCIO ESPORTIVO DO SESC POMPÉIA EM SÃO PAULO, DA ARQUITETA LINA BO BARDI (1977 A 1982)

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

O desafio está em tratar superfícies, cujos materiais constitutivos e acabamento são resultados da produção do edifício e que essas características as revestem de importância e valor por sua arquitetura. Os entraves estão relacionados a propor soluções que não as descaracterizem, mantendo a leitura do todo. Para tanto, deve-se considerar que, além da atenção à aparência superficial dos reparos, a escala de sua aplicação, isto é, tamanhos e quantidades, o controle de composição de sua mistura e procedimentos padronizados de aplicação devem ser cuidadosamente planejados.

Para desenvolvimento do trabalho, tornou-se primordial o estudo da aparência das superfícies dos reparos, que é constituída por três importantes atributos: a cor, a textura e a geometria.

O estudo da cor tem sido importante instrumento de avaliação do desempenho dos materiais utilizados na construção civil. A colorimetria, que é o estudo de dados objetivos ligados à cor conjugado à sua

percepção, tem sido aplicada no estudo de argamassas cimentícias de acabamento e de concreto branco e colorido em pesquisas recentes, principalmente no intuito de avaliar o avanço da deterioração dos materiais e análise de comprometimento de desempenho quando há a adição de pigmentos (POSITIERI, 2005).

Diversas pesquisas utilizaram notações colorimétricas para avaliar variações de aparência dos materiais, destacando-se estudos com rochas submetidas a processos de alterabilidade física e/ou química ou quando apresentam alterações de cor ao serem tratadas com agentes impermeabilizantes ou consolidantes (BENAVENTE *et al.*, 2002; GROSSI, 2013; KUZMICKAS, 2013; GROSSI, 2015). Embora sejam voltadas para o estudo da degradação do material, os resultados demonstram a validade do uso da colorimetria na obtenção de parâmetros objetivos capazes de caracterizar os principais mecanismos de interesse.

As indústrias alimentícias, de plásticos, de metais, têxteis e gráficas utilizam técnicas tradicionais para avaliação e comparação da aparência de superfícies, que exigem condições controladas⁴ (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL, 2009), como ambiente e cabine de iluminação. Essas rígidas condições inviabilizam o confronto entre amostras de materiais que se deseja utilizar como reparo e uma superfície de concreto aparente histórico, da qual não devem ser extraídos testemunhos ou amostras para esta finalidade. Dessa forma, é de interesse, no campo da conservação do patrimônio, a adaptação dos métodos de avaliação da aparência de superfícies aplicados em materiais e suportes usados na arquitetura.

⁴ A ASTM D 1729-16 Standard Practice for Visual Appraisal of Color and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials de 2009, estabelece parâmetros rígidos para comparação de padrão e amostras, dentro de ambientes fechados, sob determinada iluminação.

O uso conjugado da colorimetria e dos métodos de avaliação visual, usados em segmentos industriais, pode trazer benefícios ao estudo e conservação dos bens patrimoniais.

Quanto à geometria associada aos reparos, os trabalhos consultados trazem indicações apenas de ordem técnica para o seu desempenho e ainda é um assunto pouco explorado na influência que pode ter sobre a compatibilização estética com os tecidos originais.

O avanço e contribuições no campo de estudo proposto podem também respaldar tecnicamente especificações e avaliações de projetos de novos edifícios em concreto aparente, pigmentados ou não.

1.3 LIMITES DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação baseia-se nas premissas de conservação do concreto adotadas em uma pesquisa de maior abrangência⁵ à qual está vinculada. Uma das condições para os reparos do concreto das empenas do edifício, apresentadas no relatório final da pesquisa (PINHEIRO *et al*, 2017 A, p.116), é que devem ser feitos com uso de argamassa industrializada, à base de cimento modificado com polímeros e com retração compensada, finalizada com argamassa de acabamento, à base de cimento e areia, com espessura de aproximadamente 1 cm.

A orientação do relatório foi que a escolha das argamassas recaísse sobre aquelas que tivessem aparência mais próximas das superfícies vizinhas às lacunas, mas que não fosse uma tentativa de imitação do concreto aparente e que os reparos se tornassem menos perceptíveis na observação visual do edifício.

⁵ A pesquisa intitula-se "Subsídios para um plano de gestão de conservação do Edifício Vilanova Artigas", coordenada pela Profa. Maria Lucia Bressan Pinheiro. A pesquisa foi apoiada pela Fundação Getty com recursos do Programa Keeping It Modern (KIM), que financia projetos voltados à preservação de ícones arquitetônicos do século XX. A autora desta dissertação foi colaboradora e a orientadora foi vice-coordenadora da pesquisa.

Embora o desenvolvimento deste trabalho tenha requerido a confecção de argamassas com o objetivo de dar acabamento aos reparos estruturais de superfícies de concreto, não fazem parte do escopo desta dissertação a determinação do traço de referência das argamassas de acabamento e o aprofundamento de estudos sobre suas propriedades e compatibilidades físicas e eletroquímicas face ao concreto original. Para realização dos estudos experimentais foi adotado o traço de referência inicial de 1:3:0,6, sugerido pelos colaboradores envolvidos na pesquisa ligada ao relatório do Projeto Keeping It Modern.

Para fins do estudo da aparência dos reparos, o traço de referência usado para a produção das argamassas de acabamento foi modificado pela adição de pequenos teores de pigmentos inorgânicos e de aditivos químicos que auxiliassem a aderência e plasticidade.

Não é intenção, neste texto, discutir sobre a conservação da arquitetura moderna sob o ponto de vista teórico.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho foi estruturado em oito capítulos. A presente introdução compõe o capítulo 1.

O capítulo 2 apresenta revisão bibliográfica sobre o valor do concreto aparente na arquitetura moderna. Em seguida, foram relatadas experiências em casos e pesquisas na conservação deste material, sob abordagens diferentes, para enfrentar os desafios no atendimento aos requisitos estéticos satisfatórios em conservação do concreto aparente. Em sua última parte, foram levantados os principais produtos e procedimentos atualmente empregados para o desenvolvimento de soluções, considerando as diferenças entre a conservação e reparo do concreto aparente.

O capítulo 3 contém a revisão bibliográfica sobre percepção visual, colorimetria, espectrofotometria e procedimentos de comparação e

avaliação da aparência de superfícies, assuntos que mereceram um capítulo exclusivo por serem de interesse à conservação do concreto aparente, mas ainda pouco explorados por este campo disciplinar.

O Edifício Vilanova Artigas e suas empenas compõem tema do capítulo 4 e, como já destacado, foi o objeto escolhido para o desenvolvimento do programa experimental desta dissertação. Foi observada a aparência do conjunto desde sua inauguração, suas transformações no tempo e a situação atual.

A compreensão de como o edifício foi construído, o acompanhamento dos ensaios de caracterização do concreto de suas fachadas e do estado de corrosão de sua armadura⁶, a observação da evolução da cor e aparência das fachadas no tempo, o conhecimento das causas de deterioração de seu concreto, os detalhes do contexto e execução de sua última reforma e do estado atual permitiram visão ampliada das implicações práticas que decorrem das diretrizes das cartas patrimoniais, o que viabilizou o aprofundamento dos estudos experimentais. A intenção é que as aplicações práticas verifiquem a viabilidade e eficácia das diretrizes traçadas pela teoria.

Os procedimentos metodológicos adotados são apresentados no capítulo 5, abrangendo os ensaios desenvolvidos. O estudo piloto possibilitou o estabelecimento de parâmetros de leitura das cores da superfície cimentícia. O estudo *in loco* tratou do levantamento colorimétrico de partes das empenas do edifício estudado. O estudo experimental foi realizado com o desenvolvimento de amostras de argamassas de acabamento superficial para reparos estruturais do

⁶ O estudo aprofundado sobre o concreto das empenas deste edifício foi desenvolvido na elaboração do relatório "Subsídios para um plano de gestão de conservação do Edifício Vilanova Artigas" (PINHEIRO *et al.*, 2017 A), projeto desenvolvido por equipe de professores e pesquisadores. Este trabalho foi amparado com recursos do Projeto Keeping it Modern (KIM), da Getty Foundation, que financia projetos voltados à preservação de ícones arquitetônicos do século XX. A autora desta dissertação foi colaboradora e a orientadora foi vice-coordenadora deste projeto.

concreto armado aparente do edifício. Os atributos cromáticos e a textura foram investigados comparativamente entre amostras de argamassas e os padrões de referência do concreto das empenas. Estudos analíticos sobre a geometria dos reparos também foram desenvolvidos. O último procedimento foi o de aplicação prática da argamassa escolhida em acabamentos de reparos feitos nas empenas.

Os resultados dos procedimentos metodológicos e suas análises estão apresentados no capítulo 6. Nele estão os resultados dos parâmetros a serem aplicados para medição de cor neste tipo de superfície, a paleta de cores das empenas do edifício e como materiais e tratamentos superficiais podem influenciar na aparência do reparo.

O capítulo 7 traz as considerações finais das reflexões que o trabalho experimental e seus resultados ofereceram para procedimentos de apoio a projetos de conservação de superfícies de concreto aparente histórico. Ainda nesta parte, são sugeridos assuntos ou práticas a serem desenvolvidos em trabalhos futuros.

As referências bibliográficas compõem o oitavo capítulo, que relaciona todas as fontes citadas e consultadas.

Para complementar a compreensão mais detalhada dos resultados, oito apêndices apresentam os dados obtidos na enquête de opinião sobre a aparência das empenas após a reforma de 2012 a 2015 do edifício Vilanova Artigas e os resultados obtidos em cada etapa dos procedimentos metodológicos.

2 CONCRETO APARENTE HISTÓRICO E SUA CONSERVAÇÃO

Em qual contexto o concreto aparente histórico foi produzido, o significado que motiva sua conservação, quais experiências têm sido feitas neste sentido e os requisitos estéticos para compatibilidade entre as intervenções necessárias e o concreto original são temas deste capítulo e que deram suporte para o desenvolvimento de estudos experimentais.

2.1 VALOR

O concreto armado aparente utilizado na arquitetura moderna do século XX é aqui tratado como concreto aparente histórico, como explicado na introdução. Resultado da composição de matérias-primas e processos construtivos próprios, este material se tornou referência estética da arquitetura moderna, principalmente a realizada em São Paulo, a partir da década de 1950.

Grande valor arquitetônico e histórico lhe é atribuído por conter significados de origem técnica, histórica e política no século XX e pela influência de sua especificação em produções arquitetônicas posteriores a esse período.

Seu uso se popularizou e foi impulsionado tecnologicamente pelas experimentações formais propostas por arquitetos do mundo todo. A difusão da tecnologia se deu por alguns aspectos: influenciada pela especificação contida em atitude artística, como na apropriação do material na primeira fase das obras de Le Corbusier e, posteriormente, em discurso ideológico, de contestação e inovação frente à acomodação do movimento moderno internacionalizado com propostas funcionalistas. A difusão do uso do concreto armado também ocorreu “em especial nos países que ainda não dispunham de capacitação técnica e ou recursos para implementar um uso mais frequente e especializado do aço na construção civil” (ZEIN, 2005, p. 18).

Entretanto, havia a falsa expectativa de que o material tivesse prolongada durabilidade. Só o persistente uso em soluções cada vez mais

ousadas puderam colaborar para o desenvolvimento dos materiais e métodos construtivos envolvidos em sua produção.

Quanto à história do uso do concreto aparente à vista, Gianecchini (2009), em sua dissertação, relata que foram encontrados registros do século XIX, em que profissionais já demonstravam interesse em adotar o concreto sem acabamentos superficiais, como quando Sir Arthur Blomfield, do Royal Instituto, propõe, em 1871, que o concreto ficasse aparente desde que houvesse o cuidado com usos de diferentes matérias-primas que promovessem aparências de cores e texturas diferentes. No Brasil, as primeiras referências que se aproximam do conceito do concreto aparente estão na tese de doutorado de Octávio Ribeiro da Cunha (*apud* GIANECCHINI, 2009, p. 16), da Escola Politécnica do Rio de Janeiro de 1917, em que há sugestões para o uso do concreto à vista, que ainda mantinha propostas decorativas aplicadas sobre as superfícies, sugerindo o desenho de como a armadura se desenvolvia internamente. O engenheiro elogiou esteticamente o efeito granulado deixado pelos moldes e, em suas palavras, as obras de arte “são tanto mais belas quanto mais se baseiam nos conhecimentos da arte de construir”.

Na Europa, nas duas primeiras décadas do século XX, surgem obras arquitetônicas ligadas ao concreto aparente, despindo-se definitivamente de artifícios decorativos e com simplificações de formas, como em projetos de Tony Garnier e Auguste Perret (GIANECCHINI, 2009, p. 18).

Mas é depois da II Guerra Mundial que obras em concreto aparente se multiplicam, por oferecerem condições favoráveis à urgência de reconstrução de países destruídos, principalmente com a repercussão das obras de Le Corbusier, sobretudo a *Unité d'Habitation* de Marseille (1947) e as realizadas em Chandigarh, na Índia (1951).

Seu uso ganha força quando um casal de arquitetos ingleses, Allison e Peter Smithson, que fazia parte de um grupo de arquitetos, o Team-X, questionou o funcionalismo da arquitetura modernista, considerada

altamente industrializada e a serviço do capitalismo em oposição ao seu discurso, que exaltava a responsabilidade social do arquiteto (GIANECCHINI, 2009, p. 31). Sua proposta era conjugar o uso honesto dos materiais com suas técnicas de aplicação, resultando em aproximação do homem e os materiais (GIANECCHINI, 2009, p. 30). O casal e o grupo se engajaram na corrente arquitetônica chamada brutalista. A construção e consolidação do que seria o brutalismo ou neobrutalismo foi exposto no artigo *The New Brutalism*, de 1953, escrito por Reyner Banham, crítico de arquitetura. O autor definiu a produção neobrutalista como quando sua imagem é apreendida e memorizada em sua totalidade, quando há clara exibição de sua estrutura, quando os materiais são expostos como eles são e quando exclui a formalidade como qualidade básica.

Enquanto, em seu artigo, Banham levou a crer que a origem da tendência brutalista era exclusivamente inglesa, Zein (2012) defende que ela ocorreu internacionalmente, de forma contemporânea, múltipla e sem hierarquias, mas com características peculiares em cada país.

No panorama da arquitetura brasileira, esta tendência é identificada nas produções de arquitetos de São Paulo e Rio de Janeiro, a partir dos anos 1950, momento do surgimento do brutalismo no campo arquitetônico internacional (ZEIN, 2005, p. 25):

O momento em que o brutalismo surge no campo arquitetônico parece ser o de meados dos anos 1950, ainda enquanto exceção; com notável incremento após 1960, já com o reconhecimento da tendência por parte de alguns autores e da maioria dos críticos; experimentando uma grande expansão nas décadas de 1960/70, a ponto de se adquirir certo status de "vernacular moderno" naquele momento.

Na discussão de que se é possível estabelecer o reconhecimento dessas obras brasileiras, sobretudo paulistas, como brutalistas, Zein

conclui que sim, pelo fato de atenderem duas hipóteses comuns atribuídas a este tipo de arquitetura:

- a) Seu discurso ético contextualiza os partidos arquitetônicos;
- b) Compartilha das características formais, materiais e construtivas, linguagem própria do estilo arquitetônico brutalista, inserido no marco da arquitetura moderna.

Uma das características dessa tendência foi a escolha de grandes estruturas de concreto armado aparente, como descrito pela autora (ZEIN, 2005, p. 237):

...uma das fortes características do brutalismo em geral e do brutalismo paulista, em particular, nos anos 1950-70, é sem dúvida a priorização da definição da estrutura portante na explicação arquitetônica da obra, de preferência pensada e executada em concreto armado, [...], optando por deixá-la aparente, e mais ainda, por dar-lhe certo destaque, eventualmente certo exagero.

Sobre as características dessas obras, “pode-se simplesmente afirmar, com base nos fatos, que determinadas obras serão brutalistas, apenas [...] porque parecem ser, e que o que determina sua aproximação e inserção não é sua essência, [...], mas sua superfície, [...]” (ZEIN, 2005, p.24) e, paradoxalmente, é o elemento que tem tornado esses edifícios vulneráveis.

Por outro lado, para Contier (2013), o discurso da produção de João Batista Vilanova Artigas, arquiteto desta geração e responsável pelo projeto do edifício que servirá como caso para desenvolvimento do estudo desta dissertação, é pautado na poética baseada na correção técnica e conexão aos entraves e limitações dos meios produtivos disponíveis, isto é, condições de qualificação de mão de obra, materiais e processos oferecidos à época, no país. O autor descreve que a criação de Artigas

busca a beleza nos desafios técnicos da construção e a estrutura de concreto armado, considerada para ele como a essência da construção, que assume outras funções: vedo, guarda-corpo e mobiliário. As escolhas dos materiais e sua produção são justificadas pela importância da transparência construtiva na proposta arquitetônica, isto é, o material é resultado do que é produzido fisicamente com a intervenção do trabalho social. As premissas adotadas em seus projetos atribuem valor político ao resultado estético (CONTIER, 2015).

A escolha do material e procedimento de construção do concreto armado aparente na produção arquitetônica desse período é fundamental na concepção e resultado do projeto arquitetônico e, portanto, possui inegável valor cultural e histórico.

2.2 CONSERVAÇÃO

O estudo da conservação do concreto aparente histórico vem ganhando espaço no interesse da preservação do patrimônio arquitetônico do século XX, e, conseqüentemente, tem sido tema de estudo em comitês formados por profissionais especializados no mundo.

O desenvolvimento de procedimentos para subsidiar a conservação de superfícies de concreto aparente de edifícios modernos é dirigido para projetos de conservação desses edifícios, que têm se tornado numerosos pela demanda causada pelo envelhecimento dessas estruturas.

Nas décadas subsequentes às construções desses edifícios, até meados de 1990, a prática em relação à manutenção do patrimônio moderno tinha caráter corretivo ou de adaptação para atender o que os usuários acreditavam ser antiquado e obsoleto, repetindo-se a recorrente depreciação da produção de pensamentos predecessores, por falta de distanciamento histórico.

A recuperação do concreto diante de tal postura era realizada com soluções técnicas que mais tarde foram consideradas incompatíveis como,

por exemplo, os reparos encontrados por Gaudette e Hunderman, durante o restauro do Promontory Building, do arquiteto Mies van der Rohe. Eram produzidos com pasta contendo epóxy e areia, incompatíveis em termos físicos e estéticos e sem o cuidado para que sua aplicação envolvesse a armadura.

Foram mais de vinte anos de discussões e avanços para que a compreensão do processo crítico de um passado tão recente não fosse tão difícil quando confrontado com as ideias de conservação de objetos únicos produzidos em um contexto longínquo, como os do século XIX ou anteriores (SALVO, 2007). Segundo Salvo (2007), o restauro de uma obra do século XX se assemelha ao das obras antigas, desde que se enfrente a sua complexidade com o mesmo rigor teórico, metodológico e científico.

O reconhecimento da importância das produções da arquitetura moderna como patrimônio a serem conservadas foi conquistado pelo afastamento temporal e amadurecimento nas discussões teóricas, conjugados com as inovações de materiais e técnicas.

Neste cenário, o ICOMOS (*International Council of Monuments and Sites*) formulou o documento de Madrid 2014, "*Approaches for Conservativon of Twentieth Century Architectural Heritage, Madrid Document*" (ICOMOS/ISC20C, 2014), contendo diretrizes e estabelecendo conceitos sobre conservação do patrimônio arquitetônico do século XX. O documento é resultado do aprimoramento obtido por debates sobre a apropriação e tratamento dessa arquitetura, contribuindo para a prática da gestão da conservação dessas obras. Os temas abordados são: o conhecimento, compreensão e significado do patrimônio; a gestão da mudança para conservar o significado cultural; a consideração pela sustentabilidade do meio ambiente e a promoção deste patrimônio junto à sociedade.

Preceitos como distinguibilidade, reversibilidade e mínima intervenção, preconizados na Carta de Veneza, permanecem como

diretrizes da conservação contemporânea (KÜHL, 2010), fundamentando os próprios referenciais teórico-metodológicos e operacionais para conservação dessa arquitetura.

Esses princípios são reconhecíveis nos artigos do Documento de Madrid (ICOMOS/ISC20C, 2014). Um deles trata sobre a pesquisa e desenvolvimento de métodos específicos de conservação adequados aos materiais e técnicas construtivas próprias do século XX que, por diferirem das do passado, requerem estudos realizados por profissionais qualificados e emprego de métodos não destrutivos ou invasivos, tanto para o processo de pesquisa quanto para os procedimentos a serem empregados. Outro ponto abordado é o do respeito à autenticidade e integridade do bem, preferindo-se a reparação ou restauração de elementos significativos à sua substituição, privilegiando o uso de materiais semelhantes aos originais, porém, aplicados de forma a torná-los distinguíveis. De acordo com o documento, a conservação do bem se refere aos cuidados para manutenção do significado cultural e isso se aplica às suas partes, os seus elementos e fragmentos. Embora as ideias sejam abrangentes, a conservação do concreto armado aparente integra o conjunto de elementos aos quais este documento é endereçado.

O Docomomo (DOCOMOMO, 2016), organização não governamental fundada em 1988, tem atuado internacionalmente para promover reuniões de profissionais multidisciplinares para troca de ideias sobre tecnologias de conservação, história e educação que fomente o resgate de documentação, o interesse dos ideais e suscite a responsabilidade pela salvaguarda de edifícios, sítios e unidades de vizinhança do Movimento Moderno.

O guia para preparação do plano de conservação de bens culturais do australiano Kerr (2013), adotado como base para projetos de conservação implantados na Austrália e Reino Unido (PINHEIRO *et al.*, 2017 B) e que também foi escolhido como diretriz para o relatório dos

subsídios para o plano de gestão de conservação do edifício Vilanova Artigas, aborda o valor e grau de significado de cada componente do bem sob todos seus aspectos: pioneirismo, influência, integridade, representatividade e raridade. Essa avaliação auxilia na priorização do que se deve conservar.

Sob este prisma, o concreto armado aparente possui grande significado, sob quase todos esses aspectos na arquitetura moderna.

No campo específico e técnico da conservação do concreto na arquitetura do século XX, há estudos teóricos aprofundados, como a tese da alemã Heinemann (2013), que corrobora a experiência de outros profissionais e autores de que é comum a falta de informações detalhadas sobre as propriedades do concreto de edifícios a serem restaurados. Não era comum, à época de sua construção, o registro das especificações e procedimentos adotados de forma detalhada ou ainda a elaboração de *as built*.

A conservação do concreto aparente histórico, assim como a de outros materiais, não prescinde de informações detalhadas, tais como as características físicas e químicas do concreto, o comportamento do material e da estrutura frente às ações de serviço e à interação com o meio circundante, além de registros contendo o histórico das intervenções anteriores; a falta de tais informações, conjugada com a falta da documentação original sobre a produção do concreto, torna a conservação tarefa desafiadora. A recomendação é que, além de inspeções visuais, sejam realizados ensaios com técnicas pouco ou não destrutivas, como o do potencial e taxa de corrosão de armadura, velocidade de propagação de ondas ultrassônicas e de detecção magnética entre outros (GAUDETTE; SLATON, 2007; GONÇALVES, 2011, p.66).

Quanto à forma de abordagem, a tese de Heinemann discute enfaticamente sobre a diferença entre os conceitos de reparo do concreto e de conservação do concreto histórico, que têm objetivos distintos.

As técnicas de reparo do concreto na engenharia, amplamente difundidas, atendem aos requisitos técnicos e nem sempre consideram o valor arquitetônico do material e de sua produção, o que pode induzir a perdas definitivas do material original. Heinemann dá o nome de conservação ao conjunto de ações que, embora semelhantes às técnicas de reparo, respeita os valores históricos do material e do patrimônio.

Segundo Heinemann (2013), os contextos culturais, as propriedades dos materiais e o tipo de danos de cada edifício variam e exigem conhecimento e especificações personalizadas, mas sustentadas por diretrizes comuns de atendimento de requisitos: (a) compatibilidade física, mecânica e estética; (b) reversibilidade; (c) durabilidade; (d) incremento da vida útil do patrimônio; (e) uso de técnicas de remoção do concreto compatíveis e que atendam aos itens anteriores e (f) escolha de materiais de reparo compatíveis com os materiais originais.

As dificuldades técnicas são as mesmas nos dois tipos de tratamento, pois os danos são reflexos do comportamento e das propriedades do próprio material como a porosidade, espessura de cobrimento das armaduras conjugados à falta de proteção de suas superfícies. Estas condições levam o concreto armado aparente à sua deterioração e acabam por descaracterizar suas superfícies, prejudicando seu reconhecimento estético e a recomposição de sua unidade formal.

A unidade formal ou unidade potencial da obra é colocada por Brandi como condição da arte (1963, p. 43). O autor exemplifica o que ocorre com elementos arquitetônicos, que sozinhos são inertes e, que na organização e exploração de arranjo pelo arquiteto, formam um volume, uma imagem, uma obra arquitetônica, materializando a unidade espacial criada em projeto. A perda de partes das superfícies arquitetônicas, como as de concreto aparente, significa fragmentação da matéria que construía a imagem total da composição arquitetônica.

Um dos problemas abordados no objeto de estudo, muito comum em outros edifícios similares, a deterioração se dá pelo processo de penetração de água e ar carregados de poluentes por seus poros, causando a carbonatação do concreto, reduzindo seu pH, condição que levou à desestabilização eletroquímica da armadura. Esta situação induziu à oxidação das barras de aço, responsável pela redução de sua seção e produção de óxido de ferro hidratado que, ao se expandir, rompeu a massa cimentícia, provocando fissuras e que, em progressão, levaram à delaminação e deslocamento da camada superficial do concreto.

Nos procedimentos de reparo do concreto armado aparente, a perda de massa demanda a sua substituição para a reconsolidação estrutural. O preenchimento das lacunas requer o uso de materiais de desempenho estrutural, que pode ser feito com misturas cimentícias moldadas *in loco* ou argamassas industrializadas, com ou sem adições de componentes que auxiliem na aderência, impermeabilidade, resistência ou coloração. Geralmente, essas argamassas ou concretos exigem um tratamento de superfície para garantir a proteção contra a ação do intemperismo e de agentes de degradação e para homogeneizar a cor e texturas superficiais, porém, nem sempre com critérios fundamentados nos princípios da conservação.

Na conservação do concreto aparente histórico, muitas experiências têm sido feitas no intuito de recompor o traço do concreto para que se assemelhe ao original, mas estas soluções têm encontrado dificuldades técnicas de aderência, permeabilidade e incompatibilidades do novo material com o tecido original.

Para atender aos requisitos estéticos, cabe investigar tratamentos nas argamassas de reparo estrutural industrializada para concreto, comprovadamente satisfatórias tecnicamente, ou em argamassas para tratamento superficial que possam alcançar resultados planejados de cor, textura e geometria por meio de pigmentação, adições e formas de

procedimento de aplicação que respondam positivamente às singularidades que o projeto de restauro exige na busca da preservação do significado histórico e cultural do próprio material.

Os resultados estéticos pretendidos demandam a compreensão da percepção visual na identificação da imagem, por meio da composição cromática, textura e equilíbrio de formas. A colorimetria aplicada ao material, aliada a novos procedimentos de aplicação de argamassa e de tratamento superficial, podem subsidiar as especificações desses projetos.

O desenvolvimento do projeto para a conservação do concreto aparente histórico deve considerar e refletir sobre as ideias preconizadas por Cesare Brandi, conservador italiano de artes pictóricas, a respeito de unidade potencial da obra de arte. Trata-se de dar condições técnicas ao projeto para executar como, por exemplo, o rebaixamento óptico dos reparos, analogamente à técnica do *tratteggio* para as obras de arte.

Considerando-se que as partes e fragmentos danificados devem ser removidos e que produzem lacunas a serem tratadas, a prática da restauração deve ser precedida por premissas teóricas opondo-se ao empirismo e favorecendo a fruição daquilo que resta, sem adoção de soluções provenientes de exemplos práticos que nem sempre se assemelham ao contexto do problema, como os conceitos propostos em texto sobre a unidade potencial da obra de arte e integração visual descritos por Brandi (1963, p. 47):

[...] intervenção voltada a retragar a unidade originária, desenvolvendo a unidade potencial dos fragmentos daquele todo que é a obra de arte, dever limitar-se a desenvolver as sugestões implícitas nos próprios fragmentos ou encontráveis em testemunhos autênticos do estado originário.

[...] ao próprio início do ato de restauração, apresentam-se as duas instâncias, a instância histórica e a instância estética, que deverão, na recíproca contemporização, nortear aquilo

que pode ser o restabelecimento da unidade potencial da obra de arte, sem que se venha a constituir um falso histórico ou a perpetuar a uma ofensa estética.

Derivarão disso alguns princípios que, por serem práticos, não poderão por isso, dizer-se empíricos.

O primeiro é que a integração deverá ser sempre e facilmente reconhecível; mas sem que por isso se venha atingir a própria unidade que se visa a reconstruir. Desse modo, a integração deverá ser visível à distância de que a obra de arte deve ser observada, mas reconhecível de imediato, e sem necessidade de instrumentos especiais, quando se chega a uma visão mais aproximada.⁷

Ao abordar o tema de preenchimento de lacunas, Brandi propõe que este seja percebida como fundo, por meio de rebaixamento óptico, em relação à imagem pictórica original, a figura, com o auxílio da teoria da Gestalt. As experiências desta teoria da percepção humana diante da forma aplicada à questão da lacuna são explicadas por Brandi como um esquema espontâneo da percepção humana em intuir o que é figura e o que é fundo. As primeiras tentativas para instaurar uma metodologia de restauração constituíram-se na aplicação do que se entendia como tinta neutra no preenchimento dessas lacunas, o que foi insuficiente porque a tinta, supostamente neutra, influenciava a distribuição cromática da pintura, tornando-se intrusa.

Brandi (1963, p.51) propõe que o tratamento da lacuna não faça com que a percepção da figura retroceda ao nível de fundo, como exposto no trecho:

[...] o princípio da diferença de nível à lacuna, fazendo com que a lacuna, de figura a que pintura serve de fundo, funcione como

⁷ Tradução para o português de Beatriz Mugayar Kühl. A obra original de Cesare Brandi foi publicada em 1963.

fundo sobre o qual a pintura é figura. Então, mesmo a irregularidade casual da lacuna não mais incide violentamente sobre o tecido pictórico, e não o retrocedendo a fundo, coloca-se como uma parte da matéria estruturada elevada a aspecto.

Segundo Bailão (2011), pesquisadora portuguesa especializada em restauração de artes pictóricas, o *trateggio* é uma técnica para reintegração cromática na pintura, que utiliza um sistema de linhas rígidas e paralelas justapostas, executadas uniformemente, com intervalos regulares, em camadas de cores diferentes para preencher lacunas. Segundo Ramsay (*apud* BAILÃO, 2011), a aparência mecânica e repetitiva dissipa qualquer caráter criativo do executor do preenchimento, além da possibilidade de ser repetida infinitamente e ser distinta da trama original, conforme pode ser observado no tratamento feito no restauro de obra do século XII da Figura 9.

FIGURA 9 - DETALHE DO CRUCIFIXO DE CIMABUE (1287-1288)
RESTAURO, LIDERADO POR UMBERTO BALDINI, QUE UTILIZOU A TÉCNICA DO
TRATEGGIO

FONTE: [HTTP://WWW.CABINETMAGAZINE.ORG/ISSUES/40/BURNETT.PHP](http://www.cabinetmagazine.org/issues/40/burnett.php)

As proposições e experiências em conservação de arte pictórica podem inspirar procedimentos em conservação de outras superfícies de materiais que não permitem intervenções invasivas, como o concreto aparente de edifícios com valor histórico.

No caso do preenchimento das lacunas em concreto aparente realizado com as técnicas usualmente empregadas nas obras de reparo do concreto, o problema emerge quando o preenchimento da lacuna se torna figura e o tecido original, o concreto, o fundo, como nos reparos nas superfícies de um dos volumes do Alexandra Road Estate em Londres, observados na Figura 10.

FIGURA 10 - DETALHE DE REPAROS NO ALEXANDRA ROAD, LONDRES

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA (2016)

O reparo feito na superfície de concreto aparente do National Theatre em Londres, como visto no detalhe da Figura 12, foi uma

tentativa de rebaixamento óptico pela técnica do *trateggio*, remetendo à prática de restauro da arte pictórica.

FIGURA 11- DETALHE DO REPARO FEITO NA SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE DO NATIONAL THEATRE, LONDRES

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA (2016)

2.3 EXPERIÊNCIAS EM CONSERVAÇÃO DO CONCRETO APARENTE HISTÓRICO

O estudo da aparência do reparo em concreto está inserido no contexto da conservação do concreto armado e suas superfícies, que abarca investigações sobre as causas da degradação, conhecimento aprofundado sobre as propriedades físicas do concreto original, compreensão dos sistemas construtivos com os quais se relacionam e a busca por materiais e procedimentos que alcancem todos os requisitos de compatibilidade entre o reparo e o tecido original.

A seguir, são relatadas experiências de casos de intervenções e estudos em conservação do concreto aparente comprometidas com as

premissas mencionadas. Foram destacados os entraves e soluções para escolha de material e procedimentos de aplicação de misturas para atingir resultados estéticos satisfatórios, como os atributos de aparência (cor, textura e forma). São desafios relacionados com os objetivos desta dissertação e foram considerados nas decisões do desenvolvimento de seus estudos experimentais.

2.3.1 CASOS DE CONSERVAÇÃO DE SUPERFÍCIES DE CONCRETO APARENTE HISTÓRICO

2.3.1.1 O caso do *Promontory Building* de Mies van der Rohe (Chicago, 1949)

O restauro do edifício *Promontory Building*, projeto de Mies van der Rohe, de 1949, em Chicago, EUA, promoveu uma experiência bem-sucedida de preservação de sua imagem após o restauro do concreto aparente de pilares e vigas em suas fachadas. O edifício já havia passado, anteriormente, por reparos nas fachadas na década de 1990, mas após a constatação de fissuras e deslocamentos, foi objeto de um novo plano de conservação. O especialista em restauração de concreto de edifícios de valor histórico, Paul Gaudette, associado ao arquiteto preservacionista Harry Hunderman, coordenaram o projeto (GAUDETTE; HUNDERMAN, 1997).

A primeira providência foi a investigação das causas da deterioração e as características do concreto original e dos sistemas de esquadrias e vedações que o envolviam, com auxílio de inspeções visuais, pesquisa de documentação e ensaios de laboratório. A análise petrográfica possibilitou o conhecimento da origem e características dos componentes do concreto, o que deu subsídio para a escolha do material a ser aplicado nas lacunas, para que se aproximasse esteticamente do tecido original. A escolha do uso de concreto tradicional para reparar as fachadas está relacionada à aparência que ele proporciona em oposição às misturas com epóxi que

tendem a torná-las mais escuras, como os reparos antigos encontrados nas superfícies, pelo efeito da radiação ultravioleta no material. Esta opção foi possível tecnicamente porque havia condições favoráveis para a fixação das fôrmas de madeira nas fachadas, sem prejuízo à integridade da superfície do concreto; o posicionamento do cachimbo da fôrma e local para introdução do concreto foram viabilizados pela retirada de uma peça de tijolo cerâmico logo acima da viga a ser restaurada.

Antes das intervenções definitivas, foram feitos experimentos em laboratório simulando as condições de aplicação e, na sequência, em um local de fácil acesso no próprio edifício, tal como um projeto piloto. A adoção de múltiplas fases no planejamento de execução, que incluiu a confecção de amostras como as da Figura 12, proporcionou o aprimoramento dos materiais utilizados, as técnicas de aplicação e de acabamento superficial. Foi possível estabelecer procedimentos de controle de qualidade para cada etapa da ação. Um dos grandes desafios foi ajustar um método para alcançar o grau de exposição dos agregados graúdos requerido em cada uma das fachadas, que recebem a chuva e ação dos poluentes de forma diferente sob as orientações dos ventos.

FIGURA 12 - AMOSTRAS PRODUZIDAS PARA O RESTAURO DO CONCRETO APARENTE DO PROMONTORY BUILDING DO ARQUITETO MIES VAN DER ROHE (1949)

FONTE: WISS, JANNEY & ELSTNER ASSOCIATES INC.

Além do abandono de uso de aditivos poliméricos, usados anteriormente, optou-se por não utilizar qualquer outro aditivo para melhorar a aderência do concreto novo no tecido original. Como alternativa, foram projetados cortes que produzissem bordas em ângulos no acerto das bordas da lacuna. Esta providência, reiterada pelas recomendações de Von Fay (2015), serviu como referencial nos estudos analíticos da geometria de reparos estudados adiante neste trabalho.

A arquitetura do edifício e a profundidade da lacuna permitiram a fixação de fôrma do tipo cachimbo para introdução de concreto, como pode ser visto na Figura 13, e a concretagem foi realizada com vibração interna e externa; a profundidade de preenchimento especificada foi de 5 cm, o que visava a garantir o envolvimento total das armaduras. Esta solução não pôde ser proposta para o fechamento de lacunas do objeto de estudo, pois seria um método destrutivo, já que suas superfícies não podem receber furos para fixação de formas.

FIGURA 13 - FÔRMAS DE MADEIRA PARA CONCRETAGEM DOS REPAROS DA CONSERVAÇÃO DO CONCRETO APARENTE DO PROMONTORY BUILDING

FONTE: GAUDETTE E HUNDERMAN

A cura úmida foi feita com auxílio de plásticos sobrepostos à superfície por sete dias e, para o acabamento superficial e proposta de textura, foi utilizado o jateamento de água com baixa pressão e escovamento manual para evidenciar os agregados expostos como o concreto original. A etapa final consistiu na aplicação de proteção com hidrofugante à base de silano-siloxano.

Embora o texto descreva os procedimentos criteriosos pela busca de aparência o mais similar possível entre as superfícies do novo concreto em relação ao concreto original, há indícios de que a comparação e avaliação das aparências foram feitas visualmente, sem uso de equipamentos específicos ou de critérios objetivos, como dados colorimétricos ou uso de cartelas cromáticas.

A Figura 14 é a imagem do edifício com a indicação de um reparo em sua superfície de concreto aparente.

FIGURA 14 - IMAGEM ATUAL DO PROMONTORY BUILDING

FONTE: MICHAEL DANT EM [HTTP://WWW.ARCHDATA.ORG/BUILDINGS/98/THE-PROMONTORY-APARTMENTS](http://www.archdata.org/buildings/98/the-promontory-apartments), 2016

Gaudette e Slaton publicaram, em 2007, o “*Preservation Brief 15: Preservation of Historic Concrete*”, elaborado para o *National Park Service* (órgão federal de preservação nos EUA). A publicação é um dos fascículos do NPS que fornecem diretrizes básicas para conservação de materiais em patrimônios históricos. O texto apresenta tópicos que devem ser considerados como o conhecimento do material, suas características, causas de deterioração, priorização no planejamento que antecede as ações, métodos de manutenção e reparo, assim como os tópicos descritos para o caso da conservação do *Promontory Building*.

2.3.1.2 O Caso do *National Theatre* de Denys Lasdun (Londres, 1976)

O edifício do *National Theatre* em Londres, projetado por Denys Lasdun e inaugurado em 1976, passou por intervenções de restauro de 2007 a 2015, inseridas em amplo projeto de renovação e gestão de conservação do complexo. O projeto foi dirigido por arquiteto Haworth Tompkins (NATIONAL THEATRE / HAWORTH TOMPKINS, 2015) e envolveu as instituições *English Heritage* e *20th Century Society*.

O concreto original foi moldado *in loco* com dois tipos de fôrmas, de madeira e de polímero reforçado com fibra de vidro que conferiram resultados com acabamentos diferentes.

Antes da obra de restauro, as superfícies de concreto aparente apresentavam fissuras, manchas e deslocamentos. Os procedimentos de reparo foram descritos no artigo do engenheiro Stephen Douglas (2016), que detalhou as dificuldades em compatibilizar o novo material para completar as lacunas por causa da heterogeneidade da aparência do concreto original e, principalmente, no acerto da cor nas inúmeras tentativas e erros para compatibilizar os novos materiais com as diferenças cromáticas de cada fachada. A publicação sobre conservação do concreto, elaborada pela instituição de preservação da Inglaterra, *English Heritage* (ODGERS, 2012), também relata as experiências dessa obra,

acrescentando informações sobre especificação dos materiais utilizados na argamassa de reparo e suas proporções.

Como os tipos de cimento e areia do concreto original ainda estavam comercialmente disponíveis à época, o projeto de conservação os especificou para confecção da argamassa para preenchimentos de lacunas maiores e fissuras que, por vezes, sofreram alargamento para possibilitar seu preenchimento. Esta abordagem de especificação é conhecida como *like-for-like*.

Douglas (2016) relata que apenas em um reparo, que era muito profundo, optou-se pela introdução de dois tipos de materiais de reparo em duas etapas, isto é, para consolidação estrutural, foi aplicada argamassa cimentícia industrializada modificada por adição de polímero e argamassa de acabamento superficial com espessura de 20 mm, com mistura para reparo *like-for-like*. Esta solução foi a mesma estabelecida pela equipe Getty para o fechamento das lacunas abertas nas empenas do edifício Vilanova Artigas para ensaios técnicos e realizada no estudo experimental. O resultado da aparência do reparo do *National Theatre* pode ser visto na parte superior da imagem da direita da Figura 15.

Para os demais reparos, as composições das misturas escolhidas foram alteradas, dependendo da fachada em que eram aplicadas, por causa das variações tonais.

A face sul, a mais ensolarada, além de ser mais clara do que as outras, foi a que apresentou os maiores desafios por facilitar a evaporação da argamassa de reparo, modificando seu comportamento e propriedades, além de causar fissuras que interferiam em sua aparência. A solução foi reparar pequenas áreas e aumentar a relação água/cimento (a/c), além do umedecimento das áreas vizinhas. Os reparos apresentavam diferenças de coloração entre si, que foram minimizadas com a ação do tempo.

Outro problema enfrentado foi a marca deixada por fitas adesivas sobre as bordas dos reparos, quando usadas para fixar a membrana impermeável, aplicada para auxiliar na cura.

Ao se avaliar as diferenças de aparência entre as fachadas, observou-se que a interferência do tempo e da poluição durante a vida do edifício causaram descolorações diferentes nas diferentes texturas do edifício.

Essas experiências trazem informações importantes para os cuidados a serem tomados na avaliação da aparência do concreto original e nos procedimentos especificados.

Assim como a experiência do restauro do *Promontory Building*, descrito anteriormente, esta também foi uma intervenção que privilegiou o planejamento antes de sua execução.

Nas publicações consultadas (ODGERS, 2012 e DOUGLAS, 2016) não foram encontradas descrições detalhadas sobre a avaliação de cor e aparência entre as amostras e a superfície original. No entanto, Douglas (2016) destaca que o objetivo dos estudos prévios foi garantir que os reparos fossem discretos e que a técnica de intervenção retirasse a menor extensão possível do concreto original.

As imagens do *National Theatre* de Londres, na Figura 15, à esquerda, ilustra uma vista parcial do volume da edificação e, à direita, um detalhe em que podem ser observados dois tipos de reparos. O redondo, reparo A, provavelmente local de extração de testemunho para realização de ensaios de caracterização do material. Aparentemente, os responsáveis pelo projeto de conservação optaram por evidenciar esta intervenção, como marca da história do edifício (A). Em outras áreas da superfície (B) podem ser observados outros reparos de recomposição do tecido, com aproximação de cor, textura e forma, aparentemente feitos com técnicas e instrumentos manuais, lembrando a técnica do *trateggio*, anteriormente descrita.

FIGURA 15 - IMAGENS DO NATIONAL THEATRE DE LONDRES. À ESQ. VISTA PARCIAL DO EDIFÍCIO, À DIR. DETALHE DOS REPAROS DO CONCRETO APARENTE.

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA, 2016

2.3.2 ESTUDOS PARA CONSERVAÇÃO DO CONCRETO APARENTE

2.3.2.1 A tese de Jónatas Miguel de Almeida Valença (Lisboa, 2011)

Os edifícios mais antigos do conjunto edilício da Fundação Calouste Gulbenkian, localizados em Lisboa, Portugal, foram projetados por Pedro Cid e Alberto Pessoas e inaugurados em 1969 (FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, 2017). Trata-se de um conjunto de edifícios modernos com fachadas em concreto armado aparente e, como outras obras do período, vem apresentando sinais típicos de deterioração do concreto, demandando cuidados pontuais.

A tese de Valença (2011), que adotou seus edifícios como estudo de caso, ao relatar as condições das superfícies de concreto aparente à época das inspeções para a pesquisa, observa a existência de “notórias reparações pontuais, efetuadas ao longo dos anos, [...]”. As argamassas de reparação não apresentam os requisitos adequados, pelos menos em termos cromáticos”. Esta condição pode ser observada na Figura 16. Há indícios de que os reparos existentes tenham sido feitos com argamassa

industrializada, material que destacou o reparo, tornando-o figura que se destaca na leitura visual do conjunto.

Outro ponto a destacar é a geometria dos reparos, que não segue o padrão e aumenta sua discrepância e proeminência em relação à superfície original.

FIGURA 16 - DETALHES DE REPAROS NA SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE DE EDIFÍCIO DA FUNDAÇÃO GULBEKIAN

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

Com intuito de propor soluções para monitoração do estado de conservação do concreto, a tese de Valença (2011) e o artigo de Valença *et al.* (2015) descrevem proposta para procedimentos elaborados por meio de processamento digital de imagens para auxiliarem a caracterização estética de argamassa de restauro para intervenções nessas superfícies.

Chamado de *Patch Restoration Method*, o método segue os seguintes passos:

- a) avaliação da cor e textura do local a ser reparado e áreas vizinhas utilizando processamento digital de imagens e avaliação da textura e rugosidade da superfície do concreto,

por intermédio de equipamento a raio laser (JÚLIO; SANTOS 2008).

- b) elaboração de amostras de argamassas de cimento Portland branco, com adição em porcentagens diferentes de pigmento preto (0,1%, 0,2%, 0,3% e 0,4%) com diferentes tratamentos superficiais, como liso, impressão de madeira⁸, chapisco e padrão regular. A partir de imagens digitais, foram calculadas as intensidades médias de pixels de cada amostra e a escolha se deu pela proximidade de resultados em relação ao concreto original.
- c) avaliação dos reparos durante seu envelhecimento natural com a ação de agentes externos, como poluição e intempéries, para complementar informações que possam aperfeiçoar os procedimentos futuros.

Os autores ressaltam a importância de fazer ensaios de envelhecimento nas amostras de argamassa antes das avaliações finais.

As características dos componentes das argamassas, bem como o procedimento de compatibilização geométrica não foram descritos nos trabalhos consultados.

Embora nos procedimentos experimentais desenvolvidos para a presente dissertação não tenha sido possível utilizar o cimento branco, pela dificuldade em obtê-lo no país, o uso de pigmento preto foi empregado, como nas investigações de Valença. Os resultados de aparência das argamassas com aplicação de madeira nas superfícies coincidiram com os resultados de Valença, isto é, ficaram mais escuras.

2.3.2.2 A dissertação de Djanira Oliveira (Belém, 2013)

⁸ Os resultados com uso de madeira na superfície da amostra com 0,2% de pigmento preto tiveram intensidades maiores (mais escuros) do que as amostras com adição de 0,3% de pigmento preto com outros tratamentos de superfície. Este é um resultado similar ao encontrado nas investigações efetuadas nesta dissertação e que está relatado no capítulo 6.

Na dissertação de mestrado, a autora Djanira Oliveira (OLIVEIRA, 2013) investigou procedimentos de confecção de argamassa de reparo para edifícios modernos em concreto aparente, em Belém do Pará.

Foram coletados testemunhos de concreto de três edifícios modernos da cidade de Belém do Pará para investigação de características físicas, como traço, tipo de cimento e agregados originais das obras que permitiram nortear escolhas para confecção de argamassas em laboratório, com propriedades similares às dos materiais antigos.

A identificação da tonalidade das amostras e de suas areias após ensaio de traço foi feita com uso da Cartela Munsell, também utilizada para caracterização de cor de solos.

Foram elaboradas amostras de argamassas e natas de cimento com formulações diferentes, utilizando seis tipos de cimento e areia seca em estufa, criando, assim, cartela de cinzas de argamassas e natas, representadas colorimetricamente pelos valores L^* , a^* e b^* do sistema de cor CIE $L^*a^*b^{*9}$, o mesmo adotado nos procedimentos metodológicos do presente trabalho.

Essas amostras foram levadas aos locais e comparadas visualmente a cada substrato que receberia o reparo. Foram escolhidas com base na percepção visual individual, as amostras mais compatíveis com o concreto original. Não foi relatada comparação colorimétrica entre os valores obtidos pela Cartela Munsell e os dados obtidos pelo espectrofotômetro, ou colorímetro espectral, equipamento similar ao adotado nos procedimentos experimentais, descritos no capítulo 5.

As três formulações escolhidas foram preparadas como argamassas e aplicadas sobre substratos de concreto, que simulavam o concreto

⁹ CIE $L^*a^*b^*$ é um sistema colorimétrico estabelecido pelo CIE (*Comission International de L'Éclairage*), expresso em números obtidos pelo resultado da interposição de condicionantes padronizados para a percepção da cor: iluminante observador e refletância das superfícies do objeto. O valor de L^* expressa a luminosidade, a^* expressa a quantidade de verde e vermelho e b^* o quanto de azul e amarelo existem na cor. Este assunto é abordado no capítulo 3.

original e constituíram novas amostras com diferentes texturas (lisa e rugosa) e diferentes tipos de aplicação (sem adesivo de massa para melhorar a aderência e com ponte de aderência usando resina epóxi).

A recomposição de massa não exigia reconsolidação estrutural, pois os experimentos foram feitos em elementos não estruturais. No trabalho, não são apresentadas imagens dos materiais escolhidos e inseridos nas lacunas dos edifícios em estudo, mas a autora considerou os resultados dos ensaios realizados em laboratório satisfatórios em termos estéticos, de aderência e de resistência para restabelecer a imagem das obras.

2.3.2.3 A dissertação de Zhang (Johannesburg, África do Sul, 2005)

A pesquisa de Zhang (2005) não trata especificamente de concreto histórico, mas do concreto arquitetônico¹⁰ e o divide em duas categorias: concreto novo, até três anos de idade e o concreto velho ou antigo, com mais de três anos, mediante as quais foi possível obter informações que auxiliaram nas escolhas dos procedimentos e análise de resultados da pesquisa para a dissertação.

Seu estudo utiliza a colorimetria para comparação de cor das superfícies de concreto, dos materiais usualmente aplicados, como reparo em concretos jovens e velhos e em velaturas de proteção durante o seu envelhecimento. Seu trabalho propõe parâmetros que condicionam a escolha de argamassas de reparo: coeficiente de cor e coeficiente de influência da cor. Em suas conclusões para reabilitação de concreto antigo com argamassas, que é o interesse do trabalho aqui proposto, descreve a fraca estabilidade de cor das argamassas de reparo que tenham epóxi em sua composição, quando submetidas aos raios ultravioletas e na presença de água na superfície. O autor conclui que este tipo de argamassa é mais indicado para ser aplicado em reparos de concreto antigo com coloração mais escura ou que a área a ser restaurada se encontre em ambientes

¹⁰ Zhang define concreto arquitetônico como concreto que apresenta ou requer um efeito estético em sua superfície.

internos, visto que o resultado é mais escuro e pode mudar com a ação do tempo.

Com informações complementares, o artigo de Zhang e Kruger (2006) apresenta alguns exemplos de traços de argamassas e índices de influência sobre a cor de cada elemento que a constitui.

O parâmetro de coeficiente de cor estabelecido no trabalho de Zhang (2005) é caracterizado pela contribuição de cor de cada elemento que compõe a argamassa.

Atribuiu-se pesos diferentes para a influência do cimento, pigmento e agregado, dependendo do resultado esperado como, por exemplo, argamassas pigmentadas ou não que contêm agregados que interferem ou não na cor final.

O uso da colorimetria e a investigação da estabilidade da cor no passar do tempo de idade da argamassa investigados por Zhang foram temas incluídos nos estudos experimentais, para definir quando a argamassa está apta a passar por ensaios colorimétricos.

2.4 REQUISITOS PARA COMPATIBILIDADE ESTÉTICA DE REPAROS EM CONCRETO APARENTE HISTÓRICO

A compatibilidade estética de reparos em concreto aparente histórico deve considerar as características próprias do edifício. A variedade cromática existente em partes ou em fachadas inteiras em relação às outras não pode ser ignorada. Se a aparência original permitir, sugere-se que o desenho da delimitação dos reparos se apoie nas linhas da paginação das fôrmas impressas na superfície, adotando-se modulação que organize visualmente os reparos, principalmente se forem em grande número e com tamanhos diferentes. A suavização dos contornos em relação ao concreto original é outra forma de amenizar o confronto de cor e textura entre as superfícies. As propostas de textura podem se aproximar do concreto ou ainda de padrão que não rivalize e não se

sobressaia em relação às áreas do entorno, a exemplo da técnica do *tratteggio* proposta por Brandi (1963). O grande desafio estético encontrado, principalmente em intervenções de grandes superfícies contínuas de concreto, é obter discrição visual dos reparos.

Outro assunto associado à aparência visual dos reparos é o condicionamento dado à superfície de concreto aparente antes e depois dos serviços de intervenção. Há correntes de conservadores (FARRELL; WOOD, 2015) que defendem a compatibilização cromática dos reparos com o concreto revestido pela pátina, ou seja, dispensando a limpeza da superfície para a remoção de material particulado aderido, biofilme e outras incrustações (resíduo de produtos oleosos, produtos lixiviados, eflorescências, etc.). No entanto, para que o projeto de reparo seja tecnicamente bem-sucedido, a remoção do concreto delaminado (mesmo nas áreas de delaminação incipiente) e de outros resíduos, costumeiramente, é feita por meio de jatos abrasivos (com água ou agregados minerais), desde que respeitados os níveis de pressão e demais cuidados especificados em projeto (VON FAY, 2015, p. I-26). Face às recomendações técnicas de condicionamento da superfície, pressupõe-se que a compatibilização cromática seja feita com o concreto sem pátina.

A investigação da aparência das superfícies dos preenchimentos de lacunas no concreto aparente histórico e a proposta do material e procedimento de aplicação não podem ser desvinculadas dos requisitos físicos, “para evitar uma abordagem exclusivamente esteticista, que não seja condizente com a essência do edifício” (PINHEIRO et al., 2017 A, p. 116).

Adiante, são relatadas as técnicas utilizadas, materiais disponíveis e temas que podem auxiliar na conservação do concreto aparente histórico.

2.4.1 **ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS**

O mercado disponibiliza argamassas de reparo estrutural industrializada, que são amplamente utilizadas em reparo do concreto armado presente em túneis, pontes, estruturas e demais edificações.

Os de base cimentícia contêm aditivos, fibras e polímeros. A preferência é que contenha aditivo anticorrosivo e se não tiver, é necessário proteger o substrato e barras de aço expostas com material apropriado.

São disponibilizados para aplicação manual, sem auxílio de fôrmas, com consistência tixotrópica e os que necessitam de fôrmas como o *graute*, que são autoadensáveis.

Em geral, estes materiais são comercializados prontos e, portanto, não possibilitam a escolha do tipo de cimento e dos aditivos que podem influenciar o resultado de cor e textura, tornando-se difícil atingir critérios de aparência de cor mais restritivos dos acabamentos superficiais em projetos de conservação.

A proposta de parcerias com a indústria para o desenvolvimento de argamassas industrializadas feitas sob medida para obras de grande vulto oferece a oportunidade de pesquisa multidisciplinar para obter materiais que se aproximem do atendimento a todas as condições solicitadas.

2.4.2 **USO DE MATERIAIS ORIGINAIS**

Os reparos realizados com misturas que reproduzem as técnicas de execução, as dosagens e utilizam materiais originais, ou que se aproximam dos originais, têm sido propostos como solução pelos conservadores, e são conhecidos como reparos *like-for-like*. As experiências de conservação do *National Theatre* de Londres são exemplos desta abordagem. Os resultados estéticos tendem a ser compatíveis com o concreto original, pela própria natureza dos componentes e dosagens.

A tentativa de reprodução das misturas usadas em obras históricas enfrenta desafios técnicos pela significativa diferença na atual tecnologia de produção dos materiais como, por exemplo, o cimento que é produzido mais fino e tem composição diferente, resultando em diferentes dosagens.

Do ponto de vista estético, também é questionável porque, além das propostas de conservação pautadas pelas diretrizes dos órgãos reconhecidos de conservação não pretenderem reproduzir o falso histórico, tecnicamente, as misturas (concreto ou argamassas) usadas em reparos, mesmo que produzidas com materiais similares, terão aparência de cor distinta, pelo fato de ainda não terem sido submetidas à ação do tempo.

Sob o ponto de vista técnico, as limitações estão vinculadas aos cuidados a serem observados quanto à aderência, a compatibilidade eletroquímica entre os dois materiais, o original e o novo, e a compatibilidade mecânica que envolve a dosagem de misturas com propriedades, tais como resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de dilatação térmica compatíveis com as do concreto original, com vistas a garantir o bom desempenho estrutural do conjunto. Outra propriedade importante das misturas usadas nos reparos é a propriedade física de retração compensada para evitar fissuração e, conseqüentemente, o comprometimento da sua durabilidade. Embora esteticamente as respostas tenham sido satisfatórias, as argamassas ou concretos produzidos sob medida devem ser resultantes de um competente estudo de dosagem e de controle de produção em obra, condições que dependem de um rigoroso controle da qualidade na aquisição e manipulação dos materiais e dos serviços *in loco*.

Para controle da influência dos agregados na aparência da cor e textura dos reparos, os conservadores recomendam a produção de dosagens com agregados das mesmas jazidas que forneceram o material para a obra. No entanto, quando esses agregados não estiverem mais

disponíveis comercialmente, Ingham (2010, p. 74) propõe a busca por outras opções disponíveis, auxiliada por avaliações visuais, suplementada por informações petrográficas que forneçam dados de cor, classificação e forma da partícula. Esta consulta por jazidas de agregados compatíveis com as misturas originais poderia ser feita em um cadastro nacional, com informações técnicas de sua composição e dados de seus produtores. Processo semelhante, quanto à utilização de resultados das análises petrográficas associadas à busca de fornecedores cadastrados, foi descrito por Farrell e Wood (2015) para a seleção de materiais de reparo do concreto aparente do *National Theatre*, em Londres.

Por fim, destaca-se que, operacionalmente, o uso de traços do concreto original requer, também, a viabilização de duas condições: (a) profundidade mínima do reparo que viabilize o uso de misturas com agregados de maiores dimensões que, para traços de concretos históricos, podem chegar a dimensões características de 25 mm ou mais e (b) instalação de fôrmas com características necessárias para garantir boas condições de preenchimento da lacuna e adensamento do concreto.

A profundidade mínima do reparo conflita com a necessidade de mínima remoção de material original. Exemplo disso é o caso relatado por Farrell e Davies (2005) da recomposição do concreto de uma laje da igreja *White Church*, localizada na cidade de Lytham St. Annes, na Inglaterra, e construída em 1903. A igreja é considerada uma das mais antigas obras feitas com elementos de concreto armado e ainda em uso. Nos trabalhos de conservação, realizados em 2004, a opção da reconcretagem da laje, com o traço e materiais originais, foi substituída pelo uso de argamassa industrializada, aplicada manualmente, pelo fato da primeira solução requerer a retirada de praticamente todo o material original da laje. O uso da argamassa de reparo viabilizou, segundo os autores (FARREL; DAVIES, 2005), a retirada da mínima quantidade de material original, além de garantir proteção contra os principais mecanismos de deterioração do

concreto, sujeito à corrosão das armaduras induzida por uma combinação de carbonatação e ataque por cloretos.

O uso de fôrmas implica provável necessidade de uso de concreto bombeado e de vibradores de imersão, além da aplicação de indispensáveis mecanismos de fixação para manter sua própria estabilidade em substratos igualmente estáveis. Ambos são procedimentos invasivos, que nem sempre são possíveis, e podem afetar as superfícies do entorno do tecido original que ainda estão bem preservadas.

2.4.3 **PIGMENTOS**

Segundo Positieri (2005), que estudou as propriedades do concreto colorido, os pigmentos utilizados na coloração do concreto devem ser insolúveis em água, resistentes à alcalinidade do cimento, inertes quimicamente, estáveis à luz, temperaturas extremas e intempéries e estão disponíveis sob forma de pó e pastosa.

Os pigmentos utilizados no concreto são os óxidos de metais, como os ferrosos, para obtenção de vermelhos, negros, amarelos e ocre, o óxido de cobalto, para obtenção de azuis, e o dióxido de titânio (TiO_2), para obtenção do pigmento branco. Este último tipo de pigmento, quando utilizado com cimento, pode auxiliar no clareamento do concreto e argamassas.

A autora (POSITIERI, 2005, p. 186) concluiu que a incorporação de até 6% de óxidos de ferro não interfere nas propriedades físicas e mecânicas dos concretos estudados e, potencialmente, na sua durabilidade, segundo o ensaio de envelhecimento acelerado realizado. Outra informação importante trazida por sua pesquisa foi que os concretos pigmentados apresentaram um aumento da luminosidade, após ensaios de envelhecimento, quando comparado à luminosidade do concreto não pigmentado.

O uso de pigmentos para o ajuste da cor também é influenciado pelo tipo de cimento utilizado. Evidências dessa influência são observadas nos testes para argamassas nas superfícies do *National Theatre*, em Londres (DOUGLAS, 2016), nos trabalhos de Zhang e Kruger (2006), Smoak e Perez apud Zhang e Kruger (2006) e nas orientações de fabricantes, como a Bayer AG (1967) apud Zhang (2005, p.20). Todos os autores corroboraram a recomendação de misturar cimento Portland cinza e branco na produção dos reparos, quando a compatibilização da cor é importante para o projeto de conservação do concreto.

2.4.4 **TRATAMENTOS SUPERFICIAIS**

Outra técnica de preenchimento de lacunas no concreto aparente é o executado em duas etapas. A primeira, com a inserção de materiais que assegurem a consolidação estrutural do elemento a ser restaurado e, a seguir, a finalização das superfícies com argamassa de acabamento, não estrutural, que proporcione resultado estético proposto pelo projeto de conservação.

No caso da conservação do concreto do *National Theatre* de Londres, o engenheiro Douglas (2016) relatou a necessidade de realizar este tipo de solução em apenas um reparo, principalmente porque a lacuna era muito profunda. Após duas tentativas fracassadas ao utilizar as misturas *like-for-like*, foi adotado o uso de argamassa cimentícia modificada por polímeros, que aderiu e se consolidou junto à armadura e, para acabamento, foi aplicada a mistura pré-aprovada pelos conservadores, na espessura de 2 cm, para compatibilização estética.

Algumas indústrias voltadas a produzir soluções para o concreto aparente, além de produzirem argamassas para reparo estruturais, disponibilizam linha de acabamentos superficiais para o concreto

aparente¹¹. O objetivo é atender obras novas, mas existe a possibilidade do desenvolvimento de soluções sob medida para obras de conservação de maior vulto, com grande volume de consumo de materiais.

O uso de produtos hidrofugantes, geralmente à base de silano-siloxano e dissolvidos em água ou álcool (RAUPACH; BÜTTNER, 2014, p.133), para o controle da penetração de água no concreto é tolerado pelos conservadores, por não formar película e não alterar, substancialmente, a aparência de cor, embora seja um tratamento irreversível.

Por outro lado, produtos que formam película¹², mesmo que incolor, como os vernizes que têm elevada resistência ao amarelecimento, não têm sido considerados apropriados, porque alteram a percepção visual do concreto aparente, por seu brilho e por causar o escurecimento da superfície. Além disso, a eficácia da película na proteção do concreto depende do sistema especificado para a aplicação que, normalmente, requer o preparo da superfície¹³ com o uso de produtos de impregnação que colmatam fissuras superficiais¹⁴. Caso contrário, a proteção de superfície não resultará em película contínua, anulando os benefícios esperados no controle do ingresso de agentes nocivos ao concreto armado. Quando o sistema não é especificado ou aplicado corretamente, a

¹¹ Um exemplo é o MC- Powertop F (MC- Bauchmie, 2018), com algumas opções de cinzas.

¹² Os produtos formadores de películas são classificados, segundo a EN1504, norma europeia, como sistemas de proteção contra ingresso de substâncias nocivas ao concreto endurecido (água, outros fluídos e outras espécies químicas). A espessura total da película varia entre 0,1 e 5 mm, e é obtida com a aplicação de um sistema de múltiplas camadas, desde a camada de impregnação até a camada de proteção final (RAUPACH; BÜTTNER, 2014, p.134).

¹³ Produtos com capacidade de colmatar fissuras (*crack-bridging ability*) devem ser especificados conforme a temperatura de serviço e o tipo de fissura, se ativas ou não (RAUPACH; BÜTTNER, 2014, p.149).

¹⁴ Como, por exemplo, de acordo com dados da indústria, fissuras ativas com abertura de até 0,3 mm e fissuras estáticas com abertura de até 0,9 mm podem ser colmatadas.
(http://www.forsterindustrial.co.uk/files/Products/Fosroc/Protective%20Coatings/Fosroc_Nitocote_CM210.pdf).

consequente descontinuidade da película ainda pode acentuar as diferenças na aparência da cor, pelo umedecimento de áreas mais permeáveis à chuva, em contraste com as áreas protegidas do ingresso da água.

Gaudette e Slaton (2007) advertem que a proteção de superfície do concreto aparente deve ser criteriosamente estudada e testada antes de ser especificada no projeto de conservação. Acrescentam que, apesar das restrições técnicas e estéticas apontadas, o sistema de proteção é de interesse à preservação do patrimônio porque reduz o risco do surgimento de novas frentes de deterioração, desde que especificado corretamente e periodicamente reaplicado.

2.4.5 **TEXTURA**

Os relatos consultados se atêm às técnicas de aproximação da cor e em poucas experiências se identifica qual o cuidado deve ser tomado quanto à textura.

Geralmente, quando a aparência do concreto original é caracterizada por agregados expostos, são utilizadas técnicas de hidrojateamento e escovamento para remover a pasta de cimento e evidenciar os agregados da mistura após a desforma de concretagem.

Nas experiências em que se emprega concreto com auxílio de fôrmas, é possível evidenciar as marcas da madeira impressas na superfície do concreto, como vistas nas experiências relatadas por Farrel e Davies (2005) que, além de aproximar esteticamente o reparo da textura original, seguiu a geometria da antiga concretagem.

Para obter acabamentos de superfícies, como a madeira em reparos feitos com concreto, Gaudette e Slaton (2007) propõem a confecção de fôrmas reutilizáveis para fundir peças de concreto ornamentais ou texturizadas, sejam pré-fabricadas ou moldadas *in loco*. A partir de réplicas de gesso, são feitos moldes para fôrmas da nova concretagem.

Nos experimentos de Valença (2011) para o projeto de conservação das superfícies externas dos edifícios da Fundação Gulbekian, em Lisboa, foram feitas amostras com várias texturas, para avaliação de diferenças de cor por meio digital. As texturas adotadas para comparação das amostras foram a lisa, a chapiscada, a de madeira e a com padrão regular, sendo estampada a mesma textura em todas as amostras. A influência destas texturas e da incorporação de pigmentos nas argamassas permitiram compor as imagens que seriam analisadas de forma digital, proposta de sua tese, com o propósito de orientar a escolha da melhor solução na definição de mistura personalizada para a conservação daquelas superfícies.

Como destacado no relato da experiência da conservação do concreto do *National Theatre* de Londres (DOUGLAS, 2016), a finalização na superfície do reparo, ilustrada na Figura 17, resultou, aparentemente, em textura que remete à superficial original, mantendo a distinguibilidade.

2.4.6 **GEOMETRIA DOS REPAROS**

Como mencionado no item anterior, em alguns casos, a geometria proposta para os reparos segue a mesma que a concretagem original, mas no caso do reparo feito em duas etapas na superfície do *National Theatre* de Londres, visto na Figura 17, a preferência foi por contornos mais orgânicos, com bordas que foram incorporadas visualmente ao concreto original. O resultado foi satisfatório, porque enquanto é possível identificá-lo, não se sobressai ou não se torna figura ao ser observado.

FIGURA 17 - DETALHE DE REPARO NAS SUPERFÍCIES DE CONCRETO APARENTE DO NATIONAL THEATRE DE LONDRES

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA, 2016

Sob o aspecto técnico para boa compactação e aderência do reparo, Von Fay (2015) reitera as tradicionais orientações quanto ao corte e formato dos reparos: (a) executar corte perpendicular à superfície do concreto ou com ângulo de 5° a 10° de inclinação para dentro, promovendo condições para melhor aderência mecânica do material de reparo; (b) formas retangulares ou quadradas com vértices arredondados, para boa distribuição e compactação do material de reparo junto às bordas. O autor justifica esta última orientação para evitar ângulos agudos, o que fragilizaria o material endurecido, bem como para evitar

mudança brusca de direção durante o corte, o que dificultaria seu acabamento perimetral.

Como visto em diferentes casos, é importante reiterar que não é possível estabelecer prescrições na especificação de tipo e técnicas de empregos de materiais, textura ou geometria. Cada edifício, cujas superfícies de concreto aparente tenham que ser conservadas, apresentará suas especificidades que deverão ser consideradas no projeto e planejamento de intervenções.

3 PERCEPÇÃO VISUAL, COLORIMETRIA E ESPECTROFOTOMETRIA

3.1 PERCEPÇÃO VISUAL: COR E APARÊNCIA DE COR

A busca pelo controle da compatibilização estética entre reparo e o concreto original na conservação do concreto aparente pode ser amparada pelo conhecimento sobre definição de cor, atributos físicos e de aparência, percepção visual, sistemas de cor, métodos de leitura e avaliação de dados colorimétricos.

A cor é um dos atributos que mais influencia a percepção visual de um objeto.

Para Billmeyer e Saltzman (1981, p. 1)¹⁵, a cor é muito mais que algo físico, é o que se vê, resultado do efeito da luz no olho humano e do processo perceptual e de interpretação pelo cérebro.

Arnkil, Anter e Klarén (2012, p. 16) referem-se à cor e luz como fundamentais para a experiência da realidade exterior. Esta experiência existe pela associação dos estímulos físicos do objeto (superfícies, iluminação, espaço e movimento do observador) à visão e percepção humana, que é processada pela sensibilidade, memória e intuição.

Os atributos físicos e visuais da cor são o matiz, a saturação e a luminosidade. O matiz é o atributo da percepção visual da cor com o qual se descreve a similaridade de sensação ou percepção do vermelho, azul, verde, amarelo ou a combinação de pares adjacentes quando as cores estão dispostas em um círculo fechado (CIE S 017/E *apud* CESAR, 2010). A saturação é o atributo que descreve a distância da cor em relação ao cinza de mesma luminosidade, e a luminosidade é o atributo pelo qual a cor percebida é avaliada em sua equivalência a uma série de anéis cinza, os acromáticos, que vão do preto ao branco (ASTM E 284 *apud* CESAR, 2010). Além destes atributos de cor que podem descrevê-la, há outras qualidades que podem afetar sua percepção, como o brilho, textura,

¹⁵ A edição mais recente desta obra é revisada por Berns (2000).

tamanho do objeto e entorno que circunda a superfície observada (BILLMEYER; SALTZMAN, 1981, p.13).

A cor não se limita ao domínio físico e é percebida por processos internos da mente humana, chamada cor fisiológica por Goethe, em sua obra Doutrina das Cores (1810, p. 79), obra precursora da compreensão do processo de percepção das cores.

Além das qualidades da aparência já descritas, David Katz (*apud* ARNKIL, ANTER e KLARÉN, 2012, p.30) as descreveu como atributos que são relacionados à natureza do objeto, à luminosidade da cor, à textura da superfície, condição espacial, volume, tamanho, transparência e o brilho.

Sob o ponto de vista de estímulo físico, a percepção da cor depende de um objeto iluminado, de uma fonte de luz que incide neste objeto e do olho e cérebro de um observador que a interpreta (BILLMEYER; SALTZMAN, 1981, p. 2).

3.2 O OBJETO

Os objetos modificam a luz recebida por transmissão, absorção e reflexão dos raios luminosos recebidos, dependendo do tipo de material de que são constituídos.

A transmissão de luz através do material ocorre em materiais transparentes nos quais pequena quantidade de luz é refletida. Isto ocorre em função do índice de refração do material, que caracteriza o fenômeno de alteração de sua velocidade de propagação quando a luz passa de um meio a outro. Este índice é obtido pela razão entre as velocidades da luz em dois meios diferentes como, por exemplo, no ar e no material.

A absorção de luz ocorre tanto em materiais opacos, quando absorve toda a luz, quanto em transparentes, que retêm parte da luz e transmitem outra. A absorção é medida pela razão entre o fluxo da radiação absorvida por uma superfície e o fluxo incidente sobre a mesma.

A reflexão da luz ocorre na interação da luz com o material. Parte da luz pode ser absorvida e outra parte refletida em comprimentos de onda diferentes, o que determina sua cor, e essa reflexão pode se dar em uma direção ou em várias. A cor é determinada pela quantidade e tipo de reflexão e absorção do material. Se há total absorção da luz, o material é da cor preta. Há ainda a definição do tipo de material quanto à sua capacidade de transmissão da luz. Ele pode ser translúcido, quando parte da luz é transmitida e parte refletida, e opaco, quando a luz não passa através dele.

A reflexão pode ser especular, quando a luz incide sobre a superfície em um ângulo e é refletida com o mesmo ângulo; difusa, como ocorre em superfícies rústicas, e texturizadas com reflexão da luz em diversos ângulos e ainda há a combinação da reflexão especular e difusa.

Sob o ponto de vista da cor, o efeito da luz sobre um objeto pode ser descrito por sua transmitância espectral ou curva de refletância. A curva de refletância mostra a fração de luz refletida em cada comprimento de onda (cor visível) do material (em relação a um padrão de branco), definindo a cor da superfície (BILLMEYER JR.; SALTZMAN, 1981, p.13).

Na relação da cor com a luz, a cor é sua reflexão na região visível do espectro eletromagnético. As cores do espectro visível variam no seu comprimento de onda em faixa aproximada de 400 nm a 780 nm e no intervalo de frequência de 380 a 750 THz (CIE COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE, 2004), como ilustrado na Figura 18.

FIGURA 18 – ESPECTRO DE LUZ VISÍVEL

FONTE:- ENCICLOPÉDIA BRITANNICA (2018)

O espectro de cor visível de uma superfície depende do tipo de luz utilizada ou incidente sobre o objeto, denominado iluminante. No confronto entre as curvas espectrais de alguns tipos de luz, determinadas cores serão percebidas ou não sob determinado iluminante.

No Gráfico 1, observa-se as distribuições espectrais de energia de vários tipos de iluminantes, como a luz do Sol (*Sunlight*), a da lâmpada LED (*Light Emitting Diode*), a lâmpada incandescente (produzida pelo gás tungstênio) e a lâmpada fluorescente compacta (CFL, *compact fluorescent lamp*).

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DE ENERGIA DE ILUMINANTES

Dos exemplos ilustrados, a luz do Sol é a que possui maior abrangência no espectro visível e, portanto, reproduz o maior número de cores; a lâmpada LED (*Light Emitting Diode*) possibilita a visão de grande

parte de azuis, amarelos e alaranjados; a incandescente favorece a visão dos vermelhos, laranjas e amarelos e o espectro visível da luz fluorescente é maior em picos de azuis, verdes e laranjas.

3.3 O OBSERVADOR E A ANATOMIA DO OLHO

Segundo Billmeyer e Saltzman (1981, p. 15), o olho age como uma câmara, formando imagens da cena na parte sensível da retina. Aí existem dois tipos de células fotossensíveis, os cones e os bastonetes. Os cones captam de maneiras diferentes os comprimentos de ondas recebidos que, inter-relacionados, produzem diferentes curvas espectrais; os bastonetes permitem a percepção de objetos no espaço em ambientes pouco iluminados.

Além da anatomia do olho, ainda há a interferência da experiência e conhecimento prévio do observador sobre o julgamento da cor de um objeto. A consciência de que determinado objeto é reconhecido culturalmente como sendo de determinada cor pode influenciar em sua percepção de cor.

Experiências de cor relatadas por Arnkil, Anter e Klären (2012, p.36) envolvem caminhos paralelos na atividade neurológica do indivíduo. A percepção da cor pelo observador ocorre dentro do processo visual, que é iniciado com estímulos externos, como os aspectos de forma, cor, movimento, tamanho e orientação, que são processados separadamente e que se conectam, interagem entre si e levam o observador à percepção e experiência espacial, que inclui a identificação da cor.

3.4 DESCRIÇÃO DA COR

Para facilitar a comunicação sobre a cor, foram criadas descrições por meio de sistemas associados à sua finalidade. Estes sistemas estão correlacionados com o tipo de cor produzida, seja pela luz ou por superfícies.

Na indústria de produção de imagens produzidas por luz, como as que lidam com reprodução da cor em monitores e dispositivos ópticos de captação de imagem que não envolvem o uso de corantes, é adotado o sistema aditivo de cor-luz RGB (*red*, *green* e *blue*).

Para o sistema de mistura física da cor é utilizado o sistema de cores subtrativo, utilizado em materiais como da construção civil ou em impressões em papel, tecidos e plásticos.

Os sistemas estão representados na Figura 19, que ilustra como são os resultados das misturas de cores em cada sistema.

FIGURA 19 - SISTEMA DE CORES ADITIVAS (ESQ.) E SUBTRATIVAS (DIR.)

FONTE: [HTTPS://WWW.CAMBRIDGEINCOLOUR.COM/TUTORIALS/COLOR-PERCEPTION.HTM](https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/color-perception.htm)

Para as cores subtrativas, existem sistemas de paletas de cores, como Pantone, CMYK (utilizado para impressão) e cartelas personalizadas das indústrias de tinta, tecido e plásticos.

Os sistemas de cor baseados na percepção visual da cor, como Munsell, NCS (*Natural Colour System*) e OSA (*Optical Society of America*), têm por objetivo oferecer padrões de distinção de cor e similaridade.

No sistema Munsell, as cores são descritas pelo matiz, saturação e luminosidade, e no NCS há os atributos, matiz, saturação, *whitness* e

blackness, que são expressos em porcentagens (CESAR, 2010). Os sistemas Munsell e NCS já são de uso consolidado na especificação de cores em projetos de arquitetura.

3.5 COLORIMETRIA

A colorimetria é o estudo da cor por meio de metodologia psicofísica, ou seja, quando há relação entre a sensação no domínio psicológico e os estímulos físicos (GUSTAV FECHNER, 1860 apud ARNKIL; ANTER; KLARÉN, 2012, p.58).

Os fundamentos teóricos da colorimetria são constantemente desenvolvidos por meio de pesquisa, o que significa que métodos e algoritmos não são vistos como entidades fixas, mas passíveis de modificações por novos estudos. São aplicados principalmente para avaliar e comparar as cores sob determinadas condições, como as diferentes fontes de luz ou iluminantes e tipo de observador.

Os padrões comumente utilizados na colorimetria foram formulados pela *Comission Internationale de L' Eclairage* (CIE), que é uma fundação independente, sem fins lucrativos e dedicada à cooperação internacional para troca de informações e questões relacionadas à ciência e arte da luz e iluminação, cor e visão, fotobiologia e tecnologia da imagem. Suas recomendações em colorimetria estabelecem padrões para uso de iluminação, observadores e referências de refletância, utilizando os atributos do espaços de cor CIELAB, como referência para medição dos estímulos para a percepção da cor e de diferenças de cor (CIE COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ÉCLAIRAGE, 2007).

O espaço de cor CIELAB é um sistema colorimétrico, resultado de transformação linear do sistema CIE XYZ, isto é, os valores de L^* , a^* e b^* são obtidos por meio de fórmulas que contêm os valores X, Y e Z. Estes são valores numéricos tristímulos, resultados da interposição de valores obtidos pela curva espectral do iluminante (potência relativa x

comprimento de onda), como ilustrado no Gráfico 2, da refletância da superfície do objeto (porcentagem de refletância x comprimento de onda), como ilustrado no e pela percepção de cores do observador padrão (valores tristímulos x comprimento de onda), ilustrado no Gráfico 4.

FUNÇÕES NOS SISTEMA CIE XYZ - VALORES TRISTÍMULOS CIE XYZ (TRANSFORMADOS EM VALORES NUMÉRICOS)

GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DE ENERGIA DO ILUMINANTE D65 (CIE)

GRÁFICO 3 - REFLETÂNCIA ESPECTRAL DE UM OBJETO

GRÁFICO 4 - FUNÇÃO DE CORRESPONDÊNCIA DE CORES (OBSERVADOR CIE 1931)

FONTE: EFG'S COMPUTER LAB

No espaço de cor $L^*a^*b^*$, as cores são distribuídas espacialmente em uma esfera, conforme ilustração da Figura 20.

FIGURA 20 - ESPAÇO DE COR CIELAB

FONTE: X-RITE PANTONE, 2015

Em determinada cor, o valor atribuído a a^* pode estar no intervalo de 0 a 60, indicando quantidade de vermelho na cor, de 0 a -60, negativo, indicando quantidade de verde. Os valores atribuídos a b^* podem estar no intervalo de 0 a 60, indicando presença de amarelo e de 0 a -60, indicando a presença da cor azul.

O L^* é a luminosidade da cor em uma escala de 0 (preta) a 100 (branca), passando por todas os acromáticos deste intervalo.

Há outro espaço de cor, o CIE $L^*C^*h^\circ$ que, além dos valores de L^* , a^* e b^* , considera o valor de C^* (de 0 a 100), que determina o grau de saturação da cor e o ângulo h (de 0° a 360°), que determina sua tonalidade (KONIKA MINOLTA, 2015). Este sistema está ilustrado na Figura 21.

FIGURA 21 - ESPAÇO DE COR CIE $L^*C^*H^\circ$

FONTE: [HTTP://SENSING.KONICAMINOLTA.COM.BR/2015/08/COMPREENDENDO-O-ESPACO-DE-COR-CIE-LCH/](http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/08/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/)

3.6 OBSERVADOR CIE

Os observadores padrões da CIE, quando criados, foram representados pela média de população que possui visão considerada normal para percepção de cores. O CIE padronizou o observador padrão em 1931, por meio de testes de percepção de cores para um grupo de pessoas, aplicando cores em um campo visual de 2° e, em 1964, em um campo visual de 10° . Os resultados dessas avaliações produziram valores tristímulos em x (vermelho), y (verde) e z (azul), correspondendo às descrições numéricas das respostas cromáticas das médias obtidas pelos grupos de observadores. O Gráfico 4 corresponde ao observador padrão CIE 1931 e ilustra como a cor foi percebida em função de seu comprimento de onda.

3.7 ILUMINAÇÃO CIE

O CIE estabelece padrões de iluminação para incidir em superfícies para avaliação de seus atributos cromáticos. Os padrões de fontes de iluminação artificiais mais usuais são:

- a) CIE iluminante A, obtida em lâmpadas de filamento de tungstênio, com temperatura de cor 2.856 K (Kelvin);
- b) CIE iluminante padrão D65: média da luz do dia, com temperatura de cor 6504 K (Kelvin);

Cada um com distribuição espectral de energia específica, como os exemplos de alguns iluminantes anteriormente ilustrados na Gráfico 1.

3.8 TOLERÂNCIA E COMPARAÇÃO ENTRE CORES

Com o objetivo de comparar cores de uma amostra em relação a um padrão, a CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE, 2004) recomenda cálculos de diferença de cores, que podem auxiliar na determinação de limites em cada campo de utilização (avaliações cromáticas e diferença de cor em indústrias gráficas e têxteis).

A diferença de cor em CIELAB (ΔE^*_{ab}) é um cálculo euclidiano, de 1976, que não considera fatores de correção de percepção, como outras fórmulas criadas posteriormente.

Sua fórmula de diferença de cor considera que a diferença entre duas cores é a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre luminosidade, L^* , das diferenças nos valores de a^* e da diferença de b^* .

ΔL^* = diferença de luminosidade, (+) mais claro, (-) mais escuro

Δa^* = diferença em vermelho (+) e verde (-)

Δb^* = diferença em amarelo (+) e azul (-)

ΔE^* = diferença total de cor

Para calcular a diferença total da cor, utiliza-se a seguinte equação:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

EQUAÇÃO 1

Outros cálculos de diferença de cor, formulados posteriormente (1993 e 2000), com índices de correção de percepção¹⁶ incorporados, são aplicados em comparações rigorosas de cor, notadamente em indústrias.

Cada indústria estabelece níveis de tolerância para aceitação desta diferença, que estão relacionados com o *Just Noticeable Difference* (JND), conceito que será abordado adiante.

3.9 METAMERISMO

Na comparação entre dois ou mais objetos, é possível que cada um apresente curva de refletância espectral diferente e, sob determinada fonte de luz, pareçam ao observador da mesma cor, isto é, sua percepção é processada como cores compatíveis e iguais. Com a mudança da fonte de luz, a percepção de cor muda e elas parecem diferentes. Esse fenômeno se chama metamerismo.

Para que duas superfícies de duas amostras sejam iguais sob qualquer tipo de iluminante, é fundamental que os colorantes e matérias-primas sejam idênticos. Para materiais de diferentes origens, é necessário grande habilidade e conhecimento para formulação correta de colorantes e materiais que compõem as amostras, para evitar o metamerismo (BILLMEYER JR.; SALTZMAN 1981, p.21).

Os testes de metamerismo são sugeridos para comparação de superfícies que serão observadas sob diferentes iluminações.

¹⁶ Existem índices de correção de percepção para as indústrias têxtil e gráfica.

3.10 ESPECTROFOTOMETRIA EM COMPRIMENTOS DE ONDAS VISÍVEIS

Um dos aspectos da aparência de uma superfície é o quanto esta reflete e absorve a luz que incide sobre ela.

Sob o ponto de vista da luz, seu efeito sobre o objeto pode ser descrito como transmitância espectral (materiais transparentes) ou refletância espectral (materiais opacos).

Em uma superfície, a reflexão da luz pode ser especular, como a que ocorre em superfícies espelhadas e a difusa, em superfícies rugosas, em que a luz é refletida para várias direções. Ainda há a combinação desses dois tipos de reflexão em superfícies lisas, devido ao espalhamento de luz na própria superfície do objeto acrescida de sua reflexão (BILLMEYER JR.; SALTZMAN, 1981, p.13).

A espectrofotometria é a medição da refletância ou transmitância espectral dos materiais, em razão da luz refletida ou transmitida de um padrão de referência, que é o branco. Esta medição é chamada de fator de refletância (JOHNSTON-FELLER, 2001, p.6). Desta forma, o aspecto da aparência de uma superfície é o quanto e como ela reflete ou transmite a luz que incide sobre ela.

3.10.1 **COLORÍMETROS TRISTÍMULOS E ESPECTRAIS**

Mesmo que nenhum instrumento ou computador ainda possa simular a experiência de cor do humano, existem medidores que podem informar os dados colorimétricos das cores, auxiliando a comparação e comunicação das cores.

Há dois tipos de equipamentos de medição de atributos físicos da cor: o espectral e o tristímulo.

Segundo Johnston-Feller (2001, p. xxi), o espectrofotômetro ou colorímetro espectral é um instrumento analítico capaz de processar dados numéricos sobre a cor, dando apoio à colorimetria.

O espectrofotômetro utiliza sensores que medem a quantidade de luz refletida em cada comprimento de onda visível, fornecendo as curvas espectrais referentes à superfície do objeto. É um equipamento óptico que mede a quantidade relativa de energia refletida ou transmitida em comprimentos de onda individuais do espectro. Na medição, é produzida uma curva espectral em um gráfico, onde no eixo **x**, estão os comprimentos de onda, expressos em nm (1×10^{-9} m) e no eixo **y**, a refletância ou transmitância em porcentagem de 0 a 100 (JOHNSTON-FELLER, 2001, p.5).

Nestes equipamentos, existem dois modos de medição da refletância. O modo SCI (*Specular Component Included*), que inclui a refletância especular e o modo SCE (*Specular Component Excluded*), que evita que a refletância especular seja medida. A diferença entre as medidas tomadas com SCE e SCI determina o quão opaco ou brilhante é um material.

Segundo Govaerts *et al.* (2014), que avaliaram a influência dos modos de leitura SCI e SCE do espectrofotômetro, as diferenças de cor entre os resultados obtidos em argamassas de revestimento e, portanto, material com aparência heterogênea, foram insignificantes.

Quanto ao colorímetro tristímulo, comumente denominado colorímetro, Johnston Feller (2001, p. 38) o descreve como um equipamento que possui três filtros que fornecem medidas aproximadas aos valores tristímulos X, Y e Z, e que foi projetado para comparar materiais com composição similar, curvas espectrais e aparências semelhantes. Ele foi criado como uma tentativa de integração óptica, que obtém porcentagens de R (*red*), G (*green*) e B (*blue*) e, portanto, uma mistura aditiva, desde que definidos o iluminante e o observador (X-RITE PANTONE, 2017).

Há colorímetros tristímulos que possuem cartelas digitais de cores de empresas fabricantes de tintas ou tecidos, e outros com cartelas de sistemas perceptuais de cor, como Munsell ou NCS. Em cada medição é identificada uma das cores destas cartelas que mais se aproxima à da superfície do objeto.

3.10.2 USO DA COLORIMETRIA APLICADA EM ROCHAS E MATERIAIS CIMENTÍCIOS

As características das superfícies de concreto aparente, rugosas e irregulares, além da heterogeneidade natural de tons e texturas, talvez tenha desencorajado o uso da espectrofotometria em estudos de aparência e degradação, pela possível dispersão de resultados, inviabilizando o uso da técnica.

No entanto, a espectrofotometria tem sido aplicada largamente no estudo de rochas, cuja natureza físico-química e características de superfície aproximam-se, em certa medida, da natureza e das características do concreto.

Diversas pesquisas mostram que, por meio de notações colorimétricas, é possível o estabelecimento de procedimentos para determinar os atributos cromáticos das rochas para o controle das qualidade dos materiais de construção (SOUZA *et al.*, 2008) e as

variações que esses atributos podem sofrer quando estes materiais são submetidos a processos de alterabilidade física e/ou química por sua degradação, para atingir acabamentos e ainda após a aplicação de agentes impermeabilizantes ou consolidantes (BENAVENTE *et al.*, 2003; KUZMICKAS, 2013; GROSSI, 2013).

Benavente *et al.* (2003) utilizaram os fundamentos da colorimetria para avaliar o quanto as condições atmosféricas e a porosidade de superfície de rochas, que revestem edifícios, influenciavam na mudança das cores do material. Por meio da colorimetria, demonstraram que a variação de cor causada por ataque ácido depende da variação da rugosidade superficial e do tipo de da pedra. Constataram, no experimento, que as mudanças de cor ocorreram em sua luminosidade e saturação, e não em sua tonalidade.

O uso da espectrofotometria aplicada ao estudo cromático das rochas ornamentais, com ou sem polimento, desde que certos parâmetros de medida sejam ajustados, tem sido amplamente difundido (SOUZA *et al.*, 2008; PRIETO *et.al.*, 2010) nesta área de estudos. A validade do uso desta técnica foi confirmada por vários pesquisadores (KUZMICKAS, 2013; GROSSI, 2013 e DEL LAMA *et al.*, 2016), notadamente em revestimentos de edifícios e de monumentos históricos para os quais as técnicas de ensaio não destrutivo, tal como a espectrofotometria, são preferíveis.

As mesmas técnicas têm sido aplicadas de forma mais discreta para a pesquisa e desenvolvimento de materiais à base de cimento (argamassas e concretos) de edifícios de valor histórico e artístico. A pesquisa de Durán Suárez *et al.* (2000) demonstra, por meio da colorimetria, que é possível estimar a influência de aglomerantes (cal e cimento) e pigmentos nos atributos cromáticos das argamassas de restauro empregadas nesses edifícios.

Na última década, pesquisadores que atuam na área de dosagem de concreto e de recuperação de estruturas de concreto, têm recorrido à

colorimetria para a determinação de cor e textura (POSITIERI, 2005; LOPEZ et al., 2007), avaliação da eficácia de tratamentos de superfície por meio de hidrofugantes ou vernizes (ZHANG, 2005), ou de produtos com atividade fotocatalítica (TEPERLUCK, 2012) e para estudo do desempenho do concreto aparente pigmentado (POSITIERI, 2005).

No Brasil, apesar de obras de vulto já produzidas com concreto pigmentado, ainda há escassos trabalhos publicados sobre o uso da espectrofotometria no estudo cromático do concreto (PASSUELO, 2004; OLIVEIRA, 2013).

A pesquisa de Zhang (2005), que estudou a aparência de concretos novos e antigos e a dissertação de mestrado de Oliveira (2013), que fez ensaios experimentais para elaboração de argamassas para fechamento de lacunas de concreto aparente de edifícios do patrimônio moderno de Belém (PA), foram auxiliados pelo uso de colorímetros. Ambos os trabalhos foram descritos no capítulo 2.

Zhang (2005) adotou os parâmetros de tolerância de diferença de cor (*Just Noticeable Difference*) para concreto propostos por Waelbers e Rohde (1994)¹⁷, reproduzidos na Tabela 1.

TABELA 1 RELAÇÃO ENTRE A AVALIAÇÃO VISUAL E ΔE^* NO CONCRETO

ΔE^*_{ab}	AVALIAÇÃO VISUAL DA DIFERENÇA DE COR
ATÉ 0,2	NÃO VISÍVEL
DE 0,2- 0,5	MUITO LEVE
DE 0,5- 1,5	LEVE
DE 1,5-3,0	ÓBVIA
DE 3,0-6,0	MUITO ÓBVIA
DE 6,0 – 12,0	GRANDE

FONTE: WAELEBES E ROHDE,1994 APUD ZHANG,2015

¹⁷ WAELEBES, K; ROHDE, A. W. An aesthetic repair system for concrete. Concrete meets the challenge. Concrete Society of Southern Africa Silver Jubilee commemoration national convention. Sun City, p. 18-21, Sep. 1994.

Há evidências de que os termos utilizados nas avaliações visuais da diferença de cor desta tabela são rígidos, já que em outras referências o valor para a diferença de cor ΔE^*_{ab} até 3 é tolerado como limite de compatibilidade colorimétrica.

A pesquisa de Prieto *et al.* (2010) trouxe importante contribuição no que diz respeito ao estabelecimento de parâmetros para a leitura de superfícies de rochas, como determinação de área mínima de superfície a ser avaliada, número mínimo de medidas colorimétricas a serem obtidas em diferentes tipos de granitos e com acabamentos superficiais diferentes e o diâmetro de leitura da cor do espectrofotômetro. Foi utilizado um sistema estatístico para relacionar as variáveis nos resultados das medidas da cor e estabelecimento de tolerância visual para diferenças de cor entre duplas de amostras do granito em cada variável.

Para determinar o número mínimo de medidas necessário, foram levantados os atributos de cor no sistema CIELAB em 20 pontos aleatórios dentro de cada amostra em diferentes tamanhos, tipo de granito, acabamento de superfície e abertura de leitura. O gráfico confrontava as médias acumuladas dos resultados dos atributos colorimétricos obtidos pelo número de medidas. O formato dos gráficos obtidos foi um decaimento exponencial invertido com uma assíntota horizontal, correspondendo a uma constante para o número de medições. O ponto onde se inicia a estabilização horizontal nesta relação é o número mínimo de medidas a serem tomadas.

Os resultados também foram comparados aos pares para cada variável e foram calculados os ΔE^*_{ab} , ΔE^*_{94} e ΔE^*_{00} , sendo os dois últimos calculados por fórmulas com fatores de correção e distorções e, portanto, mais precisos.

As avaliações se basearam em níveis de tolerância pré-estabelecidos, o “*just noticeable difference*” (JND)¹⁸ ou limite (considerado imperceptível para o observador comum) na faixa de 0 a 0,73; acima do limite (*suprathreshold*) na faixa de 0,73 a 1,75 e na faixa próxima ao inaceitável (*rigorous color tolerance*), de 1,75 a 3,00.

Em seu trabalho, os resultados para número mínimo de tomadas de medidas colorimétricas em uma área confinada de 36 cm² para 50 mm de diâmetro de abertura do leitor do equipamento foram 6, para 8 a 10 mm de abertura foram necessárias 14 medidas e, para 5 mm de abertura, foram necessárias 17 medidas.

O caminho percorrido para obtenção dos resultados se adequa a superfícies heterogêneas, como o granito, e estes resultados podem ser corroborados por avaliações visuais.

Em estudo realizado durante cinco anos, Del Lama *et al.* (2016), ao utilizar o método proposto por Prieto *et al.* (2010), comparou atributos colorimétricos e de refletância entre amostras novas de Granito Itaquera e de superfícies do mesmo material em monumentos históricos da cidade de São Paulo, expostos por anos às intempéries e poluição. O método não destrutivo utilizou os espaços de cor CIELAB* e CIE L*C*h°* e a fórmula de diferença adotada foi a estabelecida em 1976 pelo CIE para cálculo do ΔE^*_{ab} . Os resultados detectaram homogeneidade entre as amostras novas, enquanto que as superfícies dos monumentos apresentaram diferenças consideráveis em sua luminosidade, L*.

A pesquisa de Govaerts *et al.* (2014) tinha como objetivo definir e avaliar os parâmetros limítrofes para medir a cor de quatro tipos de argamassas de revestimento, não homogêneas, utilizadas em fachadas de

¹⁸ O JND é abordado na Lei de Weber (Ernst Heinrich Weber, 1795-1878) do campo da psicofísica, que introduziu o conceito da resposta humana a um estímulo físico e da menor diferença percebida entre dois estímulos similares.

edifícios do patrimônio histórico. Os parâmetros e variáveis considerados foram o número de medidas necessárias, tamanho mínimo das amostras, abertura da cabeça de medição do espectrofotômetro e avaliação da influência da medida, com ou sem componente espectral, modos SCI (*specular component included*) e SCE (*specular component excluded*).

Foram testados dois tipos de leitores de cor do tipo espectral, um de bancada, fixo no laboratório e um colorímetro espectral portátil.

Para determinação do número mínimo de medidas a serem tomadas também utilizaram o método proposto por Prieto *et al.* (2010).

O trabalho concluiu que, estabelecendo os parâmetros limítrofes para cada variável, é possível utilizar um equipamento portátil *in loco* em trabalhos de restauração. Foi aconselhado utilizar diâmetro de cabeça de leitura maior dos leitores de cor para leitura colorimétrica de argamassas de revestimento.

Outras técnicas têm sido exploradas para identificação da aparência dessas superfícies. Valença *et al.* (2015) fizeram comparações entre a cor do concreto danificado de edifícios do complexo da Fundação Gulbekian e da argamassa de reparo, com auxílio de imagens captadas por equipamentos fotográficos e interpretação por DIP, *digital image processing*. A mesma equipe utilizou informações sobre a refletância da superfície, obtidas por sensores a laser, para obter os níveis de rugosidade da textura da superfície do concreto (JÚLIO; SANTOS, 2008) ao investigar a adequação destas superfícies para aderência de novos materiais de reparo.

3.11 AVALIAÇÃO DE DIFERENÇA DE COR POR MÉTODO VISUAL

Apesar do auxílio de equipamentos de leitura de dados colorimétricos e oferta de fórmulas de cálculo para determinação de diferença de cor, a avaliação comparativa final entre cores pode ser feita visualmente, complementando os ensaios colorimétricos. Esta prática é

utilizada em indústrias para constatar a reprodutibilidade da cor, inspeção de materiais na entrada da produção, monitoramento do processo de fabricação e inspeção de bens acabados. A norma americana *Standard Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials*, ASTM D 1729-16 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL, 2009) descreve o procedimento, condições e materiais necessários para a avaliação visual comparativa.

A recomendação é de que o procedimento seja realizado por um grupo de pessoas que tenha sido previamente treinado em premissas estabelecidas por normas específicas e consideradas possuidoras de visão normal.

As condições de iluminação são determinantes para o sucesso da prática. A escolha do tipo de iluminante padronizado pela CIE deverá corresponder ao tipo de iluminação utilizado na comercialização ou utilização do objeto. O iluminante D65 (CIE), que simula a luz do dia (*Daylight*), é usualmente empregado na avaliação, por possuir ampla distribuição espectral, abrangendo a maior parte dos comprimentos de onda de luz visível.

São necessários alguns cuidados ao iluminar as amostras e padrões a serem comparados: (a) avaliação de distribuição espectral do iluminante; (b) medição de iluminância (lux) das superfícies; (c) orientação padronizada da iluminação e (d) distribuição uniforme de iluminação sobre as superfícies.

Segundo a norma, as condições cromáticas que envolvem as amostras podem influenciar na percepção de cor e, portanto, a orientação é que o ambiente e as superfícies do entorno das peças sejam revestidos em material acromático, como a cor N5 e N6 da cartela do Sistema Munsell.

As amostras a serem avaliadas devem ser preparadas e expostas sob condições padronizadas, isto é, devem ter a mesma geometria e

posicionamento diante da fonte de iluminação das amostras e semelhança de textura. O procedimento é iniciado com a colocação dos materiais, lado a lado, ou com uma separação de fina faixa de cor preta, sobre a mesa ou base da cabine de luz, a uma distância de 450 mm a 600 mm dos olhos do observador.

Se necessário, testes para detecção de metamerismo podem ser aplicados, com utilização de diferentes fontes de iluminação.

Ao final, gera-se um relatório com identificação do observador, data, diferenças observadas em cada atributo de cor, como matiz, saturação, luminosidade, brilho ou opacidade.

3.11.1 AVALIAÇÃO DE COR COM ESCALA ACROMÁTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Um método amplamente utilizado pela indústria têxtil para avaliação de solidez de cor é o procedimento descrito na NBR ISO 105 A02 Têxtil - Ensaio de solidez da cor Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) e na norma americana ASTM D2616-96 *Standard Test Method for Evaluation of Visual Color Difference With a Gray Scale* (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2003).

O teste consiste no uso de uma escala física com nove pares de cinzas neutros. A referência inicial é a do par 5, constituído por cinzas idênticos. Os outros pares possuem um elemento no cinza do par 5 e outro diferente, sendo progressivamente mais luminoso, o que resulta em uma sucessão de pares com uma superfície na referência do par 5 e outra com outro cinza mais claro que o antecessor. Cada par tem um nome, iniciando-se pelo par 5 e cada par de cinzas com diferenças maiores recebe um nome com números em ordem decrescente: 4-5, 4, 3-4, 3, 2-3, 2, 1-2 e 1, como visto na Figura 22.

FIGURA 22 - ESCALA DE CINZA CONFORME NBR ISO 105A02

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

As escalas utilizadas neste ensaio são aferidas, produzidas e comercializadas por empresas ou instituições credenciadas, como a *American Association of Textile and Colorists*, que forneceu a cartela utilizada nos ensaios deste trabalho.

É importante ressaltar que a avaliação é feita para diferença de cor total e jamais individualizada para os atributos matiz, saturação e luminosidade.

A diferença de cor total percebida entre dois espécimes (padrão e amostra) é comparada à equivalência da diferença de cor entre dois pares da escala de cinzas e então é atribuída a nota, que é o nome do par escolhido.

Os aparatos utilizados para o teste são: escala de cinza, máscara cinza para isolar as áreas a serem avaliadas, cabine de luz com iluminação. Os espécimes devem ser uniformes em cor, textura e brilho e livre de arranhões. Os espécimes, padrão e amostra, devem ser dispostos em um mesmo plano, horizontal, emparelhados à escala de cinzas. A fonte de luz deverá ser a luz do dia ou um iluminante que a simule, nas mesmas condições das descritas pela ASTM D 1729-16 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL, 2009). As peças deverão ser cobertas pela máscara, com exposição de parte das superfícies analisadas.

A equipe, com no mínimo três avaliadores, previamente treinada com testes de visão e sobre o procedimento de avaliação, atribuirá nota para a diferença de cor, baseada na cartela. As notas poderão ser convertidas em valores de diferença de cor, ΔE^*_{ab} , conforme a escala da Tabela 2. É desejável que os avaliadores registrem observações de sua percepção sobre a direção da diferença de cor em matiz, saturação ou luminosidade.

Tabela 2 - Características da Escala de cinza

Designação da Escala	CIE L*a*b* (ΔE^*_{ab})	
	Diferença de Cor	Tolerância (+/-)
AATCC*		
5-5 ou 5.0	0.0	0.2
5-4 ou 4.5	0.8	0.2
4-4 ou 4.0	1.7	0.3
3-4 ou 3.5	2.5	0.3
3-3 ou 3.0	3.4	0.4
2-3 ou 2.5	4.8	0.5
2-2 ou 2.0	6.8	0.6
1-2 ou 1.5	9.6	0.7
1-1 ou 1.0	13.6	1.0

*AATCC – AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS

FONTE: ASTM D26-16 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2003)

A escolha da amostra que melhor compatibilizou com o padrão é a que teve melhor ou maior nota atribuída pela maioria, de no mínimo, três avaliadores.

3.11.2 AVALIAÇÃO DA APARÊNCIA SUPERFICIAL DO CONCRETO APARENTE

O histórico de técnicas adotadas para avaliação da aparência das superfícies de concreto aparente traz informações sobre experiências e procedimentos que podem embasar novas propostas neste sentido.

Em 1973, o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction-CIB*¹⁹ lançou o *Report* nº 24 do CIB *Comission W 29*, documento intitulado "*Tolerances on blemishes of concrete. Report nº 24*" (INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION, 1973), que estabeleceu um método para avaliação da qualidade e cor da superfície do concreto aparente.

As referências bibliográficas mencionadas no documento, datadas de 1958 a 1971, demonstram a produção de conhecimento no âmbito das construções em concreto aparente da época, que acompanharam a difusão de obras arquitetônicas com este material.

O relatório convencionou tolerâncias para manchas, defeitos e cores. Um de seus anexos é uma escala de sete cinzas que serve para que o projetista especifique a cor do concreto aparente de obras novas e seja referência para avaliação do produto acabado em relação ao especificado. O método é problemático porque, ao contrário da cartela tonal utilizada na indústria têxtil, produzida sob rígido controle, a adotada neste documento deve ser impressa pelo usuário e isso pode causar variações pelo tipo de tinta, impressora e papel utilizados para sua reprodução, o que pode causar discrepâncias entre as informações de referência esperadas pelo

¹⁹ O CIB, antigo Conseil International du Bâtiment, estabelecido em 1953 com apoio das Nações Unidas, é uma organização que visa a estimular e facilitar a colaboração internacional e a troca de informações entre institutos governamentais de pesquisas no setor da engenharia e construção.

especificador e executadas pelo executor. Outro problema são as distorções que podem ocorrer na comparação da superfície do concreto com a cartela em papel, já que os dois materiais possuem reflexão e absorção de luz diferentes, resultando em percepções de aparência diferentes.

A contribuição desse relatório é o estabelecimento de parâmetros ou condições necessárias para avaliação, como superfície seca e sombreada, a distância de visualização de três metros e ainda que a tolerância aceitável era a de três tons de diferença.

Outra referência existente para a avaliação desse tipo de superfície é a norma australiana, AS 3610.1 - 2010 - *Formwork for concrete Part 1: Documentation and surface finish* (AUSTRALIAN STANDARD, 2010). Parte da norma estabelece requisitos para projeto, documentação, execução e avaliação dos resultados de superfícies de concreto moldado *in loco*, pré-moldado e de reparos de concreto. No que se refere à cor, a norma apresenta escala de nove tons de cinzas e três classes qualitativas de tipo de acabamento e controle da cor. A tolerância para aceitação depende da classe da superfície e pode variar em quatro tons, para concretos classificados como *classe 1*, e a seis tons para os de *classe 3*. Os mesmos problemas para comparação de cor entre materiais diferentes, já apontados no caso anterior, podem ocorrer no uso das recomendações da norma australiana.

A norma brasileira ABNT NBR 14931- Execução de estruturas de concreto - Procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) menciona, em vários trechos, a necessidade de se atingir o acabamento da superfície requerido, mas não estabelece critérios de como especificar, documentar e avaliar o resultado da aparência das superfícies de concreto quanto às manchas, textura e cor.

Ainda há o método para avaliação visual do concreto aparente adotado por Zhang e Kruger (2006), para comparar a cor entre duas

superfícies, que estabelece níveis de tolerância para aceitação da cor, conforme exposto na Tabela 1. Como visto no capítulo anterior, Valença (2011) propõe que a avaliação de cor e textura das misturas cimentícias seja feita por meio de imagens digitais, com a avaliação da intensidade de pixels.

Ao analisar o conjunto de procedimentos adotados em diversos países, conclui-se que ainda não há procedimentos consolidados e unificados para avaliação da aparência de superfícies cimentícias e que ainda é necessário avançar em estudos que conjuguem e desenvolvam métodos objetivos, sem dispensar avaliações perceptuais controladas.

4 O EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS E SUAS EMPENAS

4.1 O EDIFÍCIO

O edifício Vilanova Artigas, estudo de caso deste trabalho, que abriga a sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, foi construído em estrutura de concreto armado aparente e apresenta as deteriorações típicas dos edifícios construídos na mesma época, e que despertam inquietações quanto à sua preservação. O edifício foi tombado em 1982 pelo CONDEPHAAT (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo) e em 1991 pelo CONPRESP (Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio de São Paulo) e, portanto, é reconhecido como patrimônio arquitetônico estadual e municipal.

Tendo sido projetado para abrigar um curso de graduação em arquitetura e urbanismo, a sua concepção está ligada às novas propostas didático-pedagógicas da faculdade formuladas à época. Seus espaços instigam a reflexão do projetar e construir. Por um lado, é aberto para a cidade por não possuir portas, por outro, os ambientes destinados ao ensino são fechados em si por não terem aberturas para contemplação do exterior, e suas circulações podem ser percorridas continuamente por meio de largas e generosas rampas que vencem seus oito níveis.

A planta do pavimento nível + 0,80, ilustrado na Figura 23 e os cortes AA e BB, na Figura 24, fornecem informações sobre as dimensões do edifício.

FIGURA 23 - PLANTA DO NÍVEL DO ACESSO DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: DESENHO ELABORADO PELA AUTORA COM BASE NO ARQUIVO DESENVOLVIDO PELA EQUIPE CONSERVA FAU, 2017, MEDIDAS EM METROS, SEM ESCALA

FIGURA 24 - CORTE AA, ACIMA E CORTE BB, ABAIXO

CORTE AA

CORTE BB

FONTE: DESENHOS ELABORADOS PELA AUTORA BASEADOS NOS ARQUIVOS ELABORADOS PELA EQUIPE CONSERVA FAU, 2017. (MEDIDAS EM METROS, SEM ESCALA)

4.2 AS EMPENAS

Externamente, a volumetria é de um bloco com formato de um paralelepípedo, com fechamento externo feito por empenas de concreto armado aparente, apoiado externamente em catorze pilares perimetrais. As empenas funcionam como vigas e vedos e suas dimensões revelam a extensa área de sua superfície.

As imagens da FIGURA 25, Figura 26 e Figura 27 dão a ideia da escala e aparência dos fechamentos externos do edifício.

FIGURA 25 - FACHADA NOROESTE

FONTE: MOSCARDI, 1969. ACERVO DA BIBLIOTECA FAUUSP

FIGURA 26 - FACHADA SUDOESTE

FONTE: MOSCARDI, 1969. ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP

FIGURA 27 - FACHADA SUDOESTE E SUDESTE DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU, 2016

Na Figura 28, estão indicados os nomes das fachadas que serão considerados nas descrições das empenas adotadas neste trabalho.

FIGURA 28 - IMPLANTAÇÃO DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS COM A ORIENTAÇÃO DAS ELEVAÇÕES NORDESTE (NE), SUDESTE (SE), SUDOESTE (SO) E NOROESTE (NO).

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

As empenas da face noroeste, sudeste e sudoeste têm 8,30 m de altura e suas bases ficam a 7,50 m de distância do piso e a altura da empena da face nordeste tem 7,40 m e sua base fica a 8,40 m de distância do piso. As empenas das faces sudeste e noroeste têm 66,20 m de comprimento e as das faces nordeste e sudoeste têm 110,20 m de comprimento. Sua espessura nominal é de 20 cm²⁰. As empenas ladeiam os pilares que têm forma triangular invertida e possuem área de superfície externa de 3.079,59 m²²¹.

Os planos que fecham o edifício constituem um dos sistemas que merecem grande atenção para a conservação do edifício por causa de suas características construtivas e por desempenhar função estrutural, envoltória e de proteção do edifício.

²⁰ Dados obtidos no livro "O edifício da FAU-USP de Vilanova Artigas", organizado por Antonio Carlos Barossi, em "FAU em números", de Rodrigo Vergili, 2016, p. 139.

²¹. Dado obtido a partir do levantamento Laser Scanning, realizado pela equipe da Universidade de Ferrara e da equipe do Conserva FAU em 2016.

O concreto é caracterizado superficialmente pela impressão dos veios, dimensões e desaprumos das tábuas de pinho utilizadas como fôrmas de concretagem. O cobrimento nominal das armaduras é de 10 mm, mas foi constatado em inspeções que, em alguns locais, esta dimensão está abaixo desta medida (SIMÕES, 2004, p. 3.18). Esta característica interfere muito no funcionamento e durabilidade da estrutura. Embora no memorial descritivo que compunha o projeto arquitetônico houvesse a preocupação de proteção superficial com aplicação de materiais hidrofugantes, não foi prevista a instalação de rufos no seu topo, o que ampliaria o cuidado, o que foi feito entre 2009 e 2010 (PINHEIRO *et al.*, 2017 A, p. 43), 40 anos após a sua inauguração.

As diferenças de aparência das superfícies de cada lance da concretagem são claramente perceptíveis pelas cores de cada faixa separadas por juntas de concretagem que não coincidem com as alturas das fôrmas de madeira, como ilustra a Figura 29.

FIGURA 29 - FACHADA SUDESTE

FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU, 2016.

Por não terem sido estucadas ou regularizadas com qualquer argamassa, as superfícies apresentam pequenas cavidades, descontinuidades nas regiões de justaposição das tábuas das fôrmas, além de falhas localizadas de concretagem. Estes aspectos são visíveis nas imagens da Figura 30.

FIGURA 30 - APARÊNCIA DAS EMPENAS DE CONCRETO APARENTE

FONTE: ACERVO DA EQUIPE CONSERVA FAU, 2016

Outra particularidade do desenho das empenas é o seu encontro com os pilares. Como estes têm formato tronco piramidal, as empenas descem em formato triangular até os pilares, como ilustrado na Figura 31.

FIGURA 31 - DETALHE DO ENCONTRO DA EMPENA COM O PILAR NA FACHADA SUDOESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2015

4.3 O ESTUDO CROMÁTICO DO CONCRETO APARENTE DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

4.3.1 A COR DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO NO TEMPO

A cor do concreto aparente está sempre mudando, seja pela ação do tempo e intempéries, sujeira, ou ainda pela percepção que o observador tem sob diferentes incidências da luz sobre suas superfícies. A cor de uma mesma superfície externa parece diferente a cada hora do dia e sob diferentes condições climáticas. A localização espacial e percepção individual do observador também podem influenciar na apreensão de sua aparência.

A aparência de suas superfícies irregulares e a heterogeneidade de tons que mudam com seu envelhecimento tornam o estudo objetivo de suas características desafiador, se comparada a outras superfícies lisas e monocromáticas.

Os registros fotográficos históricos do edifício fornecem informações limitadas de cor, primeiro por serem, em sua maioria, revelações em preto e branco, pelas diferentes condições de produção do registro, seja pela luz incidente na tomada da foto, pelo diâmetro e velocidade de abertura do diafragma do equipamento, tipo de filme, além dos materiais e processos de revelação. Mas é possível, por observações e comparações visuais entre as imagens obtidas ao longo das décadas, perceber evidentes diferenças de cor entre as faixas de concretagens. Cada uma tem características próprias, resultados de variações dos materiais utilizados (cimento, areia, pedra), da matéria-prima e geometria da fôrma utilizada, procedimento de lançamento do concreto, adensamento e cura, além da pátina natural que se formou ano a ano.

Além destes aspectos próprios dessas superfícies, observam-se manchas mais escuras ou mais claras que se formaram e que são únicas,

por serem resultados das casualidades e eventos no processo de construção.

4.3.2 **A OBRA RECÉM-CONSTRUÍDA (1969)**

Nas imagens do edifício recém-concluído, as empenas são aparentemente mais claras do que nas imagens recentes, provavelmente por sua limpeza inicial. Em algumas faixas horizontais, existe o predomínio de cinzas mais escuros (Figura 32), sobretudo nas platibandas, característica que permaneceu até os dias de hoje.

FIGURA 32 - SEDE DA FAU USP À ÉPOCA DE SUA INAUGURAÇÃO 1969. FACHADA NORDESTE.

FONTE: MOSCARDI, 1969. ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP.

Na Figura 33 e na Figura 35, imagens da fachada nordeste/sudeste e sudoeste respectivamente, são evidentes as faixas de concretagem horizontais, as diferenças cromáticas e as marcas nos locais onde as fôrmas foram fixadas.

FIGURA 33 - SEDE DA FAU USP À ÉPOCA DE SUA INAUGURAÇÃO FACHADA NORDESTE E SUDESTE

FONTE: MOSCARDI, 1969. ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP

Além da marcação horizontal feita com tábuas de pinho que integravam a fôrma, outras manchas verticais podem ser observadas na Figura 34 e na Figura 35. No decorrer do tempo, elas desapareceram, ao contrário das horizontais, que se tornaram uma de suas principais características estéticas.

FIGURA 34 - SEDE DA FAU USP EM OBRAS NA DÉCADA DE 1960

FONTE: MOSCARDI, 1969. ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP

FIGURA 35 - SEDE DA FAU USP EM OBRAS NA DÉCADA 1960

FONTE: MOSCARDI. ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP

4.3.3 **NA DÉCADA DE 1970**

Embora não existam muitas fotos disponíveis das áreas externas da década de 1970, a da Figura 36 ilustra a evolução da cor destas superfícies, isto é, o escurecimento de partes mais vulneráveis à ação das intempéries e agressão dos poluentes existentes no ar.

FIGURA 36 - EMPENA NOROESTE, EM PRIMEIRO PLANO, E PARTE DA EMPENA SUDOESTE COM EVIDÊNCIAS DO ESCURECIMENTO DA ÚLTIMA FAIXA DE CONCRETAGEM (TOPO DAS EMPENAS) APÓS 7 ANOS DA INAUGURAÇÃO DO EDIFÍCIO

FONTE: HUGO SEGAWA, 1976

4.3.4 **IMAGEM DA DÉCADA DE 1980 E 1990**

A partir desta época, são encontradas pichações nas superfícies externas, como visto no pilar da fachada sudoeste da Figura 37.

FIGURA 37 - FACHADA SUDOESTE DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: ACERVO BIBLIOTECA DA FAUUSP, 1985(?)

4.3.5 EM 1990 E 2000

Com a deterioração das fachadas, por falta de limpeza e manutenção, o escurecimento de partes da superfície e os contrastes de luminosidade entre partes das superfícies ficaram evidenciados como vistos na Figura 38 e na Figura 39. Nessa época, já eram evidentes as delaminações e deslocamentos do concreto em áreas sujeitas à corrosão das armaduras, como ilustra a Figura 40.

FIGURA 38 - EDIFÍCIO DA FAU USP- FACHADA SUDESTE

FONTE: MARCOS SANTOS, 2000

FIGURA 39 - EDIFÍCIO DA SEDE DA FAUUSP - FACHADA SUDOESTE NA DÉCADA 1990/2000

- FONTE: ACERVO GEEF, 2008

FIGURA 40 - CONDIÇÕES DAS SUPERFÍCIES DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: JOSÉ ROBERTO LEME SIMÕES, 2004

4.3.6 **EM 2010**

Às vésperas do início da reforma das empenas, que ocorreu em 2012, as fachadas estavam sujas, com exposição das armaduras e deslocamentos acentuados, como visto na Figura 41 e na Figura 42.

FIGURA 41 - FACHADA NOROESTE.

FONTE: VITOR NISIDA, 2010. ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU

FIGURA 42 - EMPENA COM O SOL EM BAIXO RELEVO- FACHADA NOROESTE

FONTE: VITOR NISIDA, 2012. ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU

4.3.7 APÓS AS REFORMAS E EM 2018

Em 2012, são iniciadas as intervenções para reconsolidação estrutural desse sistema, processo que será descrito adiante.

A Figura 43 e Figura 44 são registros fotográficos do resultado das intervenções que terminaram em 2015.

FIGURA 43 - FACHADA SUDOESTE APÓS INTERVENÇÕES

FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU, 2016.

FIGURA 44 - FACHADA SUDESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2015

4.4 A CONSERVAÇÃO DAS EMPENAS

Suas características construtivas e a falta de conservação da superfície desde a sua inauguração pela falta de limpeza e de manutenção preventiva no decorrer do tempo, potencializaram os mecanismos de degradação que levaram à situação ilustrada na Figura 40 (registro fotográfico de 2004) e que estava generalizada por toda a área de suas superfícies. As causas e progressões de deterioração são amplamente conhecidos no meio técnico e atingiram as superfícies que ficaram, por anos, expostas a uma crescente concentração de CO₂ e água de chuva, carregada de acidez.

Como consequência, houve o escurecimento da superfície, as manchas de ferrugem e o processo de corrosão induzido por carbonatação levaram ao auge de sua deterioração, com deslocamentos do concreto que comprometeram a segurança dos usuários e da estrutura até 2012. A partir deste ano, iniciaram-se as obras de intervenções na cobertura e nas empenas.

4.5 A INTERVENÇÃO EM SUAS EMPENAS DE 2012 A 2015

As descrições dos materiais e processo da obra foram obtidas nos relatórios elaborados pela empresa que fez as especificações e acompanhou tecnicamente a obra a partir do quarto mês de seu início, a PhD (HELENE; BRITEZ; VERGILI, 2013 a 2015), e da empresa que a executou, a Jatobeton.

A execução das intervenções pelas quais as superfícies de concreto passaram seguiu diretrizes clássicas de reparo do concreto armado. Após limpeza das superfícies e inspeção por auscultação, as partes de concreto onde a massa cimentícia encontrava-se solta, foram cortadas com disco de corte e escarificadas em formatos quadrados ou retangulares, e deveriam seguir a geometria da paginação das fôrmas de tábuas impressas no concreto, com profundidade necessária para exposição da armadura em processo de corrosão. Foram feitas limpeza e substituições de aço, quando necessárias e, em seguida, o preparo da superfície com umedecimento para recebimento do material para preenchimento das lacunas.

A argamassa de reparo escolhida era industrializada de base cimentícia, modificada com polímeros e com inibidor de corrosão, de alta resistência ($\geq 40\text{MPa}$ a 28 dias), com retração compensada pela adição de fibras, pega inicial de 2h a 7h e coeficiente de expansão térmica linear de $9 \text{ a } 12 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e consistência tixotrópica quando em estado fresco. Após sua aplicação manual, passou por cura úmida e proteção superficial com material hidrofugante.

Para a compatibilização estética, foi especificada a adição de cimento branco, rejunte ou pigmento à argamassa industrializada. Durante a execução dos trabalhos, esta questão tornou-se o maior desafio. Foram realizadas três campanhas para ajustes da

compatibilização estética das argamassas, todas durante a obra, antes da adoção da solução final²².

Na primeira etapa, em março de 2013, foram feitas treze amostras da argamassa, com variações de adição de pigmentos e acabamentos de textura, aplicadas sobre a superfície vertical de um dos pilares externos do edifício. Após a escolha, por meio visual²³, foi selecionada a argamassa de reparo industrializada com adição de pigmento inorgânico cor amarela, cimento Portland branco e acabamento texturizado obtido pela impressão de tábua de madeira. O resultado estético esperado não foi verificado nas aplicações *in loco*.

Na segunda etapa, julho de 2013, foram elaboradas oito amostras em tabuleiros horizontais, com acabamento desempenado. As escolhas e rejeições foram feitas por contraste visual e opinião dos envolvidos (Construtora Jatobeton, FAU e PhD), segundo relatório da empresa contratada para o projeto e acompanhamento da obra, a empresa PhD (2013, março, p. 7 e 8). As amostras escolhidas foram aplicadas em alto relevo na fachada Nordeste e observadas visualmente pelos envolvidos a partir do nível do gramado. Foi feita a escolha por uma das amostras, a B7.

Como os resultados ainda não eram satisfatórios, nova campanha de execução de amostras foram feitas em novembro de 2013, a terceira etapa. Novas amostras foram confeccionadas baseadas nos traços da etapa anterior. Desta vez, uma amostra de cada formulação foi exposta sob condições diferentes, parte foi colocada sob o sol e a outra na sombra. As que ficaram sob o sol ficaram mais claras.

²² A descrição e conclusões apontadas foram obtidas dos relatórios de acompanhamento técnico feito pela empresa contratada PhD (HELENE; BRITEZ; VERGILI, 2013-2015)

²³ Não há registros de qual procedimento foi adotado para a escolha da amostra, nesta fase.

Nessa terceira campanha, também foi comparado o resultado de uma mesma amostra, a escolhida, aplicada sobre o tabuleiro de madeira e no local de preenchimento de lacuna da empena.

As avaliações visuais sempre eram feitas após poucos dias da execução das amostras.

Em uma tentativa, foram feitas comparações visuais entre amostras produzidas com mesma formulação, porém, com diferenças de idade. Nesta avaliação visual, foi constatado que as duas amostras elaboradas com o mesmo traço permaneciam bem parecidas entre si e também com o concreto aparente original, no local onde foram colocadas para apreciação (fachada Sudoeste).

Outra avaliação feita foi a comparação entre a amostra escolhida (executada em tabuleiro), a superfície de concreto e o reparo feito *in loco*, com o traço selecionado, e exposto ao sol. Desta observação, foi concluído que uma mesma argamassa pode resultar diferenças de aparência quando aplicadas em diferentes substratos e que o traço da argamassa aplicada *in loco* era o escolhido. Os resultados desta etapa continuaram insatisfatórios em termos estéticos, como podem ser observados na Figura 45, pela grande diferença de cor entre as superfícies reparadas e o concreto.

FIGURA 45 - FACHADA SUDESTE ANTES DA APLICAÇÃO DE TRATAMENTO SUPERFICIAL SOBRE OS REPAROS

FONTE: LUCIANO FERRETI, AGOSTO 2014.

Embora os resultados não fossem ao encontro do esperado, pelas evidentes diferenças entre os reparos e concreto, a aplicação da argamassa escolhida continuou.

Após o término de todos os reparos, toda a superfície foi escovada manualmente, ação que precedeu a aplicação de material de tratamento superficial para ajustar a cor, proposta da quarta alternativa para compatibilização estética entre reparos e o concreto.

A construtora propôs, na quarta campanha de experimentos para mitigar o efeito das variações cromáticas, a aplicação de uma composição à base de cimento Portland (500 g), rejantes cor branca (1.000 g) e caramelo (76 g) e adesivo acrílico (800 g). Esta composição assemelha-se a uma pasta fluida e, nos registros da obra, recebeu o nome de estuque. A mistura foi aplicada com trinchá, com acabamento liso.

Além da cor, a textura dos reparos também não atingiu a qualidade desejada com o tratamento superficial aplicado ao final dos trabalhos. Houve a uniformização de texturas que, eventualmente, tivessem sido feitas conforme procedimentos testados na obra. Nos relatórios de obra, há registros sobre a escolha de amostras de argamassa que tiveram suas superfícies marcadas pela impressão de tábuas de madeira bruta de pinho. Porém, diante das análises visuais feitas mais recentemente, entre 2016 e 2017, não há evidências de que tábuas ou quaisquer outras técnicas, que não o desempenho com desempenadeira de aço, foram utilizadas para a finalização superficial dos reparos.

As imagens das vistas aproximadas dos reparos da Figura 46 e da Figura 47 ilustram como ficou o acabamento do tratamento superficial sobre os reparos e de sua geometria.

FIGURA 46 - DETALHE DO TRATAMENTO SUPERFICIAL APLICADO NA SUPERFÍCIE DO REPARO

FIGURA 47 - DETALHE DA GEOMETRIA E TEXTURA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL APLICADO NO REPARO

FONTE: CLAUDIA OLIVEIRA, 2017

Destaca-se que, no memorial descritivo dos serviços da reforma, não há especificações ou indicação de método para o ajuste de cor e textura dos reparos. No memorial havia apenas a recomendação de que a argamassa de reparo deveria ser aditivada com alvaiade, cimento branco ou rejunte branco e que a construtora deveria submeter as amostras à aprovação da fiscalização, feita pelo Grupo Executivo dos Espaços Físicos da FAUUSP (GEEF-FAUUSP), no prazo de 45 dias do início da obra e que a fiscalização, teria até 4 meses para indicar qual o traço que deveria ser usado.

A Figura 48 mostra a aplicação deste tratamento superficial sobre os reparos e ilustra o resultado dessas intervenções na fachada Sudoeste e, na Figura 49, vê-se o resultado final em outro trecho da fachada Sudeste.

FIGURA 48 - APLICAÇÃO DE VELATURA SOBRE OS REPAROS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2015.

FIGURA 49 - FACHADA SUDESTE DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2015

A área de reparos foi obtida pelo levantamento feito com a técnica de *Laser Scanning*, realizado por equipe especializada da Universidade de Ferrara, Itália, complementada por observação visual realizada pela equipe do Conserva FAU²⁴. Os valores de área, perímetros e quantidades (número de reparos) constam na Tabela 3.

TABELA 3 ÁREA DAS EMPENAS E INFORMAÇÕES SOBRE OS REPAROS
INTERVENÇÕES 2012-2015

EMPENAS					
	EMPENA SO	EMPENA SE	EMPENA NE	EMPENA NO	TOTAL
ÁREA DA EMPENA (M ²)	992,90	588,14	909,92	588,62	3.079,58
REPAROS					
PERÍMETRO (M)	945,764	686,127	1.349,66	577,086	3.558,64
NÚMERO	295	146	305	194	940
ÁREA (M ²)	162,713	140,72	333,363	94,203	730,99
% ÁREA DE REPARO SOBRE ÁREA DA EMPENA	16,39	23,93	36,64	16,00	23,7

FONTE: PINHEIRO et al (2017A, P.65)

²⁴ A Equipe Conserva FAU foi formada por professores e pesquisadores que desenvolveram o Plano de Gestão de Conservação do Edifício Vilanova Artigas, projeto subsidiado pela Fundação Getty.

Ao todo, 23,7% da superfície do concreto foram substituídos por reparos, o que equivale a uma área maior do que a área das empenas menores (NO e SE).

4.6 CORTE E GEOMETRIA DOS REPAROS

No memorial descritivo dos serviços, há especificações para a realização dos cortes, em concordância com as orientações padronizadas do segmento de reparos e reabilitação de estruturas de concreto: cortes com arestas ortogonais e perpendiculares à superfície do concreto. Há, ainda, uma nota para que os cortes e o preenchimento das lacunas deveriam respeitar a modulação das tábuas da concretagem das empenas, porém, não há registro de procedimentos para a execução de reparos em áreas contíguas, preservando a modulação das tábuas.

Os relatórios de acompanhamento da obra e a observação das empenas na condição atual evidenciam que, em considerável proporção, os cortes foram feitos sem controle da ortogonalidade das arestas e sem respeito à modulação horizontal das tábuas. Há indícios de que cortes oblíquos foram executados aleatoriamente, o que exigiu o refazimento dos mesmos.

Mediante inspeção visual, é possível detectar grandes áreas de reparo com sulcos horizontais, simulando a marca de divisa entre duas tábuas consecutivas da concretagem original, provavelmente feitos manualmente com objetos pontiagudos após a aplicação da argamassa.

4.7 ENQUETE SOBRE A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS A RESPEITO DAS EMPENAS REFORMADAS

Para avaliar a percepção dos usuários diante dos resultados das intervenções, foi feita enquête junto à comunidade da faculdade, em duas etapas.

Em dezembro de 2015, foi feita a consulta com um grupo de alunos do segundo ano da graduação da faculdade. Foram entrevistados 113 alunos por meio de questionário impresso. Este número ainda não representa o número mínimo de amostragem necessária estatisticamente perante toda a comunidade da faculdade, mas pode trazer informações sobre a opinião de um grupo específico, que corresponde a 20% da população de 750 alunos da graduação de arquitetura.

Em abril de 2016, a enquete foi realizada com leitores do blog e página do Facebook "Conserva FAU", editada por grupo de pesquisadores que desenvolvem o Plano de Gestão de Conservação do edifício. Nesta enquete, 116 pessoas participaram. Os resultados completos estão nas tabelas do Apêndice A.

Os resultados referentes à consulta realizada com os alunos revelaram que a maioria dos alunos entrevistados conhecia a faculdade há mais de dois anos. A maioria, 59.29%, considerou que as fachadas do edifício Vilanova Artigas estão *"desarmoniosas, mas satisfatórias; o que importa é que foram restauradas"*.

A maioria, 37,17%, considerou que as cores, a textura e o formato das manchas, isto é, o conjunto de fatores, era a causa da desarmonia das fachadas pós-restauro ou por serem totalmente desagradáveis.

E 18,58% opinaram que o mais negativo nas fachadas era só o formato do restauro, enquanto 14,16% acreditavam que o que havia de mais negativo era só o conflito de cores.

Os resultados referentes à consulta junto à comunidade refletiram opiniões semelhantes, pois 47,4% responderam que, em sua opinião, as fachadas ficaram *"desarmoniosas, mas satisfatórias; o que importa é que foram restauradas"*. Quanto à causa do resultado estético, 79,4% atribuíram ao conflito entre as cores dos reparos e do concreto original, e 60,8% disseram que foi o conflito foi entre suas texturas.

Resultados desta natureza, com maior abrangência na quantidade de entrevistados, aliados aos princípios do restauro de patrimônio, podem retroalimentar futuros projetos de restauro.

4.8 ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA INTERVENÇÃO

As experiências que esta obra trouxe são de extrema importância no estabelecimento de condições a serem empregadas em futuros projetos de conservação do concreto histórico moderno, no que se refere à aparência dos reparos.

Diferente do que recomendam os especialistas e profissionais envolvidos com obras de conservação do concreto (GAUDETTE; HUDERMAN, 1997; GAUDETTE; SLATON, 2007; ODGERS, 2012), nas ações de intervenção nas empenas do edifício Vilanova Artigas não foi privilegiado o levantamento de dados *in loco* e não foram planejados testes e estudos piloto que deveriam anteceder a especificação de materiais e serviços.

Pormenores sobre a elaboração das especificações técnicas de projeto e as circunstâncias que justificaram os caminhos tomados estão apresentados e analisados no artigo de Castro *et al.* (2016), entretanto, no que se refere a ações diretas da escolha sob o requisito estético, as principais questões vêm a seguir.

A argamassa de reparo industrial escolhida é muito escura em relação ao concreto das empenas deste edifício. A adição indiscriminada de cimento branco para acerto de sua luminosidade poderia comprometer seu desempenho. Ao utilizar material industrializado, não houve controle cromático de sua matéria-prima para que se obtenha sempre o mesmo resultado.

A avaliação visual entre a cor do material de preenchimento recém-confeccionado e o concreto das empenas foi muito precoce²⁵, e isto dificultou a escolha pela melhor opção, em termos estéticos. Zhang (2005, p. 70) constatou que o concreto tem mudança de cor nos seus primeiros quatro meses ²⁶.

O acabamento de cor e textura aplicado sobre a argamassa de reparo foi o mesmo para qualquer local que tenha sido aplicado, desprezando as diferenças de cor entre as faixas de concretagem e as fachadas. Na análise cromática das empenas pós-reforma, observa-se que, embora cada faixa de concretagem possua cor homogênea, os reparos possuem cor e textura própria, acrescentando informações à superfície. Em algumas faixas das empenas, o tratamento superficial conseguiu compatibilizar esteticamente com o concreto, mas em sua maioria, não. A tendência é que o concreto continue em um processo contínuo de mudanças de cor pelo seu envelhecimento, por impregnação de sujeira e materiais biológicos e que a argamassa de reparo industrializada, que contém aditivos poliméricos que a torna menos permeável, mantenha sua coloração e texturas iniciais sem a aderência de poluentes e biofilme.

As condições de confecção das amostras de argamassas foram muito diferentes da condição de aplicação no local de preenchimento.

Não foram estabelecidos procedimentos objetivos para avaliação da cor e aparência das superfícies.

Essas dificuldades forneceram as indicações que nortearam os cuidados no desenvolvimento dos estudos experimentais que estão descritos no capítulo 5.

²⁵ Segundo relatórios da PhD, a comparação entre as superfícies era feita após poucos dias da confecção das amostras.

²⁶ É importante esclarecer que esses materiais têm sua cor mudada continuamente, por sua cura, carbonatação, pela ação das intempéries e sujeira depositada.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos foram realizados por meio de experimentos de investigação da aparência do concreto aparente a ser conservado e material para seu reparo, com vistas à compatibilização estética entre as superfícies desses materiais.

Foram estabelecidas quatro etapas.

O **estudo piloto** foi desenvolvido para determinação de parâmetros de leitura de dados colorimétricos de materiais cimentícios com utilização de equipamentos diferentes.

No **estudo *in loco*** foram levantados os dados colorimétricos das superfícies das empenas do edifício Vilanova Artigas, utilizando os parâmetros estabelecidos na primeira etapa.

O **estudo experimental** foi desenvolvido no canteiro experimental e foi focado em investigações de variáveis que pudessem influenciar a aparência de argamassas de acabamento de reparo. Nesta etapa, foram realizados experimentos práticos nas empenas das fachadas do edifício.

Os **estudos analíticos sobre a geometria dos reparos** foram baseados na manipulação de imagens e na literatura especializada nas áreas do reparo do concreto armado e da conservação do patrimônio.

As superfícies do edifício Vilanova Artigas foram tomadas como padrão referencial para desenvolvimento e aplicação dessas argamassas.

5.1 ESTUDO PILOTO

Esta etapa do trabalho teve como objetivo a determinação de parâmetros dos ensaios nas superfícies do concreto e na argamassa de reparo usando dois equipamentos de levantamento de dados da cor: colorímetro tristímulo e colorímetro espectral. Os parâmetros necessários para ambos os equipamentos se relacionavam com o tipo de iluminante, o tipo de observador, o diâmetro de abertura do leitor do equipamento, a área a ser confinada para a tomada de medidas, o número de medidas e, no caso do espectrofotômetro, se incluía ou não a reflexão especular.

Para identificação e posterior comparação de resultados foram utilizados dois equipamentos de leitura de cor, o colorímetro trístimulo RM200 Capsure da X-Rite, ilustrado na Figura 50 e o espectrofotômetro, colorímetro espectral, Konica Minolta 2500d²⁷, como o da Figura 51, ambos portáteis.

FIGURA 50 - COLORÍMETRO TRISTÍMULO

FONTE: [HTTPS://WWW.XRITE.COM](https://www.xrite.com)

FIGURA 51 - COLORÍMETRO ESPECTRAL OU ESPECTROFOTÔMETRO

FONTE:
[HTTP://SENSING.KONICAMINOLTA.COM.MX/](http://sensing.konicaminolta.com.mx/products/cm-2500d-spectrophotometer/)
PRODUCTS/CM-2500D-
SPECTROPHOTOMETER/

Alguns parâmetros foram pré-estabelecidos para os dois leitores, como o iluminante D65, luz do dia (Iluminação *Standard CIE - Day light Simulator*), observador 10° (Observador *Standard* cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5m) e o espaço de cor CIE L*a*b* (*Commission Internationale de L'Éclairage*-Comissão Internacional de Iluminação), além do uso de fórmula de diferença de cor de 1976, estabelecida pelo CIE (CIE COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE, 2004).

Os tratamentos de dados foram feitos nos *softwares OnColor version 5.4.5.1* (dados do espectrofotômetro), *Capsure Palette Version 1.0.0.509*

²⁷ O espectrofotômetro utilizado foi cedido para a realização dos trabalhos pela Profa. Dr^a Eliane Del Lama, do Instituto de Geociência da Universidade de São Paulo.

Windows (dados do colorímetro tristímulo), Photoshop da Adobe (para comparação visual de cores) e Microsoft Excel.

O colorímetro tristímulo mede a cor com uso de uma fonte de luz incidindo em três ou quatro filtros de cor simulando a visão humana e o espectrofotômetro utiliza sensores que medem a quantidade de luz refletida em cada comprimento de onda e, portanto, medindo as curvas espectrais referentes à superfície do objeto. O colorímetro tristímulo utilizado possui cartelas de cores instaladas em seu sistema, Pantone e Munsell, e a cada medição é identificada qual das cores destes mostruários se aproxima mais à cor tomada. A partir da referência de cor desta cartela, se obtém os parâmetros do espaço de cor escolhido para o trabalho, CIE $L^*a^*b^*$.

O colorímetro tristímulo possibilita a escolha de três diâmetros diferentes de abertura da cabeça do leitor do colorímetro (pequena de 2 mm, média de 4 mm e grande de 8 mm).

O espectrofotômetro possui diâmetro da abertura da cabeça de leitor de 8 mm, e disponibiliza três modos de leitura, o SCI (*specular component included*), SCE (*specular component excluded*) e a composição dos dois modos SCI + SCE. As leituras foram feitas neste último modo.

Foram adotados critérios similares aos relatados na bibliografia sobre uso da colorimetria no estudo das rochas e de materiais cimentícios (PRIETO *et al.*, 2010; GOVAERTS *et al.*, 2014; DEL LAMA *et al.*, 2016) para a determinação da área de ensaio e do número mínimo de medidas a serem tomadas em concreto aparente e em argamassa cimentícia. O estudo foi dirigido para o conhecimento da dispersão das medidas dos atributos de cor nesses materiais.

Foram tomados os dados colorimétricos do concreto e da argamassa de reparo com os dois equipamentos em 25 pontos de cada área de confinamento escolhida, em 36 cm² (6 cm x 6 cm), em 64 cm² (8 cm x 8 cm), e em 100 cm² (10 cm x 10 cm) de superfície. Ao utilizar o

colorímetro, as medidas foram obtidas nos três diâmetros de abertura da cabeça do leitor e para o colorímetro espectral foi adotado o diâmetro de leitura disponível pelo equipamento, que era 8 mm.

Para o levantamento na superfície de concreto, foi selecionada uma área na superfície de concreto aparente de um pilar externo na fachada sudoeste, o pilar 50, na área externa do edifício Vilanova Artigas, como indicado na Figura 52. Foi selecionada uma área com aparente homogeneidade de cor e textura, como ilustrado na Figura 53, que mostra essas condições.

FIGURA 52 - INDICAÇÃO DO PILAR 50 EM PLANTA COM INDICAÇÃO DE TODOS OS PILARES (ESQ.) E NA IMPLANTAÇÃO (DIR.).

FONTE: IMAGEM (A) ELABORADA PELA EQUIPE CONSERVA FAU E IMAGEM (B): GOOGLMAPS (MAIO, 2015)

FIGURA 53 - LOCAL DE LEVANTAMENTO DE DADOS COLORIMÉTRICOS. (ESQ.) PILAR 50 DA FACHADA SUDOESTE; (DIR. SUP.) DELIMITAÇÃO DE ÁREA; (DIR. INF) MÁSCARA COM TRÊS TAMANHOS DE ÁREAS DE CONFINAMENTO DE MEDIDAS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

5.2 ESTUDO *IN LOCO*

O estudo *in loco* foi realizado nas próprias empenas.

Nesta etapa, de caráter exploratório, foram levantados dados colorimétricos do concreto, com uso do colorímetro tristímulo e do espectrofotômetro, com intuito de criar paleta de cores e avaliar os resultados nos dois tipos de equipamento de leitura de dados colorimétricos.

Observou-se que há predominância da aparência por faixa de concretagem nas quatro fachadas. Nas elevações Noroeste (NO), Sudoeste (SO) e Sudeste (SE) há 5 faixas com predominância de cor e na elevação Nordeste (NE) há 4 como pode ser visto na Figura 54, Figura 55, Figura 56 e Figura 57.

*FIGURA 54 - DETALHE DA FACHADA
NOROESTE*

*FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA
FAU, 2016*

FIGURA 56 - FACHADA SUDESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2015

*FIGURA 55 - FACHADA NOROESTE E
SUDOESTE*

*FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA
FAU, 2016*

FIGURA 57 - FACHADA NORDESTE

*FONTE: ACERVO EQUIPE
CONSERVA FAU, 2016*

As faixas de aparência predominantes se apresentam como no esquema representado na Figura 58.

Figura 58 - ESQUEMA DAS FAIXAS DE PREDOMINÂNCIA DE APARÊNCIA NAS FACHADAS NOROESTE E SUDOESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

A Figura 59 apresenta a indicação dos locais dos levantamentos das fachadas e seus nomes.

FIGURA 59 - INDICAÇÕES DOS LOCAIS DE LEVANTAMENTO DE DADOS COLORIMÉTRICOS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

A Figura 60 e a Figura 61 indicam as faixas verticais onde foram realizadas as leituras. As faixas verticais foram escolhidas com base na compatibilização dos seguintes critérios: desobstrução de acesso, com a plataforma elevatória, à superfície da empena (ao longo de toda a altura); aparência considerada homogênea mediante observação à distância; área com a menor densidade de reparos, de modo a permitir medidas feitas nas superfícies contínuas do concreto, evitando-se falhas superfícies do concreto (cavidades, falhas de concretagem etc.).

FIGURA 60 - LOCAIS DE LEVANTAMENTO COLORIMÉTRICO DAS FACHADAS NORDESTE(ESQUERDA) E SUDESTE(DIREITA).

FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU, 2016

*FIGURA 61 - LOCAIS DE LEVANTAMENTO COLORIMÉTRICO DAS
FACHADAS NOROESTE
(ESQUERDA) E SUDOESTE (DIREITA)*

FONTE: ACERVO EQUIPE CONSERVA FAU, 2016

As empenas do edifício Vilanova Artigas foram acessadas com auxílio de uma plataforma elevatória. Em cada faixa horizontal, em que há predominância de atributos cromáticos na superfície de concreto, foi escolhida uma área com 64 cm² (8 cm x 8 cm), com aparência uniforme, para os procedimentos do ensaio colorimétrico.

A Figura 62 mostra como a área escolhida foi delimitada por uma máscara, para que as medidas fossem obtidas dentro do limite criado por ela.

*FIGURA 62 - ÁREA DELIMITADA NA SUPERFÍCIE DE CONCRETO DAS EMPENAS DO
EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS*

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

Nesta etapa, os dados colorimétricos constituíram um banco de dados parcial de cores de trechos das empenas para que se levantassem hipóteses relacionadas às diferenças de cores encontradas nas mesmas faixas e em faixas diferentes. Os dados das superfícies próximas aos locais que deveriam ser reparados foram aproveitados nos experimentos de fechamento de lacuna das empenas, realizados no estudo experimental.

5.3 ESTUDO EXPERIMENTAL

Foram realizados estudos experimentais na confecção e aplicação de argamassa para acabamento superficial de reparo, realizados em **dois ciclos**.

Inicialmente, **no primeiro ciclo**, de caráter exploratório, as argamassas foram confeccionadas com variáveis de dosagens e forma de produção.

Os traços das argamassas de acabamento e os materiais (cimento, areia e adesivo acrílico) foram os mesmos adotados nos trabalhos desenvolvidos com equipes parceiras do projeto Getty, contratadas para dar apoio aos ensaios realizados nas empenas. O traço, em massa, usado como referência foi 1:3:0,6 (cimento:areia:água)²⁸, e foi utilizada solução de adesivo acrílico na água de amassamento. Durante os testes, houve pequenas variações na relação água/cimento, em razão da correção da quantidade de água usada na diluição do adesivo acrílico e em razão do ajuste da consistência, feito empiricamente.

Para os estudos da aparência de cor das argamassas, foram consideradas como variáveis de interesse:

- a) cor e teor de pigmento mineral;

²⁸ De acordo com o item intitulado Limites da dissertação, no capítulo 1, a escolha dos materiais (cimento, areia e adesivo acrílico) e a determinação do traço de referência estavam fora do escopo desta pesquisa de mestrado. Os materiais escolhidos (cimento CPII-F 32 e a adesivo acrílico na água de amassamento) foram também empregados na produção na pasta aplicada sobre os reparos na intervenção de 2012/2015, como detalhado no Capítulo 4.

- b) textura: desempenado com desempenadeira de aço; impressão de tábuas de madeira maciça ou material sintético padrão madeira, escovação com escova de cerdas de aço; liso, alisamento com madeira no sentido perpendicular;
- c) proteção da superfície: hidrofugante ou verniz.

5.3.1 **MATERIAIS UTILIZADOS**

Os seguintes materiais foram utilizados:

- a) cimento Portland CP II-F-32 do fabricante CSN, escolhido por se adequar ao uso como argamassa de reparo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002) e por ser mais claro que os outros disponíveis;
- b) areia média (classificação comercial) lavada e seca, nas versões peneirada e sem ser peneirada;
- c) solução de água e adesivo acrílico Murafan 39 da MC Bauchmie, na proporção 1:6;
- d) suspensão de pigmento inorgânico Lanxess, na proporção de 250g de pigmento para 500g de água. A proporção de pigmento (pó) em relação ao cimento da argamassa não excedeu 3% (relação massa pigmento/massa cimento) em nenhuma das amostras. A aplicação desta solução na argamassa foi feita com auxílio de êmbolo de seringa. Os pigmentos utilizados foram os de cor amarela, vermelha, marrom e preta;
- e) superplastificante Glenium® 51 da Basf, à base de éter policarboxílico;
- f) hidrofugante: silicone Viapol -154, à base de siloxano oligomérico diluído em solvente e aplicado com brocha em superfície limpa e seca;
- g) verniz do fabricante Viapol, seguindo as orientações do fabricante, em três camadas, sendo a primeira na versão brilhante e a outras

duas na versão fosca. A aplicação foi feita com brocha em superfície limpa, seca e absorvente. A primeira demão foi aplicada com o produto diluído em água na proporção de 1:1. As últimas duas demãos foram aplicadas sem diluição, com intervalos de quatro horas;

- h) argamassa de recuperação estrutural Viaplus ST da empresa Viapol; produto bicomponente composto por cimento Portland modificada com polímeros acrílicos e fibras, a mesma argamassa utilizada na obra de intervenção de 2012/2015.

5.3.2 **PREPARO E APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS**

As argamassas foram misturadas manualmente em volumes de, aproximadamente, 2 litros para cada condição de ensaio e aplicadas nos substratos com auxílio de colher de pedreiro.

As seguintes ferramentas e acessórios, alguns ilustrados na Figura 63, foram usados na aplicação das argamassas:

- a) placas de argamassa armada, peças pré-fabricadas de concreto, blocos pré-fabricados de concreto, utilizados como substratos para aplicação das argamassas;
- b) desempenadeira de aço para acabamento superficial nas amostras;
- c) escova metálica para acabamento superficial nas amostras;
- d) tábua de madeira de pinho para imprimir textura na superfície das amostras;
- e) lâmina vinílica padrão madeira para imprimir textura na superfície das amostras;
- f) lona plástica para evitar a perda de água de amassamento durante a cura.

FIGURA 63 - FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA CRIAR TEXTURAS NAS SUPERFÍCIES DAS ARGAMASSA. (ESQ. SUP.) DESEMPENADEIRA DE AÇO; (DIR. SUP.) ESCOVA DE AÇO; (ESQ. INF.) TÁBUA DE MADEIRA DE PINHO; (DIR. INF.) LÂMINA VINÍLICA PADRÃO MADEIRA TEXTURIZADA

A cura das argamassas foi realizada por, no mínimo, 7 dias. No primeiro ciclo, para as argamassas aplicadas nos substratos móveis dispostos em plano horizontal (peças de argamassa armada e blocos de concreto), a cura foi feita em local sombreado, com umedecimento e com proteção de lonas plásticas. No segundo ciclo, para as argamassas aplicadas em substratos verticais, a cura foi feita da mesma forma.

Para viabilidade do estudo de aplicação das argamassas, foram construídas, no Canteiro Experimental “Antônio Domingos Battaglia” da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, quatro paredes de bloco de concreto do tipo estrutural de 14 cm x 19 cm x 39 cm, com as faces voltadas para as mesmas direções que as empenas do Edifício Vilanova Artigas, como pode ser observado na Figura 64. Os comprimentos das quatro paredes são proporcionais aos comprimentos dos perímetros das quatro empenas do edifício estudado e 1,50 m de altura.

O objetivo do projeto foi produzir planos verticais para que as argamassas fossem aplicadas em condições semelhantes à aplicação de material nas empenas e que estivessem expostas às mesmas situações de insolação, ação de ventos e poluentes ao do edifício estudado e que ainda possibilitassem a monitoração em intervalos de tempo.

FIGURA 64 - PAREDES CONSTRUÍDAS NO CANTEIRO EXPERIMENTAL "DOMINGOS BATTAGLIA" PARA RECEBER AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DE REPARO

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

As argamassas foram misturadas manualmente, em volumes de aproximadamente 2 litros para cada condição de ensaio e aplicadas no substrato com auxílio de colher de pedreiro. Foram produzidas e aplicadas aos substratos por pedreiros, acompanhados pela pesquisadora, com o objetivo de obter a apreciação dos profissionais, em termos práticos, quanto à adequação dos procedimentos às condições reais da obra.

Parte das argamassas foi aplicada diretamente nas superfícies dos blocos de concreto e outra parte aplicada em peças pré-fabricadas de concreto de 14 cm x 19 cm x 3 cm. Essas últimas possibilitaram a movimentação das amostras para avaliações e comparações visuais com outras superfícies, para que seus resultados pudessem ser direcionados para melhores escolhas em compatibilização com o concreto original **no segundo ciclo** de elaboração de argamassas.

5.3.3 **PRIMEIRO CICLO DE CONFECÇÃO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSA.**

Para investigação da influência de variáveis, foram elaboradas 45 amostras, nas quais foram exploradas as seguintes variáveis em sua confecção:

Areia peneirada e sem peneirar:

- a) relação água/cimento;
- b) cor e teor de pigmentos minerais;
- c) acabamento superficial: desempenado com desempenadeira de aço, com impressão de tábua de madeira de pinho e escovado com escova com cerdas de aço;
- d) diferentes substratos: placa de argamassa armada, peças pré-fabricadas de concreto e bloco de concreto.

Os primeiros dados colorimétricos foram obtidos a 40 dias de confecção, com o colorímetro tristímulo RM200 Capsure da X-Rite. Foram tomadas entre cinco a dez medidas de cada amostra, em área delimitada de 64 cm². O número reduzido de medidas deve-se às restrições do equipamento, mas está de acordo com os resultados da pesquisa de Lopez *et al.* (2007), que usaram uma densidade de medidas em argamassa de 0,156 medidas/cm², o que resultaria 9,6 ou 10 medidas na área adotada.

Como essas superfícies não são monocromáticas, foi considerada como cor característica uma medida de tendência central e, portanto, utilizando-se a Moda, que corresponde ao valor observado com maior frequência no conjunto de medidas dos atributos cromáticos L*, a* e b*.

Foram feitas três comparações de cor:

- a) colorimétrica, entre os dados colorimétricos das argamassas com 40 dias de idade e com 170 dias, que ficaram expostas às condições similares às das empenas;

- b) colorimétrica, entre os dados obtidos a 40 dias de idade das amostras de argamassa e os dados da superfície de lacuna a ser preenchida na fachada Noroeste do edifício (local onde foi extraído testemunho para realização de ensaios físicos do concreto);
- c) visual, com uso de escala tonal, entre as amostras com melhor compatibilização colorimétrica e menor diferença de cor entre as superfícies confrontadas no ensaio da alínea b e o padrão, representado pelo fragmento da superfície da fachada Noroeste, obtido de testemunho extraído neste local, que pode ser visto na Figura 65.

FIGURA 65 - SUPERFÍCIE DA EMPENA EM TESTEMUNHO EXTRAÍDO DA FACHADA NOROESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

A avaliação visual sucedeu a colorimétrica, descrita na alínea b. As amostras com valores de $L^*a^*b^*$ mais próximos aos do padrão foram levadas ao Laboratório de Tecnologia Têxtil do Instituto de Pesquisas

Tecnológicas (IPT) para comparação visual em cabine de luz, utilizando o procedimento de avaliação qualitativa descrita na NBR ISO 105 A02 Têxtil - Ensaio de solidez da cor Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor (Associação Brasileira de Normas Técnicas 2006) e na norma americana ASTM D2616-96 *Standard Test Method for Evaluation of Visual Color Difference With a Gray Scale* (American Society for Testing and Materials, 2003). Este procedimento foi descrito no Capítulo 4 deste trabalho.

Esta última ferramenta de avaliação de aparência possibilitou a seleção de amostras com traços mais apropriados, em termos estéticos, para completar a lacuna aberta na superfície de concreto das empenas, do local onde este testemunho foi retirado.

5.3.4 **SEGUNDO CICLO DE CONFECÇÃO DE AMOSTRAS DE ARGAMASSA**

As dosagens das argamassas do segundo ciclo foram selecionadas a partir dos melhores resultados de estabilização da cor no tempo e de compatibilização com o concreto.

Considerando-se que as argamassas em estudo serão aplicadas como acabamento superficial sobre argamassa industrializada de reparo estrutural que preencherá as lacunas nas empenas de concreto, neste segundo ciclo de ensaios, uma camada de argamassa estrutural industrializada com 1 cm de espessura (a mesma usada na obra de intervenção de 2012 a 2015) foi aplicada sobre o bloco de concreto úmido em áreas delimitadas por *grid* de madeira de 2 cm de espessura. Sobre esse substrato, foram aplicadas as argamassas de acabamento com espessura de 1 cm. Este procedimento visou a simular o procedimento e condições de aplicação com o mesmo substrato de aplicação nas empenas de concreto.

Após cura completa do material preparado como substrato, este foi apicoado para criar superfície rugosa e texturizada, para auxiliar na aderência das amostras de argamassa e, antes da aplicação da argamassa de acabamento, a superfície foi umidificada.

A argamassa de acabamento foi preparada com os mesmos materiais utilizados no primeiro ciclo de confecção de argamassas, mas com adição de superplastificante para obter consistência adequada, sem acréscimo de água na mistura.

Sobre a Figura 66, estão indicados os tipos de textura aplicados sobre as amostras de argamassas de acabamento.

FIGURA 66 - AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO SEGUNDO CICLO: (1) ACABAMENTO DESEMPENADO; (2) ACABAMENTO COM APLICAÇÃO DE LÂMINA VINÍLICA TEXTURA IMITAÇÃO MADEIRA E (3) ARGAMASSA DE REPARO ESTRUTURAL INDUSTRIALIZADA

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

As variáveis de interesse para este estudo foram:

- a) relação água/cimento;
- b) cor e teor de pigmentos;

- c) acabamento superficial: desempenado e com impressão de placa vinílica com textura padrão madeira;
- d) proteção de superfície: hidrofugante e verniz.

Nesta etapa, a quantidade de água foi corrigida pela adição da dispersão de pigmento e do próprio superplastificante.

Para avaliação do comportamento estético frente à aplicação de proteções de superfícies, foram aplicados dois sistemas após três meses de idade dessas argamassas e suas medidas colorimétricas foram tomadas após cinco dias da aplicação. A Figura 67 ilustra os locais e quais proteções foram aplicadas.

FIGURA 67 - AMOSTRAS DE ARGAMASSAS (1) SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL; (2) COM APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE E (3) COM VERNIZ

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

5.3.5 **AVALIAÇÃO COMPARATIVA COLORIMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO 2º CICLO**

Após a coleta de dados colorimétricos, foram calculadas as diferenças de cor entre as amostras sem proteção superficial e as com proteção. Os resultados destas diferenças de cor forneceram condições para avaliação de quanto esses produtos modificam a aparência da superfície.

Foram retomadas as comparações colorimétricas entre a superfície de concreto original (padrão) e todas as superfícies das amostras de argamassa desse ciclo.

As diferenças de cor para análise comparativa foram obtidas pela fórmula CIE 1976 (CIE COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE, 2004):

EQUAÇÃO 1

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Foram admitidos os mesmos níveis de tolerância do trabalho de Waelbers e Rohde (1994 APUD ZHANG, 2015), como exposto na Tabela 4

TABELA 4 - RELAÇÃO ENTRE A AVALIAÇÃO VISUAL E ΔE^ NO CONCRETO*

ΔE^*_{ab}	AVALIAÇÃO VISUAL DA DIFERENÇA DE COR
ATÉ 0,2	NÃO VISÍVEL
DE 0,2- 0,5	MUITO LEVE
DE 0,5- 1,5	LEVE
DE 1,5-3,0	ÓBVIA
DE 3,0-6,0	MUITO ÓBVIA
DE 6,0 – 12,0	GRANDE

FONTE: WAELEBRS E ROHDE, 1994 APUD ZHANG, 2015

5.3.6 **AVALIAÇÃO VISUAL COMPARATIVA ENTRE PADRÃO E AMOSTRAS DE ARGAMASSA DO 2º CICLO**

Baseado no procedimento proposto na norma brasileira NBR ISO 105-A02 - Têxteis- Ensaio de solidez da cor Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006), mencionado e descrito no capítulo 4, foram feitas comparações visuais entre o *padrão* e as amostras feitas neste ciclo, com e sem proteção superficial.

As amostras estavam dispostas voltadas para face Nordeste e o padrão foi colocado perpendicularmente à face da amostra para que pudesse encostar na superfície a ser comparada, como visto na Figura 68.

FIGURA 68 - AVALIAÇÃO VISUAL ENTRE PADRÃO E AMOSTRA COM ESCALA TONAL

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2018

Foram feitas 30 comparações da superfície padrão com a:

- a) amostra 25, sem proteção superficial;
- b) amostra 25, com hidrofugante;

- c) amostra 25, com verniz;
- d) amostra 26, sem proteção superficial;
- e) amostra 26, com hidrofugante;
- f) amostra 26, com verniz;
- g) amostra 27, desempenada sem proteção superficial;
- h) amostra 27, desempenada com hidrofugante;
- i) amostra 27, desempenada com verniz;
- j) amostra 27, com textura feita com a lâmina vinílica sem proteção superficial;
- k) amostra 27, com textura feita com a lâmina vinílica com hidrofugante;
- l) amostra 27, com textura feita com a lâmina vinílica com verniz;
- m) amostra 28, desempenada sem proteção superficial;
- n) amostra 28, desempenada com hidrofugante;
- o) amostra 28, desempenada com verniz;
- p) amostra 28, com textura feita com a lâmina vinílica sem proteção superficial;
- q) amostra 28, com textura feita com a lâmina vinílica com hidrofugante;
- r) amostra 28, com textura feita com a lâmina vinílica com verniz;
- s) amostra 29, desempenada sem proteção superficial;
- t) amostra 29, desempenada com hidrofugante;
- u) amostra 29, desempenada com verniz;
- v) amostra 29, com textura feita com a lâmina vinílica sem proteção superficial;
- w) amostra 29, com textura feita com a lâmina vinílica com hidrofugante;
- x) amostra 29, com textura feita com a lâmina vinílica com verniz;
- y) amostra 30, desempenada sem proteção superficial;
- z) amostra 30, desempenada com hidrofugante;

aa) amostra 30, desempenada com verniz;

bb) amostra 30, com textura feita com a lâmina vinílica sem proteção superficial;

cc) amostra 30, com textura feita com a lâmina vinílica com hidrofugante;

dd) amostra 30, com textura feita com a lâmina vinílica com verniz.

As avaliações foram feitas por cinco pessoas previamente treinadas, que preencheram a ficha, conforme modelo abaixo.

Edifício Vilanova Artigas

COMPARAÇÃO ENTRE APARÊNCIA DE SUPERFÍCIE DO CONCRETO ORIGINAL DAS EMPENAS E AMOSTRA DE ARGAMASSAS

Metodologia de avaliação: escala de cinza - NBR ISO 105-A02

Nome avaliador:

Data:

Faces das amostras voltadas para a Fachada:

Horário:

Tempo:

Temperatura:

Umidade:

DESCRIÇÃO DAS SUPERFÍCIES

Padrão 1:

Amostras conforme as descrições

AMOSTRA			NOTA	OBSERVAÇÃO
25	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
26		SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
27	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
28	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO		

		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
29	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
30	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO		
		COM HIDROFUGANTE		
		COM VERNIZ FOSCO		

As avaliações foram feitas durante o dia, sob a luz do Sol. Os três primeiros avaliadores realizaram a atividade na parte da manhã, com tempo firme ensolarado, temperatura de 23° C e umidade relativa do ar de 64%. Os dois últimos avaliaram e compararam as superfícies no período da tarde do mesmo dia, com céu parcialmente nublado, temperatura de 26° C e umidade relativa do ar de 49%. A distância entre os avaliadores e as superfícies foi de 80 cm a 100 cm.

As notas definitivas foram aquelas que se repetiram em, no mínimo, duas avaliações.

5.3.7 **UMIDADE SUPERFICIAL DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSA DO 2º CICLO**

Outra variável de interferência na aparência dessas superfícies é a presença de água no material, seja sem ou com sistema de proteção. Para avaliação dessa variável, cada amostra com e sem proteções superficiais foram submetidas a 15 medições de umidade superficial com auxílio do equipamento CMEXpert II da Tramex, que fornece percentuais de umidade do concreto em uma escala de 0 a 6,9%. Após coleta dos dados, foi feita análise comparativa entre os resultados das superfícies sem proteção e com cada tipo de proteção aplicada.

5.3.8 **EXPERIMENTO PRÁTICO NAS EMPENAS DE CONCRETO**

Os procedimentos de aplicação de reparos nas empenas do edifício Vilanova Artigas seguiram as diretrizes estabelecidas no relatório elaborado para os subsídios para gestão da conservação do edifício Vilanova Artigas (PINHEIRO *et al.*, 2017 A, p.115). Quanto ao tratamento e refazimento dos reparos, as recomendações são:

[...] da face externa das empenas devem ser feitos com o uso de argamassas industriais - à base de cimento modificada com polímeros e com retração compensada - sendo finalizados com uma camada de argamassa moldada in loco, com espessura de 1 cm.

Os novos reparos foram feitos em locais onde houve extração de testemunhos para ensaios de caracterização física e em locais onde foi necessário o refazimento de reparos existentes (confeccionados na campanha de intervenções de 2012/2015), devido aos ensaios de investigação do potencial de corrosão das armaduras, que determinou a escarificação superficial para que os equipamentos atingissem a armadura. Portanto, com exceção dos locais de extração dos quatro

testemunhos de diâmetro de 50mm, os novos reparos foram feitos em locais onde já existia argamassa de reparo.

O planejamento de identificação colorimétrica seguiu as condições admitidas nos estudos piloto e experimentais e considerou os resultados sobre as influências das variáveis sobre a aparência do material a ser aplicado como acabamentos.

Foram coletados dados colorimétricos das superfícies que contornam as áreas a serem reparadas. Seus resultados foram comparados com os das amostras. Foi selecionada a dosagem que apresentava os dados colorimétricos mais próximos aos daquelas superfícies das empenas.

Os passos para corte, extração do material, preparo do substrato e preenchimento das lacunas seguiu orientação do Memorial Descritivo de Especificação Técnica dos Serviços de Recuperação da Cobertura do Edifício Vilanova Artigas (FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2012), elaborado a partir das especificações técnicas do relatório de Helene, Britez e Antunes (2010).

A única exceção às recomendações do Manual foi a introdução do tratamento superficial confeccionado em material cimentício a ser aplicado sobre a argamassa de reparo estrutural industrializada.

Na Figura 69, estão ilustradas as etapas do procedimento executado:

- a) escarificação da superfície de reparo existente;
- b) corte feito com disco diamantado com geometria seguindo linha de divisão das fôrmas originais no sentido horizontal e corte vertical perpendicular;
- c) retirada da argamassa da reforma de 2012/2015, sem prejudicar o material original;
- d) limpeza do substrato, com retirada de pedaços soltos;
- e) aplicação manual de argamassa de reparo estrutural;

- f) cura com a superfície protegida para conter a umidade;
- g) aplicação da argamassa de acabamento de reparo escolhida sobre a superfície previamente apicoada;
- h) aplicação de placa vinílica padrão texturizado simulando madeira contra a superfície da argamassa;
- i) colocação de lona plástico para conter a umidade e promover a cura;
- j) resultado logo após a retirada das proteções.

FIGURA 69 - PASSO A PASSO DO PROCEDIMENTO DE PREENCHIMENTO DE LACUNAS

FONTE: ACERVO DA EQUIPE CONSERVA FAU, 2017

A sugestão é que após o período mínimo de quatro meses de confecção, sejam feitas inspeções das condições físicas dos reparos e obtenção dos dados colorimétricos. Outra providência é a observação visual e acompanhamento da modificação da aparência visual e

comparação colorimétrica dos reparos em relação à superfície do concreto.

5.4 ESTUDOS ANALÍTICOS SOBRE A GEOMETRIA DOS REPAROS

Foi desenvolvido um estudo preliminar de projeto para a geometria dos reparos para o edifício, que poderia ter sido executado à época das intervenções de 2012-2015. A proposta foi feita em um recorte da fachada Sudoeste do edifício Vilanova Artigas. A simulação foi feita em imagem produzida por levantamento a laser, Figura 70, executado por técnicos da Universidade Ferrara para o Projeto Getty.

A partir dos tamanhos dos reparos existentes, foi proposta modulação horizontal, regida pelas marcas das divisas de tábuas de madeira da fôrma utilizada no molde original para concretagem das empenas e verticalmente, por intervalos de 20 cm. A intenção foi organizar visualmente as interferências nas superfícies originais.

FIGURA 70 - IMAGEM DA FACHADA SUDOESTE DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS, OBTIDA PELA TÉCNICA DE LEVANTAMENTO A LASER

FONTE: ACERVO DA EQUIPE CONSERVA FAU, 2016

Pelas recomendações de especialistas como Von Fay (2015) e pela experiência prática durante os experimentos, há indicação de um cuidado quanto ao corte e formato dos reparos de concreto. Para evitar que o disco provoque corte maior do que o necessário nos vértices dos reparos, é preferível que sua interrupção ocorra antes do término da linha de corte vertical ou horizontal e que os encontros entre as arestas sejam feitos manualmente, com auxílio de ferramentas menores para corte e retirada do material, de forma a arredondá-los, como ilustrado na Figura 71.

FIGURA 71 - IMAGEM ESQUEMÁTICA DO FORMATO DO REPARO COM ARREDONDAMENTO DOS CANTOS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2018

Outro cuidado com a geometria, embora não influencie a estética do reparo e sim seu desempenho, é o sentido do corte feito com o disco em direção perpendicular à superfície. Von Fay (2015) recomenda que seja feita uma inclinação de no máximo 10° , de maneira a criar uma geometria que contenha o material de reparo, conforme Figura 72.

*FIGURA 72 - CORTE ESQUEMÁTICO DA EMPENA COM MATERIAL DE REPARO
(MEDIDAS EM m)*

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2018

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1 DO ESTUDO PILOTO

6.1.1 **COLETA DE DADOS COLORIMÉTRICOS COM COLORÍMETRO TRISTÍMULO EM SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE**

Nesta etapa, foi utilizado o colorímetro tristímulo na leitura de dados colorimétricos da superfície de concreto de um pilar (pilar 50) do edifício Vilanova Artigas, visto na Figura 73.

Ao todo foram obtidas 225 medidas colorimétricas. O procedimento consistiu em delimitar três áreas diferentes para tomadas de leitura, 36 cm² (6 cm x 6 cm), 64 cm² (8 cm x 8 cm), e 100 cm² (10 cm x 10 cm) da superfície do pilar do edifício, como mostram a Figura 74 e Figura 75. Em cada uma dessas áreas foram feitas 75 medições, 25 com cada uma das três opções disponíveis de diâmetros de abertura da cabeça do leitor do colorímetro disponíveis (abertura pequena com 2 mm, média com 4 mm e grande de 8 mm).

FIGURA 73 - PILAR 50 DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

FIGURA 74 - ÁREAS DELIMITADAS PARA LEITURAS

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

FIGURA 75 - DETALHE DA SUPERFÍCIE DELIMITADA

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2016

Foram calculadas as médias acumuladas de L^* , de a^* e de b^* em cada combinação de área de superfície medida e diâmetro de abertura do leitor de cor do colorímetro.

Os valores foram dispostos em um gráfico, cujas funções são as médias acumuladas do valor do atributo e o número de medidas. Para exemplificar o processo, no Gráfico 6, Gráfico 5 e Gráfico 7 estão os resultados obtidos no ensaio com a seleção de área confinada para leitura de 64 cm² e abertura de diâmetro de leitor grande para os atributos de cor, L^* , a^* e b^* . Observa-se, em cada gráfico, na indicação em vermelho, em qual quantidade de medidas iniciou-se a **tendência** de estabilização do valor do atributo.

GRÁFICO 6 - COLORÍMETRO TRISTÍMULO -
MÉDIAS ACUMULADAS DE "L*" X Nº DE MEDIDAS

GRÁFICO 5 - COLORÍMETRO TRISTÍMULO -
MÉDIAS ACUMULADAS DE "a*" X Nº DE MEDIDAS

GRÁFICO 7 - COLORÍMETRO TRISTÍMULO-
MÉDIAS ACUMULADAS DE "b*" X Nº DE MEDIDAS

Na Tabela 5 estão todos os resultados para todas as variáveis admitidas.

TABELA 5 ESTABILIZAÇÃO DE DADOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO MÍNIMO DE MEDIDAS NO CONCRETO COM COLORÍMETRO TRISTÍMULO

Área de confinamento	Diâmetro de Abertura do leitor	Número mínimo de medidas		
		L*	a*	b*
36 cm ²	Grande 8 mm	-	21	21
64 cm ²		13	12	13
100 cm ²		13	-	-
36 cm ²	Média 4 mm	-	11	9
64 cm ²		13	19	-
100 cm ²		5	9	21
36 cm ²	Pequena 2 mm	5	19	13
64 cm ²		5	-	13
100 cm ²		-	7	7

Os valores faltantes da tabela indicam que não houve tendência de estabilização de dados.

A escolha se deu para o conjunto de valores coerentes entre si, portanto o número mínimo de 13 medidas foi considerado o mais adequado para leitura de cor em área de 64 cm², iluminante D65, luz do dia, observador 10° e uso de diâmetro de abertura do leitor do equipamento no tamanho grande, 8 mm.

6.1.2 **COLETA DE DADOS COLORIMÉTRICOS COM COLORÍMETRO ESPECTRAL EM SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE**

Nesta etapa, foi utilizado o espectrofotômetro Konica Minolta 2500d (colorímetro espectral) e condições pré-estabelecidas para iluminante, o D65, para observador, o 10°, uso do espaço de cor CIE L*a*b* e diâmetro de abertura do leitor de 8 mm, abertura disponível do equipamento.

Foram tomadas 25 medidas confinadas em áreas diferentes de 36 cm² (6 cm x 6 cm), 64 cm² (8 cm x 8 cm), e 100 cm² (10 cm x 10 cm) da mesma superfície em que foram coletados os dados com o colorímetro tristímulo. Ao todo, foram obtidas 75 medidas, cujos valores de atributos foram dispostos em gráficos, com a mesma conformação dos gráficos dos ensaios feitos com o colorímetro tristímulo.

Os resultados para número mínimo de medidas em que ocorre a tendência de estabilização dos atributos estão na Tabela 6.

TABELA 6 - NÚMERO MÍNIMO DE MEDIDAS TOMADAS EM ÁREAS DIFERENTES-COLORÍMETRO ESPECTRAL

Área de confinamento das medidas	Diâmetro de Abertura do leitor	Número mínimo de		
		L*	a*	b*
36 cm ²	Grande 8 mm	22	17	20
64 cm ²		9	5	10
100 cm ²		3	17	4-

Os resultados das médias acumuladas foram menos dispersos que os resultados obtidos com o colorímetro tristímulo em todas as situações.

A estabilização de medidas melhor avaliada foi nas condições de área de confinamento de 64cm². Nesta área, o atributo de luminosidade L* teve suas médias acumuladas estabilizadas na nona tomada de medida de cor; em a*, esta estabilização foi obtida com 5 medidas e em b*, foi obtida com 10 medidas.

Os resultados das médias acumuladas em relação ao número de medidas em 64 cm² estão representados no Gráfico 8, Gráfico 9 e Gráfico 10.

*GRÁFICO 8 - COLORÍMETRO ESPECTRAL
MÉDIAS ACUMULADAS DE "L*" X Nº DE MEDIDAS*

*GRÁFICO 9 - COLORÍMETRO ESPECTRAL
- MÉDIAS ACUMULADAS DE "a*" X Nº DE
MEDIDAS*

GRÁFICO 10 - - COLORÍMETRO ESPECTRAL
- MÉDIAS ACUMULADAS DE "b*" X Nº DE
MEDIDAS

No Gráfico 10, a partir da vigésima média acumulada, há elevação no valor de b^* , com valores médios de um ponto na média acumulada. Apesar dessa mudança na estabilização das medidas, considerou-se que a variação é muito pequena e imperceptível e que das 25 médias acumuladas; nove ficaram no intervalo de 10 e 10,3; a partir da 10ª até a 21ª, os valores de b^* ficaram entre 10,3 e 10,6 e somente as últimas quatro médias acumuladas foram de 11,2.

Por este resultado, foi admitido que o número mínimo de medidas tomadas na superfície de concreto, com os parâmetros descritos anteriormente, em relação ao iluminante, observador e abertura do leitor, com o equipamento de leitura de dados colorimétricos por meio espectral, é **10** (dez).

6.2 DO ESTUDO *IN LOCO*

Com os parâmetros estabelecidos para medição da cor do concreto, foram levantados os dados colorimétricos das superfícies das empenas de

concreto do edifício Vilanova Artigas, com uso dos dois tipos de equipamentos de leitura de cor, o tristímulo e o espectral.

Como percebido visualmente, constatou-se grande heterogeneidade da cor do concreto. Os resultados não convergiram para uma suposta paleta a ser admitida como exclusiva das fachadas, que permitisse subsidiar escolhas padronizadas para materiais de reparo. Outro motivo para não estabelecer cores padronizadas referenciais é a mudança de cores pelo próprio envelhecimento das superfícies.

Para efeito de visualização dos conjuntos de 10 cores obtidos em área de 64 cm² de cada faixa de predominância de cores ou de concretagem (F1, F2, F3, F4 e F5) em cada fachada (Sudoeste, Sudeste, Nordeste e Noroeste), foi criado um painel ilustrativo como visto na Figura 76.

Esta apreciação visual permite, de forma imediata e perceptual, a comparação dos resultados entre as regiões ensaiadas.

As medições de cores foram feitas em locais selecionados por meio de avaliação visual tomada à distância de 0,90 m de distância da superfície, que foi suficiente para adoção dos critérios de escolha pela homogeneidade de cor e textura. Para elaboração do painel, cada conjunto de dados colorimétricos (L^*a^* e b^*) foi convertido em cor do sistema RGB e gerado a cor de representação no software Excel.

FIGURA 76 - REFERÊNCIAS VISUAIS DAS CORES MEDIDAS COLORIMÉTRICAS DAS FACHADAS OBTIDAS POR ESPECTROFOTÔMETRO¹

	SO	SE	NE	NO
F1
F2
F3
F4
F5

1- Como a fachada Nordeste é menor, em altura, do que as outras, não há faixa 5.

A Figura 77 ilustra a fachada Sudoeste. Sua faixa de predominância de cor número 1, onde foram tomadas as medidas e ao lado, a ilustração do conjunto de dez medidas tomadas aleatoriamente dentro da área de confinamento para o ensaio.

FIGURA 77 - CONJUNTO DE MEDIDAS TOMADAS EM ÁREA DE 64 cm² NA FAIXA 1 DA FACHADA SUDOESTE

FONTE: ACERVO DA EQUIPE CONSERVA FAU, 2017

A conclusão, a partir dos resultados deste estudo, é que não há como padronizar a dosagem da argamassa de reparo para todo o edifício, no que diz respeito à cor e aparência. Esta consideração é válida para projetos de conservação que visem a um resultado *like-for-like*, isto é, aproximação da aparência do reparo à aparência do concreto original.

Como as diferenças entre as medições tomadas pelo colorímetro tristímulo (colorímetro) e o colorímetro espectral não foram significativas, os estudos que sucederam esta etapa utilizaram o equipamento tristímulo, ferramenta adquirida pelo Projeto Getty. O colorímetro apresenta algumas limitações, por oferecer pequena capacidade para armazenamento de dados, possuir processamentos de *software* menos complexos e insuficiência de oferta de cores das paletas existentes, que são oferecidas comercialmente. Mesmo que o aparelho escolhido apresentasse essas restrições técnicas em relação ao outro, a sua adoção se deve aos resultados esperados para uma superfície heterogênea como

a estudada, em que a pulverização de resultados condiz com a avaliação perceptual e não se pressupõe precisão nas medidas.

A Figura 78 mostra as referências visuais dos resultados colorimétricos de cada medida e ilustra a heterogeneidade de cor e similaridade dos resultados obtidos com os dois equipamentos em ensaio realizado em uma das faixas de predominância de cor da fachada Noroeste do edifício.

FIGURA 78 - DADOS COLORIMÉTRICOS OBTIDOS NA FAIXA 2 DA FACHADA NOROESTE

	COLORÍMETRO TRISTÍMULO	ESPECTROFOTÔMETRO
MEDIDA 1		
MEDIDA 2		
MEDIDA 3		
MEDIDA 4		
MEDIDA 5		
MEDIDA 6		
MEDIDA 7		
MEDIDA 8		
MEDIDA 9		
MEDIDA 10		
dados colorimétricos mais incidentes		

6.3 DO ESTUDO EXPERIMENTAL

6.3.1 PRIMEIRO CICLO DE AMOSTRAS

6.3.1.1 Avaliação colorimétrica

Nesta etapa exploratória, foram elaboradas 45 amostras de argamassa com variações de traço, dosagens de pigmentos, textura superficial e substrato em que foram aplicadas.

Para selecionar as argamassas que tiveram sua cor estabilizada, foram feitos ensaios colorimétricos a 40 dias e a 170 dias de suas

confeccões. A primeira medição tinha sido prevista para ser a 28 dias, mas, por causa do período de chuvas, isto não foi possível.

De todas as amostras, nove não mudaram ou pouco mudaram de cor no intervalo de tempo considerado, o que equivale a 20% das argamassas. Para a seleção, foram calculadas as diferenças colorimétricas pela fórmula de obtenção de ΔE^*_{ab} e sua avaliação visual foi realizada pautada na tabela de Avaliação Visual de Waelbers e Rohde (apud ZHANG, 2005). Foram nove as argamassas com diferenças de cor classificadas como *não visível* e como *muito leve*, e que constam na Tabela 7. Foram analisadas quais as variáveis eram mais recorrentes nas amostras escolhidas.

TABELA 7 - RESUMO DAS CONDIÇÕES DAS ARGAMASSAS QUE NÃO MUDARAM OU POUCO MUDARAM DE COR NO TEMPO

TIPO DE VARIÁVEL	QUANTIDADE
TRAÇO	
TRAÇO 1 – 1:3:0,6	6
TRAÇO 2 – 1:3,68:0,68	3
PIGMENTO	
SEM PIGMENTO	4
0,35% PIGM. AMARELO+ 0,022% PIGM. VERM	2
0,35% PIGM. AMARELO+ 0,17% PIGM. MARROM	2
0,35% PIGM. AMARELO+ 0,09% PIGM. VERMELHO	1
TEXTURA	
DESEMPENADA	5
LISA	1
ESCOVADA	1
MADEIRA	2
SUBSTRATO	
PLACA DE ARGAMASSA ARMADA	2
PEÇA PRÉ-FABRICADA DE CONCRETO	1
BLOCO DE CONCRETO	6

As argamassas que tiveram maior estabilidade na cor foram as que utilizaram o traço na proporção de 1:3:0,6, areia sem peneirar, sem

pigmento incorporado em sua mistura, desempenadas e as que foram aplicadas sobre o bloco de concreto.

As argamassas com menor relação água/cimento, sem pigmento e desempenadas apresentam tendências de estabilização de cor quando expostas ao tempo em pelo menos 40 dias. Quanto ao substrato, não foi possível avaliar a sua interferência na aparência de cor, o que não prejudicou as conclusões necessárias para o início dos procedimentos do segundo ciclo, já que foi adotado outro substrato.

Ao considerar uma abordagem menos restritiva de diferença de cor na tabela de avaliação visual, com ΔE^*_{ab} até 1,75, classificada como *acima do limite*, mas abaixo do *inaceitável* nos critérios adotados por Prieto *et al.* (2010), um maior número de argamassas pode ser considerado com boa estabilização de cor a partir dos quarenta dias de idade.

Como muitos resultados foram conflitantes, foi importante estabelecer que a análise da cor fosse baseada em tendências do comportamento dos dados. A partir desta premissa, observa-se evidências de que, nas comparações de cor, há a tendência de que argamassas pigmentadas com impressão de madeira tenham sua luminosidade aumentada ao longo do tempo.

A análise dos resultados colorimétricos e os dos procedimentos para elaboração e aplicação das misturas conduziu algumas conclusões sobre as influências das condições sobre a aparência das argamassas, que são:

- a) a textura influencia a aparência da superfície pela sua tridimensionalidade e pela cor. Os resultados colorimétricos obtidos em superfícies que receberam a impressão de madeira tiveram valores de L^* menores, isto é, eram mais escuras do que as que tinham outra textura. Por outro lado, ao longo do tempo, essas argamassas mostraram tendência a aumento de luminosidade. Os

- resultados com amostras que receberam impressão de madeira em suas superfícies foram similares aos de Valença (2011);
- b) os pigmentos, embora utilizados em baixa proporção, de 0,12% a 3%, influenciam a da superfície, mas no caso estudado não resultou em amostras mais compatíveis à aparência do concreto das empenas em comparação às que não tinham pigmentos. O uso de pigmento na cor marrom, mistura de pigmentos vermelho e amarelo pelo fabricante, foi considerado inadequado por que não há informações sobre suas dosagens e, portanto, é possível que novas embalagens tragam produtos com cores diferentes;
 - c) o uso de areia sem peneirar ou peneiradas influenciam a aparência da argamassa, conferindo textura. A provável presença de grãos maiores que o diâmetro admitido para agregado miúdo, que é 4,8 mm, foi responsável pela textura, mas pode atrapalhar a produção de pequenos reparos;
 - d) é preferível que as amostras sejam feitas em condições semelhantes às do local onde serão feitas. No caso das empenas do edifício, verticalmente. Esta consideração coincide com a recomendação de Gaudette e Hunderman (1997);
 - e) para volumes de argamassas de no máximo 2 l, misturados manualmente, indica-se o uso de pigmentos sob suspensão aquosa, cujo volume deverá ser compensado no cálculo de quantidade de água do amassamento;
 - f) é necessário adoção de aditivo que auxilie na plasticidade da argamassa;
 - g) o uso de tábuas de madeira, para impressão de sua textura sobre a argamassa, ainda fresca, como solução a ser empregada nas empenas do edifício, foi considerado inviável por causa de seu peso próprio, que exige sua fixação nas superfícies a serem reparadas,

processo que seria invasivo para conservação de um patrimônio que não se pretende destruir.

De todas as amostras de argamassas confeccionadas no primeiro ciclo, cinco possuíam dados colorimétricos semelhantes aos das superfícies do entorno de uma das lacunas a ser preenchida na empena da face Noroeste do edifício Vilanova Artigas.

Na Tabela 8, estão apresentados os dados colorimétricos obtidos nas superfícies da empena de concreto aparente junto à lacuna da fachada Noroeste e das amostras de argamassas selecionadas. Segundo o cálculo de diferença de cor, concluiu-se que a amostra 5C possuía a menor diferença de cor em relação àquelas superfícies, com valor 1,00, classificação visual classificada como *leve*. Quanto à estabilidade de cor desta argamassa, sua avaliação foi classificada como *óbvia* na tabela de avaliação visual, quando comparadas as medidas colorimétricas tomadas entre 40 e 170 dias, com resultado 1,85. Como a classificação adotada é rigorosa, este valor ainda pode ser admitido como satisfatório.

TABELA 8 RESUMO DE RESULTADOS COLORIMÉTRICOS DE ARGAMASSAS E SUPERFÍCIES ADJACENTES À LACUNA DA EMPENA NOROESTE DO EDIFÍCIO¹ E DIFERENÇAS DE COR

	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
SUPERFÍCIE ENTORNO REPARO NO	62	1,3	9	
AMOSTRA 5C	64,9	1,3	9	1,70
AMOSTRA 10	68,3	2,3	4,7	7,49
AMOSTRA 13	54,9	1,6	12,7	8,01
AMOSTRA 14	48,1	-0,2	15,5	15,41
AMOSTRA 16	58,3	1,6	10,6	4,04

1 Essas medidas foram tomadas com os mesmos parâmetros adotados no Estudo in loco, com colorímetro tristímulo.

Para o edifício em estudo, sugere-se que seja elaborada argamassa de acabamento de reparo com base nas dosagens da amostra 5C para

fechamento de lacuna produzida pela retirada de testemunho na fachada Noroeste.

A indicação é que se faça o mesmo procedimento de comparação de cor para cada preenchimento de lacuna a ser reparada.

Quando o reparo for extenso, e ocupar mais do que uma das faixas de concretagem e predominância de cor, sugere-se que sua recomposição pela cor acompanhe os valores obtidos por MODA de cada faixa nas proximidades do local da lacuna.

6.3.1.2 Avaliação visual

Seguindo as diretrizes descritas no capítulo dos procedimentos metodológicos para a comparação visual, foi realizado o ensaio entre o padrão, que é o fragmento da superfície do concreto original, e as amostras selecionadas. A avaliação das diferenças de cor entre as duas superfícies foi feita sob os procedimentos orientados pela NBR ISO 105 A02 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), conforme descrito no subitem 3.11.1 do capítulo 3. O ensaio foi realizado no Laboratório de Tecnologia Têxtil do IPT (Instituto De Pesquisas Tecnológicas), como registrado na Figura 79.

FIGURA 79 - AVALIAÇÃO VISUAL EM CABINE DE LUZ NO LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA TÊXTIL DO IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS)

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

As referências para as notas a serem atribuídas às diferenças de cor entre as superfícies estão na Figura 80.

FIGURA 80 - ESCALA DE CINZAS 9 NBR ISO 105A02 E CARACTERÍSTICAS DA ESCALA DE CINZA, CONFORME ASTM D26-16

Designação o da Escala	CIE L*a*b*	
	Diferença	Tolerância
5-5 ou 5.0	0.0	0.2
5-4 ou 4.5	0.8	0.2
4-4 ou 4.0	1.7	0.3
3-4 ou 3.5	2.5	0.3
3-3 ou 3.0	3.4	0.4
2-3 ou 2.5	4.8	0.5
2-2 ou 2.0	6.8	0.6
1-2 ou 1.5	9.6	0.7
1-1 ou 1.0	13.6	1.0

**AATCC - AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS*

FONTE : ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006) E AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2003)

Os resultados do ensaio estão na Tabela 9.

TABELA 9 AVALIAÇÃO PELA ESCALA DE CINZAS ENTRE FRAGMENTO DE TESTEMUNHO EXTRAÍDO DA FACHADA NOROESTE (PADRÃO) E AMOSTRAS

AMOSTRA	AVALIADOR 1	AVALIADOR 2	AVALIADOR 3	RESULTADO
5C	3	2 / 3	3	3
10*	3	4	3	3
13**	2 / 3	2 / 3	3	2/3
14	2	1 / 2	2	2
16**	4	3 / 4	3	3

Legenda da tabela:

* A cor da amostra foi avaliada com mais vermelha do que o padrão

** A cor da amostra foi avaliada com mais amarela do que padrão

***A cor da amostra foi avaliada com mais amarela do que o padrão

A amostra de argamassa 5C, que teve seus dados colorimétricos mais próximos aos do entorno da lacuna da fachada Noroeste, foi uma das mais bem avaliadas. Esta argamassa não tinha adição de pigmentos e recebeu acabamento superficial texturizado obtido pela impressão de tábua de madeira.

Os resultados com menor nota corresponderam àquelas com maior diferença de cor colorimétrica (Tabela 8 e Tabela 9). Portanto, houve convergência das duas avaliações.

6.3.2 **SEGUNDO CICLO DE AMOSTRAS**

A seleção de dosagens para a confecção do segundo ciclo foi feita a partir dos melhores resultados de compatibilidade colorimétrica obtidos pela comparação de cor entre as argamassas do primeiro ciclo e a superfície do testemunho extraído da fachada Noroeste do edifício, chamado de **padrão**. Outro critério de seleção foi a dosagem que produziu argamassas com melhor desempenho na estabilização de cor frente ao seu envelhecimento.

Nesta fase das investigações de aparência foram acrescentadas outras variáveis nos procedimentos de execução das amostras:

- a) foram feitas mudanças nos traços das argamassas, na relação água/cimento, para ajuste de consistência, a partir de sugestões de profissionais experientes da construção civil. Para obter a plasticidade desejada sem aumentar a quantidade de água, foi usado aditivo;
- b) superplastificante: as argamassas não apresentaram diferenças quanto a esta variável;
- c) a areia utilizada foi a classificada comercialmente como média, peneirada, isto é, partículas maiores foram retiradas para não prejudicar sua aplicação. O material pode influenciar a aparência dessas superfícies porque o tamanho de seu grão afeta a textura;
- d) as texturas aplicadas foram a desempenada, com desempenadeira metálica e a placa vinílica com textura padrão madeira. Este material, além de mais leve do que a madeira, tem fácil aderência à superfície cimentícia e é útil na contenção da evaporação da água da mistura e, portanto, não prejudicou a cura. As superfícies em que a placa foi estampada tiveram seu atributo de luminosidade diminuído em relação ao das argamassas desempenadas;
- e) aplicação de protetores superficiais, como o hidrofugante à base de silano-siloxano e verniz: o hidrofugante não modificou a aparência das superfícies, ao contrário do verniz que, além de modificar a cor, conferiu brilho, embora tenha sido escolhido o verniz fosco como acabamento.

Os resultados colorimétricos das argamassas elaboradas no **segundo ciclo** sem proteção superficial e com os dois tipos de proteção são apresentados na Tabela 10. As informações detalhadas sobre a formulação das argamassas e condições de aplicação estão no Apêndice F.

6.3.2.1 Análise colorimétrica comparativa entre as superfícies das amostras de argamassas com diferentes tipos de proteção superficial.

Analisando os dados da Tabela 10, observa-se que de dez comparações colorimétricas entre argamassas sem proteção e com hidrofugante, quatro tiveram diferença de cor igual a zero e as outras seis ficaram entre 2,56 e 3,59 (diferença óbvia e muito óbvia)

De dez comparações colorimétricas entre as amostras de argamassa **sem** proteção superficial e **com verniz fosco**, uma foi classificada como diferença de cor *óbvia*, três como *muito óbvias* e seis como *grande diferença de cor*.

TABELA 10- DADOS COLORIMÉTRICOS DE AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO 2º CICLO E DIFERENÇAS DE COR DE SUPERFÍCIES COM E SEM PROTEÇÃO

	DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO E COM PROTEÇÃO SUPERFICIAL E HIDROFUGANTE				JND*	DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL E COM VERNIZ FOSCO				JND*
NOME DA ARGAMASSA	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*		ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	
25 DESEMP.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	7,5	0	-1,1	7,58	GRANDE
26 DESEMP.	2,7	-1	0,4	2,91	ÓBVIA	10,2	0,5	-2,9	10,6	GRANDE
27 DESEMP.	-2,7	1	-0,4	2,91	ÓBVIA	6,4	-0,8	-3,1	7,16	GRANDE
27 TEX. VINIL.	3	1,8	0,8	3,59	MUITO ÓBVIA	8,7	-1	1,2	8,84	GRANDE
28 DESEMP.	2,9	0,2	0,7	2,99	ÓBVIA	10	-0,1	-3	10,4	GRANDE
28 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	4,4	1,2	0,5	4,59	MUITO ÓBVIA
29 DESEMP.	-1,4	0,6	2,7	3,10	MUITO ÓBVIA	1,5	0,6	-0,2	1,63	ÓBVIA
29 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	10,3	-0,7	-2,7	10,6	GRANDE
30 DESEMP.	-2,2	1,3	0,2	2,56	ÓBVIA	0,7	1,3	-2,7	3,08	MUITO ÓBVIA
30 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	4,4	1,2	0,5	4,59	MUITO ÓBVIA

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Além da grande diferença de cor, seu brilho, visualmente perceptível, fez com que as amostras com verniz fossem muito diferentes que a superfície padrão.

As diferenças de cor entre as superfícies **sem** proteção e **com hidrofugante** tiveram resultados mais aceitáveis, com **quatro** resultados como **não visível**, **quatro** resultados de diferença de cor **óbvias** e duas **muito óbvias**.

Esteticamente, o uso de verniz utilizado, que é o fosco, na superfície de argamassa, modifica sua aparência, enquanto que o hidrofugante obteve resultados melhores, isto é, foi menos perceptível na avaliação colorimétrica.

6.3.2.2 Análise colorimétrica entre a superfície de concreto aparente (padrão) e as amostras de argamassas com e sem proteção superficial.

Para comparação de aparência entre o concreto original e as amostras, foi escolhida a superfície de concreto aparente de um dos testemunhos retirados da fachada noroeste do edifício Vilanova Artigas. Os dados colorimétricos da superfície de seu entorno, coletados sob mesma metodologia que o estudo *in loco*, também foram considerados nesta etapa.

Os dados estão distribuídos na Tabela 11 e as menores diferenças de cor entre as argamassas elaboradas e a superfície padrão foram encontradas na amostra 25, desempenada, sem protetor superficial e com hidrofugante (2,25 e 2,47 respectivamente, mesmo que classificados na avaliação visual como diferenças *óbvias*), da argamassa 27 desempenada com acabamento desempenado e sem proteção superficial (2,25, diferença *óbvia*) e o melhor resultado foi em relação à argamassa 28, desempenada e com hidrofugante (1,10, *leve diferença* de cor).

TABELA 11- DIFERENÇA DE COR ENTRE SUPERFÍCIE DE CONCRETO (PADRÃO) E AMOSTRAS

	DADOS COLORIMÉTRICOS ARGAMASSA SEM PROTEÇÃO			DADOS COLORIMÉTRICOS ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE			DADOS COLORIMÉTRICOS ARGAMASSA COM APLICAÇÃO DE VERNIZ			DADOS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE DE ENTORNO DE TESTEMUNHO RETIRADO DA SUPERFÍCIE DA FACHADA NOROESTE DO ED. VILANOVA			DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE				DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA COM HIDROFUGANTE E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE				DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA COM VERNIZ E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE			
NOME ARGAMASSA	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
25 DESEMP	62	2,1	6,9	62	2,1	6,9	54,5	2,1	8	62	1,3	9	0	0,8	-2,1	2,25	0	1,3	-2,1	2,47	-7,5	1,3	-1	7,68
26 DESEMP	64,7	1,1	7,3	62	2,1	6,9	54,5	0,6	10,2	62	1,3	9	2,7	-0,2	-1,7	3,20	0	2,3	-2,1	3,11	-7,5	0,8	1,2	7,64
27 DESEMP.	62	2,1	6,9	64,7	1,1	7,3	55,6	2,9	10	62	1,3	9	0	0,8	-2,1	2,25	2,7	0,3	-1,7	3,20	-6,4	2,1	1	6,81
27 TEX. VINIL.	58,7	0,7	9,9	55,7	-1,1	9,1	50	1,7	8,7	62	1,3	9	-3,3	-0,6	0,9	3,47	-6,3	-0,5	0,1	6,32	-12	2,3	-0,3	12,22
28 DESEMP.	64,9	1,5	9,7	62	1,3	9	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	2,9	0,2	0,7	2,99	0	1,1	0	1,10	-7,1	1,4	3,7	8,13
28 TEX. VINIL.	54,9	1,6	12,7	54,9	1,6	12,7	50,5	0,4	12,2	62	1,3	9	-7,1	0,3	3,7	8,01	-7,1	1,3	3,7	8,11	-11,5	0,1	3,2	11,94
29 DESEMP.	56,4	2,2	12,5	57,8	1,6	9,8	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	-5,6	0,9	3,5	6,66	-4,2	0,7	0,8	4,33	-7,1	0,7	3,7	8,04
29 TEX. VINIL.	56,4	2,2	12,5	56,4	2,2	12,5	46,1	2,9	15,2	62	1,3	9	-5,6	0,9	3,5	6,66	-5,6	1,3	3,5	6,73	-15,9	2	6,2	17,18
30 DESEMP.	55,6	2,9	10	57,8	1,6	9,8	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	-6,4	1,6	1	6,67	-4,2	0	0,8	4,28	-7,1	0	3,7	8,01
30 TEX. VINIL.	54,9	1,6	12,7	54,9	1,6	12,7	50,5	0,4	12,2	62	1,3	9	-7,1	0,3	3,7	8,01	-7,1	1,3	3,7	8,11	-11,5	0,1	3,2	11,94

Os melhores resultados de compatibilidade colorimétrica entre amostras e o padrão foram com:

- a) a argamassa 25, desempenada, sem proteção;
- b) a argamassa 25, desempenada, com hidrofugante
- c) a argamassa 27, desempenada, sem pigmento e sem proteção superficial;
- d) a argamassa 28, desempenada, com hidrofugante em sua superfície e dosagem de 0,35% de pigmento de cor amarela e 0,022% de pigmento de cor vermelha, isto é, baixos teores de pigmentos.

Nos resultados dos dois ciclos, os melhores resultados de compatibilidade com o padrão (Noroeste), por meio colorimétrico, foram encontrados em amostras de argamassa que não continham pigmento ou que continham pouco teor de pigmento; todas eram desempenadas, duas sem proteção superficial ou que receberam hidrofugante.

Embora as texturas obtidas pela impressão da placa vinílica produzam resultado satisfatório em termos de textura, as cores dessas superfícies não compatibilizam com a cor do concreto do edifício. Como a aparência é produzida pelo conjunto de atributos de cor e textura, entre outras condições, o emprego dessas placas não foi abandonado nos experimentos que se seguiram.

6.3.2.3 Avaliação visual

A avaliação visual fez alguns ajustes nas recomendações estabelecidas pela norma, por causa das condições de luz, observação e posicionamento das superfícies em que o ensaio foi feito.

O resultado das notas atribuídas na comparação entre o padrão (superfície do testemunho extraído da fachada Noroeste do edifício) e as

amostras de argamassas elaboradas no segundo ciclo é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Os resultados atribuídos por todos os avaliadores encontram-se no Apêndice F.

TABELA 12 RESULTADO DA AVALIAÇÃO VISUAL

AMOSTRA		RESULTADO	
25		SEM PROTEÇÃO	4
		COM HIDROFUGANTE	4
		COM VERNIZ FOSCO	3
DESEMPENADA		SEM PROTEÇÃO	3
26		COM HIDROFUGANTE 1	3
		COM VERNIZ FOSCO	1-2
		SEM PROTEÇÃO	3-4
DESEMPENADA		COM HIDROFUGANTE	3-4
27		COM VERNIZ FOSCO	3
		SEM PROTEÇÃO	3
		COM HIDROFUGANTE	3
COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA		COM VERNIZ FOSCO	2-3
28		SEM PROTEÇÃO	3
		COM HIDROFUGANTE	3
		COM VERNIZ FOSCO	2
DESEMPENADA		SEM PROTEÇÃO	3-4
29		COM HIDROFUGANTE	3-4
		COM VERNIZ FOSCO	2-3
		SEM PROTEÇÃO	3-4
DESEMPENADA		COM HIDROFUGANTE	3
30		COM VERNIZ FOSCO	2-3
		SEM PROTEÇÃO	2-3
		COM HIDROFUGANTE	3
COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA		COM VERNIZ FOSCO	2
30		SEM PROTEÇÃO	3
		COM HIDROFUGANTE	3
		COM VERNIZ FOSCO	2-3
DESEMPENADA		SEM PROTEÇÃO	2-3
30		COM HIDROFUGANTE	2-3
		COM VERNIZ FOSCO	2
		SEM PROTEÇÃO	2-3
COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA		COM HIDROFUGANTE	2-3
30		COM VERNIZ FOSCO	2
		SEM PROTEÇÃO	2-3
		COM HIDROFUGANTE	2-3

A argamassa mais bem avaliada, isto é, a mais compatível visualmente em relação à superfície de concreto avaliada, foi a argamassa 25, desempenada, sem proteção superficial e com aplicação de hidrofugante. Em seguida, vieram a amostra 27, desempenada, a sem proteção e a com hidrofugante, a amostra 28 texturizada, a sem proteção e a com hidrofugante e a 29, desempenada e sem proteção.

As piores notas foram atribuídas na comparação com argamassas que receberam verniz.

Analisando os resultados de comparação colorimétrica e visual, concluímos que as argamassas mais bem avaliadas são coincidentes com os resultados dos ensaios colorimétricos, isto é, as argamassas 25, 27 e 28, foram novamente selecionadas. Esta análise valida o uso de a conjugação dos dois procedimentos de comparação.

6.3.2.4 Influência da umidade retida na superfície na aparência das argamassas

Para verificar se o teor de umidade em superfícies, aparentemente secas, pode influenciar em sua aparência, foram levantadas 5 medidas referentes ao percentual de umidade relativa das superfícies das amostras de argamassas. As médias dos valores foram organizadas na Tabela 13 e todos os valores estão na planilha do Apêndice E.

TABELA 13 - UMIDADE SUPERFICIAL DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO SEGUNDO CICLO (RESULTADOS EM %)

NOME DA ARGAMASSA	DESMP. SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL	DESEM. COM HIDROFUG.	DESEMPENADA COM VERNIZ	TEXTURIZ. COM PLACA VINÍLICA SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL	TEXTURIZADA COM PLACA VINÍLICA COM HIDROFUG.	TEXTURIZ. OBTIDA COM PLACA VINÍLICA COM VERNIZ
25	0,63	1,12	0,75			
26	2,24	2,46	2,29			
27	1,02	1,17	1,83	1,00	1,25	2,49
28	0,03	0,98	0,75	1,39	1,21	1,75
29	1,21	0,99	1,39	1,39	1,19	1,77
30	1,7	1,01	1,13	1,61	2,08	2,40

Os resultados ficaram na faixa de 0,03 a 2,49, sendo que o máximo valor percentual admitido pelo equipamento utilizado é 6,9 para superfícies de concreto.

O pior resultado foi da amostra de argamassa 26, a que recebeu maior porcentagem de água em sua composição (0,83). Os melhores resultados ocorreram nas argamassas 25, 28 e 29, cujos percentuais de umidade não excederam o valor de 1,77. As argamassas 27 e 30 obtiveram resultados piores somente naquelas partes em que recebeu verniz como proteção.

Os resultados de maior índice de umidade superficial são os das superfícies com verniz. Há a hipótese de que tenha ocorrido descontinuidade da película de verniz, causada por falhas de aplicação do material. Esta condição prejudica o desempenho de protetor superficial.

Em outra oportunidade, essas superfícies foram observadas, como pode ser visto na figura 81, em dia seguinte após intensa precipitação. As superfícies com hidrofugante mantiveram-se visualmente secas, enquanto as outras ficaram nitidamente úmidas. A faixa da esquerda não tem proteção, a do centro tem hidrofugante e a da direita recebeu verniz.

FIGURA 81 - AMOSTRAS DE ARGAMASSA PARA ACABAMENTO DE REPARO COM E SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL NO DIA SEGUINTE APÓS PRECIPITAÇÃO DE 11,6 MM ACUMULADOS EM 24H (18-12-2017-INPE-MIRANTE DE SANTANA)

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

A umidade retida na superfície influencia na percepção de sua aparência, além de causar manchas se o material de proteção não for bem aplicado.

6.3.2.5 Aplicação prática dos procedimentos propostos nas empenas do edifício Vilanova Artigas

Seguem resultados visuais das intervenções realizadas nas empenas do edifício em estudo.

Esses reparos não foram avaliados colorimetricamente. Os resultados visuais estão registrados na imagem da fachada Sudoeste, Figura 82, e podem ser comparados com os outros executados na reforma feita de 2012 a 2015.

FIGURA 82 - REPAROS EXECUTADOS NA FACHADA SUDOESTE

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2017

Ainda que os reparos feitos durante a pesquisa para esta dissertação ainda não tenham atingido a aparência considerada como estabilizada e pareçam mais escuros do que o concreto original, observa-se que não estão em evidência e se fundem visualmente com as superfícies adjacentes. Seus resultados estéticos se mostraram mais compatíveis com o tecido original, mas ainda necessitam de alguns ajustes em sua dosagem, pelas evidências de que seja necessário introduzir elementos na composição para seu clareamento.

6.3.3 ESTUDO DA GEOMETRIA DOS REPAROS NA FACHADA DO EDIFÍCIO

O estudo da geometria dos reparos feitos no edifício Vilanova Artigas foi desenvolvido sobre a imagem obtida pelo levantamento a laser de suas fachadas, Figura 83 e Figura 84.

Foi escolhido um recorte da fachada Sudoeste, a do acesso do edifício. Sem desprezar a necessidade de retirada de material cimentício,

a proposta é que se estabeleça um ordenamento ortogonal, seguindo as linhas horizontais existentes na modulação impressa pelas fôrmas de tábua, de 30 cm de altura e modulação vertical de 20 cm.

O estudo, que propõe afastar a adoção de formas orgânicas e aleatórias, visou a estabelecer modulação compatível com as próprias linhas do edifício.

A equipe que desenvolveu o Plano de Gestão de Manutenção do edifício fez o levantamento de áreas e contornos dos reparos da reforma de 2012/2015. Este levantamento tornou-se base para dimensionamento dos reparos e pode ser visto na Figura 85.

FIGURA 83 - IMAGEM OBTIDA PELO ESCANEAMENTO A LASER EXECUTADO POR TÉCNICOS DA UNIVERSIDADE DE FERRARA, 2016

FIGURA 84 - DELIMITAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA - FACHADA SUDOESTE DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FIGURA 85 - TRECHO ESCOLHIDO (À ESQ.) E LEVANTAMENTO DOS REPAROS, EQUIPE CONSERVA FAU, 2016 (À DIR.)

A imagem esquemática, apresentada como Figura 86, demonstra a proposta para a modulação para reger o formato dos reparos, que ficam contidos entre as linhas impressas das junções das tábuas e as linhas de modulação verticais.

FIGURA 86 - IMAGEM OBTIDA PELO LEVANTAMENTO A LASER (ESQ.) E PROPOSTA DE GEOMETRIA PARA OS REPAROS (DIR)

Observa-se, na Figura 86, que muitos reparos ocupam altura superior que a da tábua de madeira do molde de concretagem da empena de concreto. Nesses casos, é aconselhável que os reparos sejam produzidos individualmente, isto é, que cada reparo corresponda à altura da tábua, como visto esquematicamente na Figura 87.

FIGURA 87 - REPAROS MAIORES QUE A ALTURA DA MARCA DE UMA TÁBUA

FONTE: CARMEN SARAIVA, 2018

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da dissertação foi amparado pelos conhecimentos transmitidos pelas experiências publicadas por pesquisadores e estudiosos na conservação do concreto aparente e nas investigações de aparência de materiais cimentícios e de rochas.

As teorias e recomendações para a conservação de patrimônio construído, aliadas a mecanismos consolidados na obtenção de parâmetros objetivos para avaliação da aparência, como o confronto de dados colorimétricos e avaliação perceptual da cor, textura e geometria, deram suporte para a proposta de ferramenta de apoio a projetos de conservação dessas superfícies.

Cabe salientar que os procedimentos propostos não são prescritivos e que cada etapa pode se adequar às necessidades particulares do projeto. No caso apresentado, as decisões foram consonantes com as características construtivas e arquitetônicas do edifício estudado, com os recursos disponíveis e premissas adotadas no relatório sobre os subsídios para o plano de gestão de manutenção do edifício desenvolvido pelo grupo de pesquisadores do projeto subsidiado pela Fundação Getty (PINHEIRO et al., 2017 A).

No estudo de caso, as argamassas desenvolvidas tinham a finalidade de tratamento superficial a ser aplicada sobre a argamassa de reparo estrutural, que desempenhava o papel de consolidante do concreto armado.

A sugestão é que os procedimentos sejam incluídos como uma das partes do planejamento do projeto de conservação e que seja computado tempo suficiente para sua realização, de maneira a sustentar especificações consistentes para a implementação em obras de conservação. Os resultados de ensaios prévios para caracterização do concreto como resistência, traço, petrografia devem ser disponibilizados para embasar decisões nas escolhas de componentes dos materiais a serem empregados.

No caso do edifício que foi objeto de estudo, concluiu-se que não há como padronizar a dosagem da argamassa de reparo para todo o edifício, pela heterogeneidade da aparência de suas empenas.

Os assuntos abordados e estudados induziram a considerações em vários aspectos referentes à conservação de superfícies de concreto.

7.3 NA IDENTIFICAÇÃO DE APARÊNCIA DAS SUPERFÍCIES ORIGINAIS E DE ARGAMASSAS CIMENTÍCIAS

A identificação de cores foi feita com a adoção de dados colorimétricos no espaço de cor $L^*a^*b^*$, por equipamento de leitura de cores do tipo tristímulo e portátil. Para os testes feitos, o leitor utilizado trouxe informações suficientes para amparar a identificação da cor do concreto do objeto dos estudos e a análise de influência das variáveis na aparência de cor das argamassas de tratamento superficial.

Para esta ferramenta, com o número mínimo de 10 tomadas de leitura em área de 64 cm², há a chance de se conseguir dados muito próximos do valor de interesse para a reprodução da cor nas argamassas. Para argamassas sem pigmento e desempenadas, a avaliação de cor pode ser feita aos 40 dias de sua aplicação, mas há indícios de que em argamassas com teor de pigmentos e cujas superfícies tenham sido compactadas para obtenção de textura, esse tempo deva ser mais conservador e, portanto, ampliado para no mínimo 4 meses, como apontado por Zhang (2005). É recomendável que as tomadas de medidas colorimétricas e avaliação sejam feitas com tempo seco e sugestão de umidade superficial abaixo de 3%.

A cor que representa determinada superfície foi aquela obtida por MODA, isto é, conjuntos de valores $L^*a^*b^*$ que ocorreram com maior frequência no total de medidas.

7.4 NA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS SOBRE APARÊNCIA DAS ARGAMASSAS

Texturas obtidas por meio de impressão de material texturizado sobre as argamassas, como tábuas e placas que aderem e imprimem desenho na superfície tornam a superfície mais escura, se comparadas com as desempenadas, sendo o efeito de escurecimento amenizado no decorrer do tempo.

Os pigmentos inorgânicos, indicados para uso no material em estudo, influenciam sensivelmente a aparência de cor das argamassas. Podem ser usados para aproximação de cor, caso a argamassa sem pigmento não atinja resultados satisfatórios. Em contrapartida, não conferem estabilização de cor em materiais cimentícios.

O hidrofugante usado como proteção de superfícies não altera significativamente a percepção visual. Por outro lado, o outro protetor testado, o verniz, nas condições em que foi aplicado, influencia consideravelmente a aparência, modificando a cor e o brilho da superfície. Há indícios de que da forma como aplicado, isto é, de acordo com as recomendações do fabricante, não tenha formado película e, assim, permitiu a entrada de água da chuva que, embora com pouco umedecimento da superfície, já provoca alterações na percepção. Essa conclusão é baseada em observações visuais.

O adesivo acrílico incorporado à mistura não afeta sua aparência.

7.3 NOS PROCEDIMENTOS DE CONFECÇÃO DE AMOSTRAS

Amostras portáteis mostraram-se úteis, facilitando a comparação visual com a superfície original.

As amostras devem ser produzidas em condições de aplicação similares onde o reparo será efetivamente executado.

A partir de comparações colorimétricas e avaliação visual entre as amostras e o concreto original, é aconselhável restringir o número de amostras mais compatíveis e incluir nos testes subsequentes variáveis de componentes que possam melhorar seu desempenho em termos físicos. Novos ensaios, baseados na metodologia aplicada, podem ser realizados com adição de produtos anticorrosivos, de proteção superficial e de incremento de sua resistência.

Além de avaliação de influência desses produtos, novas campanhas de elaboração de argamassas, com o mesmo traço e dosagens de pigmento servem como teste de repetibilidade e reprodutibilidade, proporcionando oportunidade para correção de distorções de dosagens e procedimentos.

Na determinação de traço e forma de aplicação, é necessário que a sua reprodução seja controlada rigidamente na formulação do material de reparo, na cronologia e nas indicações para o processo de preenchimento das lacunas.

7.4 NA COMPARAÇÃO COLORIMÉTRICA E VISUAL

A comparação colorimétrica, feita por cálculo de diferença de cor colorimétrica e a avaliação visual com uso de escala tonal cinza, avaliação qualitativa feita por avaliadores treinados, mostraram-se ferramentas eficazes para comparação de cores. Os resultados da avaliação perceptual validaram os resultados numéricos obtidos pela colorimetria. Portanto, há evidências de que a indicação de conjugação dos dois ensaios seja útil para este tipo de avaliação.

Mesmo com adaptações aos ensaios descritos pelas normas, os resultados visuais foram compatíveis com os numéricos. Ao contrário da indicação de exposição dos espécimes em cabine de luz, as superfícies analisadas foram avaliadas sob a luz do Sol.

7.5 NA GEOMETRIA

O levantamento prévio de áreas a serem reparadas fornece a quantidade, formato e tamanhos da intervenção. Estes dados e as características construtivas da superfície de concreto e da arquitetura do edifício fornecem subsídios para propostas de organização e formato dos reparos.

Nos casos de edifícios similares ao estudado, podem ser sugeridas modulações que deem ritmo ao conjunto de reparos e que sigam a geometria das marcas dos moldes do concreto. Grandes reparos, que superem as medidas dessas marcas, podem ter sua execução subdividida em trechos que estejam contidos na geometria original da produção dessas superfícies. A cada execução, as particularidades do trabalho artesanal tendem a produzir mínimas modificações de cor e textura, que produzirão resultados estéticos com mínima heterogeneidade, opondo-se à aparência uniforme e repetitiva.

7.6 SUGESTÕES PARA CONTINUAÇÃO DA PESQUISA

Há um vasto caminho a ser explorado neste campo da conservação, como os temas mencionados que se seguem.

São eles:

- a) desenvolvimento de trabalho de investigação estética de material de preenchimento de lacunas do concreto aparente histórico associado ao atendimento a requisitos físicos e eletroquímicos;
- b) investigação dos agregados miúdos por ensaios petrográficos do concreto do edifício para subsidiar a tarefa proposta no item anterior;
- c) experimentos de aplicação de materiais de reparo em superfícies de casos reais ou simulados em concreto armado aparente no canteiro experimental;

- d) testes em materiais não disponíveis no país, como cimento branco e dióxido de titânio, opções admissíveis para obras de grande vulto;
- e) aplicação de testes de metamerismo, em observações noturnas;
- f) investigação de outras tecnologias de identificação da cor, como a digital, por meio de máquinas fotográficas;
- g) investigações de aparência de argamassas de acabamento superficial ou de reparo estrutural, que já estejam envelhecidas;
- h) estudos de desenvolvimento de argamassa de reparo estrutural feita sob medida junto a fabricantes para atendimento de requisitos estéticos.

8 REFERÊNCIAS

ALEXANDRA & AINSWORTH ESTATE TENANTS AND RESIDENTIALS ASSOCIATION. Disponível em: <http://alexandraandainsworth.org/estate-history-3>. Acesso em: 15 fev 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM STANDARDS. D1729-16. **Standard practice for visual appraisal of colors and color differences of diffusely-illuminated opaque materials**, 2009, 4p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM STANDARDS. D2616-96 (Reapproved.2003). **Standard test method for evaluation of visual color difference with a gray scale**, 2003, 3p.

ARNKIL, Harald (ed.); ANTER, Karin F. e KLARÉN, Ulf T. Colour and light. concepts and confusions. Helsinki, Finlândia. **Aalto University publication series** – Art +Design +Architecture, 2012.115p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A02 Têxteis**- Ensaios de solidez da cor. Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 Projetos de estrutura de concreto** - Procedimento, 2004, 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931 Execução de estruturas de concreto** - Procedimento. 2004, 20p.

AUSTRALIAN STANDARD. **Formwork for concrete**. Part 1: Documentation and surface finish. AS 3610.1-2010. 2010.61p.

BAILÃO, A. **As Técnicas de reintegração cromática na pintura: revisão historiográfica**. Grupo Español de Conservación, n. 2, p. 45–63, 2011. Disponível em: <https://www.ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/41/30>. Acesso em: 15 nov 2016.

BANHAM, Reyner. 1955. The new brutalism. **Architectural Review**, vol.118, nº 708, p.355-361. dez. 1955.

- BAROSSO, Antonio Carlos (Org.). **O edifício da FAU-USP de Vilanova Artigas**. São Paulo. Editora da Cidade. 2016. 208 p. (Obras Fundamentais; v.2).
- BENAVENTE, D., *et al.* Influence of surface roughness on color changes in building stones. **Color Research and Application**, v. 28, nº 5 (October 2002): 343-351.
- BERNS, Roy S. **Billmeyer and Saltzman's principles of color technology**. 3ª. New York: John Wiley & Sons Inc., 2000.
- BILLMEYER Jr., Fred W. e SALTZMAN, Max. **Principles of color technology**. 2ª. New York: John Wiley & Sons Inc., 1981.
- BRANDI, Cesare. **Teoria da restauração**. Tradução: Beatriz Mugayar Kühl. 4ª edição. Cotia, SP. Ateliê Editorial, 2013. 1963.
- CASTRO, C. S. S. M. de; GONÇALVES, A. P. A.; VERGILI, R. A. C.; CAMPIOTO, R. C. OLIVEIRA, C. T. de A. PINHEIRO, M. L. B. Edifício Vilanova Artigas: obra de intervenção em patrimônio moderno. In: Congresso Ibero Americano Patrimônio: suas matérias e imatérias, 2016, Lisboa. **Atas do Congresso Ibero Americano Patrimônio: suas matérias e imatérias**, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, 2016, p. 1 b -20.
- CESAR, João Carlos de Oliveira. Chromatic harmony in architecture and the work of Artacho Jurado. **Journal of the International Colour Association**, 2010: 1-8.
- CESAR, João Carlos de Oliveira. O NCS- Natural color system e possíveis aplicações no projeto arquitetônico. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 17, nº 27 (junho 2010): 194-207.
- COMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE CIE. **CIE 15:2004 Technical Report: Colorimetry**. 3rd Edition." 2004.
- COMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. CIE. **Advancing knowledge and providing standartization to improve the lighted environment**. <http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENUE/About+us>, 2007.
- CONTIER, Felipe de A. **O edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Cidade Universitária: projeto e construção da escola de Vilanova Artigas**. 2015, 441 f. Tese (Doutorado), Área de Concentração em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos.

- CONTIER, Felipe de Araújo. O edifício da FAUUSP e os materiais do brutalismo. In: X seminário DOCOMOMO Brasil. Arquitetura moderna e internacional: conexões brutalistas 1955-75. **Anais**. Curitiba: DOCOMOMO BRASIL, 2013.
- COSTA, Álvaro Augusto de Carvalho. A Real preservação do MAM-RIO. In: X Seminário DOCOMOMO Brasil. Arquitetura moderna e internacional: conexões brutalistas 1955-75. **Anais**. Curitiba: PUCPR, 2013. Disponível em http://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2016/08/OBR_55.pdf. Acessado em 10.fev.2018.
- CUSTANCE_BAKER, Alice, e MACDONALD, Susan. **Conserving concrete heritage** - Meeting report. Experts Meeting, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2014.
- DEL LAMA, Eliane Aparecida, DEHIRA, Lauro K., GROSSI, Danielle e KUZMICKAS, Luciane. The colour of the granite that built the city of Sao Paulo, Brazil. **Color Research and Application** (Wiley Periodicals Inc.). v.00, nº 00 (December 2015). v.41(3). pp.241-245, 2016.
- DOCOMOMO. Disponível em: <http://docomomo.org.br/internacional/>. Acesso em: 28 jun 2016.
- DOUGLAS, Stephen. A concrete performance: conservation at the National Theatre. Edição: ICE Publishing. **Engineering History and Heritage**, v. 169, nº Issue EH1 (Fev 2016): 36-41.
- DURÁN-SUÁREZ., J.A., A. Garcia-Beltrán, M.P. Sáez-Pérez, e J. Rodríguez-Gordillo. Evaluation of the chromatic effectiveness of color pigments in restoration materials (lime and Portland cement). **Color Research and Application**, v. 25, nº 4 (August 2000): 286-291.
- ENCICLOPÉDIA BRITANNICA. **Ernst Heinrich Weber**. Disponível em <https://www.britannica.com/biography/Ernst-Heinrich-Weber>. Acesso em: 15 jan 2018.
- FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Memorial descritivo de especificação técnica dos serviços de recuperação da cobertura do edifício Vilanova Artigas**. FAUUSP-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FARRELL, David; WOOD, Chris. **Concrete repairs**: traditional methods and like-for-like materials. The Building Conservation Directory. 2015. Acesso em: 01 Set 2017. Disponível em <http://www.buildingconservation.com/articles/repair-historic-concrete/repair-historic-concrete.htm>.

FARREL, David; DAVIES, Kevin. **Repair and conservation of reinforced concrete**. Building conservation. Em 2005. Acesso em: 10 Nov 2017. Disponível em: <http://www.buildingconservation.com/articles/concrete-repair/concrete-repair.htm>

FONDATION LE CORBUSIER. **Unité d'habitation**, Marseille, France, 1945. Disponível em: http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5234&sysLanguage=fr-fr&itemPos=61&itemSort=fr-fr_sort_string1%20&itemCount=79&sysParentName=&sysParentId=64. Acesso em 10. fev.2018.

FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. 2017. Disponível em <https://gulbenkian.pt/>. Acesso em: 26 de ago 2017.

GAUDETTE, P. E., e HUNDERMAN, H. J. 1997. Repair of Mies van der Rohe's Promontory: A multiphased approach to facade restoration. **APT Bulletin**, v.. 28, nº 4: 45-50.

GAUDETTE, P., e SLATON, D. 2007. **Preservation briefs 15: Preservation of historic concrete**. National Park Service. Acesso em: 8 de mar 2017. <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/15-concrete.htm>.

GIANNECCHINI, Ana Clara. **Técnica e estética no concreto armado: um estudo sobre os edifícios do MASP e da FAUUSP**. 2009, 328 f. Dissertação (Mestrado em História e Fundamentos da Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOETHE, Johann Wolfgang von. **Doutrina das Cores**. Tradução: Marco Geraude Giannotti. São Paulo: Nova Alexandria, 2013.

GONÇALVES, A. P. A. **Corrosion prevention in historic concrete-monitoring the Richards Medical Laboratories**. 2011, 136 p. (Master Thesis). Filadelfia, University of Pennsylvania.

GOVAERTS, Yves, MEULEBOECK, Wendy e DE BOUW, Michael. **Measuring the colour of rendering mortars**. Edição: Francis Berghmans, Anna G. Mignani e Piet De Moor. Proc. SPIE 9141, Optical Sensing and Detection III. 2014. 9.

GROSSI, Danielle. **Análise de estado de conservação do monumento a Ramos de Azevedo com utilização de métodos não destrutivos**. Dissertação de Mestrado. 2013, 167p - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- GROSSI, Danielle; DEL LAMA, Eliane Aparecida; GARCIA-TALEGON, Jacinta; IÑIGO, Adolfo Carlos e VICENTE-TAVERA, Santiago. Evaluation of colorimetric changes in the Itaquera granite of the Ramos de Azevedo monument, Sao Paulo, Brazil. **International Journal of Conservation Science**, v. 6, nº 3 (July-September 2015): 313-322.
- HABITAT 67. Disponível em: <http://www.habitat67.com/en/homage/>. Acesso em: 15 jan 2018.
- HEINEMANN, Herdis A. **Historic concrete: from concrete repair to concrete conservation**. 2013, 560 p. Thesis (phd) - technische universiteit delft, delft. Disponível em: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3a987fafd0-cd76-4230-be0e-be8843cae08e/>. Acesso em: 25 mar 2016.
- HELENE, P.; BRITEZ, Carlos A., ANTUNES, Juliana da S. **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo FAUUSP – Edifício Vilanova Artigas. Projeto e especificação técnica dos serviços de reabilitação da estrutura de concreto armado do Edifício Vilanova Artigas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo**, situado na Rua do Lago 876, Butantã, Cidade Universitária, São Paulo, SP. Cobertura, teto e fachada. São Paulo: PhDesign, agosto 2010, 110 p. (Relatório Técnico n.136/2010).
- HELÉNE, Paulo; BRITEZ, C. A. e VERGILI, Rodrigo A. C. **Relatórios Técnicos PhD 236.0 a 236.18/2013 a 2015. Consultoria especializada para acompanhamento técnico dos serviços de reabilitação do Edifício Vilanova Artigas da FAUUSP**. São Paulo, PhD Engenharia Ltda. (Relatórios Técnicos de 2013 a 2015).
- INGHAM, Jeremy. **A colour guide. Geomaterials under the microscope**. Londres: Manson Publishing Ltd, 2010. 192 p. 2010. ISBN: 978-1-84076-132-0.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION-CIB. **Tolerances on blemishes of concrete**. Report nº 24. CIB working comission W 29 "Concrete Surface Finishing". 1973. 17 p.
- INTERNATIONAL COUNCIL OF MONUMENTS AND SITES (ICOMOS). **Approaches for the conservation of twentieth century architectural heritage**. Madrid Document - 2014. Disponível em http://icomos-isc20c.org/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/madrid_doc_10.26.pdf. Acesso em: 25 jun 2016.

- INTERNATIONAL COUNCIL OF MONUMENTS AND SITES (ICOMOS). **International charter for the conservation and restoration of monuments and sites.** The Venice Charter. Veneza: International Council on Monuments and Sites, 1964.
- INTERNATIONAL COUNCIL OF MONUMENTS AND SITES - ICOMOS. **Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage:** Guidelines. 2003. Disponível em: https://www.icomos.org/charters/structures_e.pdf. Acesso em :30 jun 2017.
- JOHNSTON-FELLER, Ruth. **Color science in the examination of museum objects.** Non destructives procedures (Tools for conservation). Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2001.
- JÚLIO, Eduardo Nuno Brito Santos; SANTOS, Pedro M D. Development of a laser roughness analyser to predict in situ the bond strenght of concrete-to-concrete interfaces. **Magazine of Concrete Research**, v. 60, nº 5 (June 2008): pp. 329-337.
- KERR, James Semple. 2013. **Conservation plan 2013. A guide to the preparation of conservation plans for places of European cultural significance.** Australia ICOMOS. Disponível em <http://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Conservation-Plan-7th-Edition.pdf>. Acesso em: 27 maio 2017.
- KONIKA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor.** Compreendendo o espaço de cor. 2015. Disponível em <http://sensing.konicaminolta.com.br/learning-center/color-measurement/>. Acesso em: 15 jan 2018.
- KÜHL, Beatriz Mugayar. Notas sobre a Carta de Veneza. **Anuário Museu Paulista**, v. 18, nº 2 (2010): 287-320.
- KUZMICKAS, Luciane. **Estado de conservação dos monumentos pétreos do Cemitério da Consolação.** Dissertação de Mestrado, 2013, 197- Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KUZMICKAS, Luciane e DEL LAMA, Eliane A. Utilização de métodos não destrutivos no patrimônio histórico: estudo de caso da escultura O Sepultamento de Victor Brecheret. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 2013: 9-22.
- LOPEZ, A; TOBES J.M.; POSITIERI, M.J. e ZERBINO, R. Medición del color em materiales a base de cemento Portland. **Ciencia y Tecnologia del Hórmigon**, nº 14 (2007): 25-36.

MC- BAUCHMIE. **MC-Powertop F. argamassa fina monocomponente para acabamento em concreto aparente** – sistema concrete finish. Ficha Técnica, Edição 01/2018. Disponível em <http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/12/mc-powertop-f-01-2018.pdf>. Acesso em: 01 Dez 2017.

National Theatre/Haworth Tompkins 25 May 2015. ArchDaily. Acessado em 5 de maio de 2017. <<https://www.archdaily.com/633112/national-theatre-haworth-tompkins/>> ISSN 0719-8884

ODGERS, D. (ed). . **English heritage**. Practical building conservation series- Concrete. Farnham: Ashgate Publishing Ltda, 2012.

OLIVEIRA, Claudia T.de Andrade; PRESTES, Lucinda F.; YURGEL, Marlene; SAWAYA, Silvio B.; BORTOLLI JR., Oreste e ROSA, Alexandre M. de A. O restauro do moderno: o caso do edifício Vilanova Artigas. 7º Seminário DOCOMOMO- Brasil. Porto Alegre, 2007. 12. **Anais**. Disponível em <http://www.docomomo.org.br/seminario%207%20pdfs/069.pdf>. Acesso em: 25 jun 2016.

OLIVEIRA, D. C. V.B. da C. **Restauração do concreto aparente: estudo tecnológico para salvaguarda de edificações com tendências modernistas**. Belém. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), 2013. 145f – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará,.

PASSUELO, Alexandra. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, 2004, 176p. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PINHEIRO, M.L.B. *et al.* **Subsídios para um plano de gestão de conservação**. Edifício Vilanova Artigas (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo- FAUUSP). Programa Keeping it Modern - Fundação Getty. Relatório. São Paulo, 2017 A.

PINHEIRO, M.L.B.; KUHLE, B.M; OLIVEIRA, C. T. A.; BARROSSI, A.; GONÇALVES, A. P.; GALLO, F.; CAMPIOTTO, R.; VERGILI, R.; CASTRO, C. S. S. M. DE, OKSMAN, S. Um plano de gestão da conservação para o Edifício Vilanova Artigas, sede da FAUUSP. In: ARQUIMEMÓRIA 5- Encontro Internacional sobre a Preservação do Patrimônio, 2017 B, Salvador – **BA. Anais do Evento**. Salvador: IAB-BA, FAUFBA, 2017 B, 20p.

- POSITIERI, María Josefina. **Propriedades fisicomecánicas y durabilidad del hormigón coloreado**. Tesis de Doctorado en Ingeniería, 2005, 254 - Facultad Regional Córdoba da Universidad Tecnológica Nacional.
- PRIETO, Beatriz; SANMARTÍN, Patricia; SILVA-HERMO, Benita e MARTINEZ-VERDÚ, Francisco M. Measuring the color of granite rocks: A proposed procedure. **Color Research & Application**, v. 35 (5): p. 368-375, 2010.
- RAUPACH, Michael; BÜTTNER, Till. **Concrete repair to EN 1504: diagnosis, design, principles and practice**. Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group. 2014. 270 p.
- SALVO, Simona. 2007. Restauro e “restauros” das obras arquitetônicas do século XX: intervenções em arranha-céus em confronto. Tradução Beatriz Mugayar Kühl. **Revista CPC**, São Paulo, n.4 p139-157.
- SESC SÃO PAULO. 2018. **A arquitetura a serviço da cidadania**. 2013. Disponível em www.sescsp.org.br/online/edicoes-sesc/57_A+ARQUITETURA+A+SERVICO+DA+CIDADANIA#/tagcloud=lista. Acesso em: 15 fev 2018.
- SIMÕES, João Roberto Leme. **Patologias** – origens e reflexos no desempenho técnico-construtivo de edifícios. Análise das origens das patologias e seus reflexos no desempenho técnico-construtivo de edifícios universitários da CUASO-USP/SP utilizando-se de edifícios da ISO-6241 e procedimentos da APU – Avaliação Pós-Uso. 2004. Tese (Livre docência) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- SOUZA, Júlio C. de; ROLIM Fº, José L.; BARROS, Márcio L. S. C.; LIRA, Belarmino B.; SILVA, Suely A. da; RIECK, Fernando E. Análise colorimétrica das rochas ornamentais. **Estudos Geológicos**, v. 18, nº 1 (2008): 55-64.
- TERPELUK, Alexandra Lee. **Effects of photocatalysis on concrete surfaces**. 2012. 146p. Thesis (Master of Science in Engineering). Faculty of the Graduate School of The University of Texas. Austin.
- VALENÇA, Jónatas Miguel de Almeida. **Monitoração do estado de conservação de estruturas de betão por processamento de imagem e análise espectral**. Tese de Doutorado, 2011, 284p. Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- VALENÇA, Jónatas Miguel de Almeida; DE ALMEIDA, Cláudia Andreia Fernandes Pedreira; BOTAS, Judite Lucinda Miranda e JÚLIO, Eduardo

Nuno Santos. **Patch restoration:** a new concept for concrete heritage. Construction and buildings materials (Elsevier) 101 Part 1 (December 2015): pp.643- 651.

VON FAY, Kurt F. **Guide to concrete repair.** U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. 2nd Edition, 2015, 390 p.

X-RITE PANTONE. **Tolerancing in flexo and offset printing.** Disponível em <https://www.xrite.com/blog/tolerancing-in-flexo-and-offset-printing> (15/06/2015). Acesso em: 15 jan 2018.

ZEIN, Ruth Verde. **A arquitetura da escola brutalista -1953-1973.** Tese de Doutorado, Tese de Doutorado, 2005, 358p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

—. Brutalism- **Some remarks about plemical name, its definition and its use designate architetcatural** Trend. En Blanco, 2012, 9/2012 ed.: 130-132.

ZHANG, Y, e KRUGER, Deon. **Repair mortar colour matching by colourimetric method.** Edição: Alexander. Concrete, Repair and Retrofitting (Taylor & Francis Group, London), 2006.

ZHANG, Y. **Methodology for aesthetic repair and rehabilitation of architectural concrete.** Johannesburg. Thesis (Master in Philosophy), 2005, 181p. Faculty of Engineering & The Built Environment, University of Johannesburg. .

**APÊNDICE A - ENQUETES DE OPINIÃO
SOBRE ESTÉTICA DAS FACHADAS
PÓS-INTERVENÇÃO**

TABELA 14 - ENQUETE DE OPINIÃO SOBRE ESTÉTICA DAS FACHADAS PÓS-INTERVENÇÕES- ALUNOS 2º ANO FAUUSP, DEZEMBRO 2015

NÚMERO TOTAL DE ENTREVISTADOS: 113		*ALGUNS ALUNOS NÃO RESPONDERAM ALGUMAS QUESTÕES	
QUESTÃO		Nº DE PESSOAS	PORCENTAGEM
1) VOCÊ VISITOU PELA PRIMEIRA VEZ O EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS (PRÉDIO DA FAUUSP) HÁ QUANTO TEMPO?	HÁ DOIS ANOS OU MENOS	40	35,40%
	HÁ MAIS DE DOIS ANOS	73	64,60%
2) ATUALMENTE, AO OBSERVAR AS FACHADAS EXTERNAS DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS (PRÉDIO DA FAUUSP), VOCÊ AS CONSIDERA ESTETICAMENTE:	COMO O ESPERADO (INDIFERENTE), NUNCA	7	6,19%
	HARMONIOSAS	25	22,12%
	DESARMONIOSAS, MAS SATISFATÓRIAS; O QUE IMPORTA É QUE FORAM RESTAURADAS	67	59,29%
	TOTALMENTE DESAGRADÁVEIS	14	12,39%
3) CASO TENHA RESPONDIDO AS OPÇÕES C OU D NA QUESTÃO ANTERIOR, O QUE CONSIDERA MAIS NEGATIVO ATUALMENTE, SOB O PONTO DE VISTA ESTÉTICO, NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO*:	O CONFLITO ENTRE AS CORES DO CONCRETO	16	14,16%
	O CONFLITO ENTRE AS TEXTURAS	6	5,31%
	O FORMATO DAS MANCHAS DOS RESTAUROS	21	18,58%
	TODAS AS OPÇÕES ANTERIORES	42	37,17%
	NÃO SEI	1	0,88%

TABELA 15 - ENQUETE DE OPINIÃO SOBRE ESTÉTICA DAS FACHADAS PÓS-INTERVENÇÕES-LEITORES BLOG E PÁGINA FACEBOOK CONSERVA FAU, ABRIL 2016

NÚMERO TOTAL DE ENTREVISTADOS: 116			
QUESTÃO		Nº DE PESSOAS	PORCENTAGEM
1) VOCÊ VISITOU PELA PRIMEIRA VEZ O EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS (PRÉDIO DA FAUUSP) HÁ QUANTO TEMPO?	ANTES DA ÚLTIMA REFORMA	85	73,9%
	DURANTE OU DEPOIS DA ÚLTIMA REFORMA	29	25,2%
	NUNCA ESTIVE NO EDIFÍCIO	1	0,9%
2) ATUALMENTE, AO OBSERVAR AS FACHADAS EXTERNAS DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS (PRÉDIO DA FAUUSP), VOCÊ AS CONSIDERA ESTETICAMENTE:	NÃO VIU O RESULTADO	5	4,3%
	COMO O ESPERADO/INDIFERENTE, NUNCA REPAREI NOS DETALHES	5	4,3%
	HARMONIOSAS	15	12,9%
	DESARMONIOSAS, MAS SATISFATÓRIAS; O QUE IMPORTA É QUE FORAM RESTAURADAS	55	47,4%
	TOTALMENTE DESAGRADÁVEIS	36	31%
3) CASO TENHA RESPONDIDO AS OPÇÕES C OU D NA QUESTÃO ANTERIOR, O QUE CONSIDERA MAIS NEGATIVO ATUALMENTE, SOB O PONTO DE VISTA ESTÉTICO, NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO*:	O CONFLITO ENTRE AS CORES DO CONCRETO	77	79,4%
	O CONFLITO ENTRE AS TEXTURAS	59	60,8%
	O FORMATO DAS MANCHAS DOS RESTAUROS	42	43,3%
	NÃO SEI	5	5,2%

**APÊNDICE B - ESTUDO PILOTO
DADOS COLORIMÉTRICOS DO
CONCRETO OBTIDOS COM
COLORÍMETRO TRISTÍMULO**

Resultados de medidas colorimétricas tomadas em superfície de concreto aparente do Pilar 50 do edifício Vilanova Artigas com colorímetro tristímulo.

EQUIPAMENTO:		Colorímetro tristímulo: X-Rite CAPSURE
Data da coleta de medidas	23/05/2016	
superfície	concreto aparente pilar 50 do edifício Vilanova Artigas	
condições da superfície	seca	
PARÂMETROS DE LEITURA		
L*	luminosidade	
a*	matiz	
b*	matiz	
abertura	diâmetro de abertura do leitor de cor do colorímetro	
abertura grande	8 mm	
abertura média	4 mm	
abertura pequena	2 mm	
36cm ²	área de tomada de leituras de cor (6 cm x 6 cm)	
64cm ²	área de tomada de leituras de cor (8 cm x 8 cm)	
100cm ²	área de tomada de leituras de cor (10 cm x 10 cm)	
D65	Iluminação Standard CIE - Daylight simulator	
10°	Observador Standard cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5 m.	

FIGURA 88 LOCAL DE LEVANTAMENTO DE DADOS COLORIMÉTRICOS. (A) PILAR 50, SITUADO NA FACHADA SUDOESTE; (B) DELIMITAÇÃO DE ÁREA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS; (C) MÁSCARA COM TRÊS TAMANHOS DE ÁREAS DELIMITADAS

(a)

(b)

(c)

*TABELA 16 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 36 cm²- ABERTURA PEQUENA - D65 - 10°*

ÁREA 36 cm ² ABERTURA DO LEITOR PEQUENA D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
2	55,7	55,65	-1,1	0,9	9,1	9,55	
3	61,7	55,7	-1,3	-1,1	14,9	10	
4	61,7	58,7	-1,3	-1,2	14,9	12,45	
5	54,9	55,7	1,6	-1,1	12,7	12,7	
6	23,8	55,65	2,4	0,25	9,7	11,35	
7	55,7	55,7	-1,1	-1,1	9,1	10	
8	55,5	55,65	1,4	0,15	14,6	11,35	
9	54,9	55,6	1,6	1,4	12,7	12,7	
10	52,1	55,55	0,8	1,1	13,5	12,7	
11	47,8	55,5	1,1	1,1	15,3	12,7	
12	61,7	55,55	-1,3	0,95	14,9	13,1	
13	59,6	55,6	2,1	1,1	12,1	12,7	
14	65,3	55,65	4,5	1,25	11,7	12,7	
15	54,9	55,6	1,6	1,4	12,7	12,7	
16	55,6	55,6	2,9	1,5	10	12,7	
17	58,7	55,6	0,7	1,4	9,9	12,7	
18	65	55,65	0,8	1,25	14,6	12,7	
19	55,5	55,6	1,4	1,4	14,6	12,7	
20	54,9	55,6	1,6	1,4	12,7	12,7	
21	52,1	55,6	0,8	1,4	13,5	12,7	
22	62,8	55,6	1,4	1,4	10,7	12,7	
23	57,9	55,6	2,5	1,4	11,9	12,7	
24	61,7	55,65	-1,3	1,4	14,9	12,7	
25	53,8	55,6	2,4	1,4	9,7	12,7	

**TABELA 17 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 64 cm²- ABERTURA PEQUENA- D65 - 10°**

ÁREA 64 cm ² ABERTURA DO LEITOR PEQUENA D65 10°								
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA	
1	55,7	55,7	-1,1	-1,1	9,1	9,1		
2	61,7	58,7	-1,3	-1,2	14,9	12		
3	61,7	61,7	-1,3	-1,3	14,9	14,9		
4	54,9	58,7	1,6	-1,2	12,7	13,8		
5	53,8	55,7	2,4	-1,1	9,7	12,7		
6	55,7	55,7	-1,1	-1,1	9,1	11,2		
7	55,5	55,7	1,4	-1,1	14,6	12,7		
8	56,4	55,7	2,2	0,15	12,5	12,6		
9	52,1	55,7	0,8	0,8	13,5	12,7		
10	47,8	55,6	1,1	0,95	15,3	13,1		
11	61,7	55,7	-1,3	0,8	14,9	13,5		
12	59,6	55,7	2,1	0,95	12,1	13,1		
13	65,3	55,7	4,5	1,1	11,7	12,7		
14	54,9	55,7	1,6	1,25	12,7	12,7		
15	55,6	55,7	2,9	1,4	10	12,7		
16	58,7	55,7	0,7	1,25	9,9	12,6		
17	65	55,7	0,8	1,1	14,6	12,7		
18	56,4	56,05	2,2	1,25	12,5	12,6		
19	54,9	55,7	1,6	1,4	12,7	12,7		
20	52,1	55,7	0,8	1,25	13,5	12,7		
21	62,8	55,7	1,4	1,4	10,7	12,7		
22	57,9	56,05	2,5	1,4	11,9	12,6		
23	61,7	56,4	-1,3	1,4	14,9	12,7		
24	53,8	56,05	2,4	1,4	9,7	12,6		
25	56,4	56,4	2,2	1,4	12,5	12,5		

*TABELA 18 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 100 cm²- ABERTURA PEQUENA - D65 - 10°*

ÁREA 100 cm ² ABERTURA DO LEITOR PEQUENA D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
2	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
3	61,7	55,6	-0,1	2,9	15	10	
4	64,9	58,65	1,5	2,2	9,7	10	
5	53,8	55,6	2,4	2,4	9,7	10	
6	58,1	56,85	2,9	2,65	9,5	9,85	
7	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
8	58,2	56,85	3,1	2,9	11	10	
9	62,8	58,1	1,4	2,9	10,7	10	
10	49	56,85	3,7	2,9	8,7	10	
11	58,1	58,1	2,9	2,9	9,5	10	
12	55,6	56,85	2,9	2,9	10	10	
13	49	55,6	3,7	2,9	8,7	10	
14	60,3	56,85	1,5	2,9	12,6	10	
15	53,2	55,6	4,9	2,9	8,6	10	
16	55,5	55,6	1,4	2,9	14,6	10	
17	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
18	58,3	56,85	1,6	2,9	10,6	10	
19	62,4	58,1	5,5	2,9	10,7	10	
20	62,4	58,1	5,5	2,9	10,7	10	
21	53,8	58,1	2,4	2,9	9,7	10	
22	55,7	56,9	-1,1	2,9	9,1	10	
23	58,1	58,1	2,9	2,9	9,5	10	
24	55,7	56,9	-1,1	2,9	9,1	9,85	
25	60,3	58,1	0,9	2,9	10,4	10	

*TABELA 19 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 36 cm²- ABERTURA MÉDIA - D65 - 10°*

ÁREA 36 cm ² ABERTURA DO LEITOR MÉDIA D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
2	47,8	51,7	1,1	2	15,3	12,65	
3	53,8	53,8	2,4	2,4	9,7	10	
4	55,6	54,7	2,9	2,65	10	10	
5	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
6	49	54,7	3,7	2,9	8,7	9,85	
7	49	53,8	3,7	2,9	8,7	9,7	
8	52,1	52,95	0,8	2,9	13,5	9,85	
9	55,5	53,8	1,4	2,9	14,6	10	
10	54,9	54,35	1,6	2,65	12,7	10	
11	49	53,8	3,7	2,9	8,7	10	
12	55,6	54,35	2,9	2,9	10	10	
13	55,6	54,9	2,9	2,9	10	10	
14	55,5	55,2	1,4	2,9	14,6	10	
15	47,8	54,9	1,1	2,9	15,3	10	
16	49	54,35	3,7	2,9	8,7	10	
17	55,6	54,9	2,9	2,9	10	10	
18	49	54,35	3,7	2,9	8,7	10	
19	47,8	53,8	1,1	2,9	15,3	10	
20	49	52,95	3,7	2,9	8,7	10	
21	49	52,1	3,7	2,9	8,7	10	
22	49	50,55	3,7	2,9	8,7	10	
23	53,8	52,1	2,4	2,9	9,7	10	
24	52,1	52,1	0,8	2,9	13,5	10	
25	49	52,1	3,7	2,9	8,7	10	

*TABELA 20 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 64 cm²- ABERTURA MÉDIA A-D65 - 10°*

ÁREA 64 cm ² ABERTURA DO LEITOR MÉDIA D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	63,9	63,9	2,3	2,3	8,8	8,8	
2	58,3	61,1	1,6	1,95	10,6	9,7	
3	65	63,9	0,8	1,6	14,6	10,6	
4	55,8	61,1	1,1	1,35	10,4	10,5	
5	61,7	61,7	-0,1	1,1	15	10,6	
6	65	62,8	0,8	0,95	14,6	12,6	
7	51,8	61,7	0,9	0,9	12,8	12,8	
8	49	60	3,7	1	8,7	11,7	
9	56,1	58,3	-2	0,9	9,5	10,6	
10	55,5	57,2	1,4	1	14,6	11,7	
11	55,6	56,1	2,9	1,1	10	10,6	
12	65	57,2	3	1,25	15,7	11,7	
13	55,6	56,1	2,9	1,4	10	10,6	
14	47,2	55,95	5,6	1,5	11	10,8	
15	56,1	56,1	-2	1,4	9,5	10,6	
16	56,4	56,1	2,2	1,5	12,5	10,8	
17	65	56,1	3	1,6	15,7	11	
18	56,4	56,25	2,2	1,9	12,5	11,75	
19	55,6	56,1	2,9	2,2	10	11	
20	65	56,25	3	2,2	15,7	11,75	
21	55,6	56,1	2,9	2,2	10	11	
22	61,1	56,25	-8,4	2,2	14,9	11,75	
23	55	56,1	5,4	2,2	11,7	11,7	
24	55,6	56,1	2,9	2,25	10	11,35	
25	60,3	56,1	1,5	2,2	12,5	11,7	

**TABELA 21 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 100 cm²- ABERTURA MÉDIA - D65 - 10°**

ÁREA 100 cm ² ABERTURA DO LEITOR MÉDIA D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	45,8	45,8	1	1	11,8	11,8	
2	47,8	46,8	1,1	1,05	15,3	13,55	
3	56,1	47,8	-2	1	9,5	11,8	
4	54,9	51,35	1,6	1,05	12,7	12,25	
5	54,9	54,9	1,6	1,1	12,7	12,7	
6	54,9	54,9	1,6	1,35	12,7	12,7	
7	52,1	54,9	0,8	1,1	13,5	12,7	
8	56,4	54,9	2,2	1,35	12,5	12,7	
9	58,1	54,9	2,9	1,6	9,5	12,7	
10	49	54,9	3,7	1,6	8,7	12,6	
11	53,8	54,9	2,4	1,6	9,7	12,5	
12	52,1	54,35	0,8	1,6	13,5	12,6	
13	54,9	54,9	1,6	1,6	12,7	12,7	
14	56,1	54,9	-2	1,6	9,5	12,6	
15	54,9	54,9	1,6	1,6	12,7	12,7	
16	49	54,9	3,7	1,6	8,7	12,6	
17	58,1	54,9	2,9	1,6	9,5	12,5	
18	55,6	54,9	2,9	1,6	10	12,15	
19	36,4	54,9	5,4	1,6	11,9	11,9	
20	47,8	54,9	1,1	1,6	15,3	12,2	
21	49	54,9	3,7	1,6	8,7	11,9	
22	49	54,35	3,7	1,6	8,7	11,85	
23	51,7	53,8	3,2	1,6	6,7	11,8	
24	47,8	52,95	1,1	1,6	15,3	11,85	
25	51,7	52,1	3,2	1,6	6,7	11,8	

TABELA 22 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 36 cm²- ABERTURA GRANDE -D65 - 10°

ÁREA 36 cm ² ABERTURA DO LEITOR GRANDE D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	47,8	47,8	1,1	1,1	15,3	15,3	
2	47,8	47,8	1,1	1,1	15,3	15,3	
3	53,8	47,8	2,4	1,1	9,7	15,3	
4	58,3	50,8	1,6	1,35	10,6	12,95	
5	56,4	53,8	2,2	1,6	12,5	12,5	
6	47,8	50,8	1,1	1,35	15,3	13,9	
7	47,8	47,8	1,1	1,1	15,3	15,3	
8	52,1	49,95	0,8	1,1	13,5	14,4	
9	55,6	52,1	2,9	1,1	10	13,5	
10	47,8	49,95	1,1	1,1	15,3	14,4	
11	49	49	3,7	1,1	8,7	13,5	
12	55,6	50,55	2,9	1,35	10	13	
13	53,8	52,1	2,4	1,6	9,7	12,5	
14	53,8	52,95	2,4	1,9	9,7	11,55	
15	47,8	52,1	1,1	1,6	15,3	12,5	
16	49	50,55	3,7	1,9	8,7	11,55	
17	53,8	52,1	2,4	2,2	9,7	10,6	
18	53,8	52,95	2,4	2,3	9,7	10,3	
19	55,6	53,8	2,9	2,4	10	10	
20	50,1	52,95	0,8	2,3	10,8	10,3	
21	49	52,1	3,7	2,4	8,7	10	
22	49	51,1	3,7	2,4	8,7	10	
23	49	50,1	3,7	2,4	8,7	10	
24	49	49,55	3,7	2,4	8,7	10	
25	47,8	49	1,1	2,4	15,3	10	

**TABELA 23 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 64 cm²- ABERTURA GRANDE - D65 - 10°**

ÁREA 64 cm ² ABERTURA DO LEITOR GRANDE D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	58,1	58,1	2,9	2,9	9,5	9,5	
2	53,8	55,95	2,4	2,65	9,7	9,6	
3	55,6	55,6	2,9	2,9	10	9,7	
4	55,6	55,6	2,9	2,9	10	9,85	
5	54,9	55,6	1,6	2,9	12,7	10	
6	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	9,85	
7	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
8	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
9	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
10	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
11	53,8	55,6	2,4	2,9	9,7	10	
12	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
13	60,3	55,6	0,9	2,9	10,4	10	
14	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
15	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
16	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
17	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
18	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
19	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	
20	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	9,85	
21	60,3	55,6	0,9	2,9	10,4	10	
22	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
23	62	55,6	1,3	2,9	9	10	
24	55,6	55,6	2,9	2,9	10	10	
25	58,1	55,6	2,9	2,9	9,5	10	

*TABELA 24 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
COLORÍMETRO TRISTÍMULO- 100 cm²- ABERTURA GRANDE - D65 - 10°*

100 cm ² abertura do leitor grande D65 10°							
MEDID A	L*	L* ACUMULADA	MÉDIA a*	a* ACUMULADA	MÉDIA b*	b* ACUMULADA	MÉDIA
1	62	62	1,3	1,3	9	9	
2	58,3	60,15	1,6	1,45	10,6	9,8	
3	56,4	58,3	2,2	1,6	12,5	10,6	
4	54,9	57,35	1,6	1,6	12,7	11,55	
5	47,8	56,4	1,1	1,6	15,3	12,5	
6	62,4	57,35	5,5	1,6	10,7	11,6	
7	58,1	58,1	2,9	1,6	9,5	10,7	
8	56,4	57,25	2,2	1,9	12,5	11,6	
9	61,7	58,1	-0,1	1,6	15	12,5	
10	52,1	57,25	0,8	1,6	13,5	12,5	
11	55,6	56,4	2,9	1,6	10	12,5	
12	58,1	57,25	2,9	1,9	9,5	11,6	
13	61,7	58,1	-0,1	1,6	15	12,5	
14	62,4	58,1	5,5	1,9	10,7	11,6	
15	56,4	58,1	2,2	2,2	12,5	12,5	
16	58,2	58,1	3,1	2,2	11	11,75	
17	54,9	58,1	1,6	2,2	12,7	12,5	
18	59,6	58,1	2,1	2,15	12,1	12,3	
19	60,3	58,1	1,5	2,1	12,6	12,5	
20	60,3	58,15	0,9	1,85	10,4	12,3	
21	58,1	58,1	2,9	2,1	9,5	12,1	
22	60,3	58,15	1,5	1,85	12,6	12,3	
23	53,2	58,1	4,9	2,1	8,6	12,1	
24	55,6	58,1	2,9	2,15	10	11,55	
25	47,8	58,1	1,1	2,1	15,3	12,1	

GRÁFICO 11 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO- ABERTURA PEQUENA- ÁREA 36 cm²

GRÁFICO 12 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA PEQUENA- ÁREA 64 cm²

GRÁFICO 13 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA PEQUENA- ÁREA 100 cm²

GRÁFICO 14 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA MÉDIA- ÁREA 36 cm²

GRÁFICO 15 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA MÉDIA- ÁREA 64 cm²

GRÁFICO 16 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA MÉDIA- ÁREA 100 cm²

GRÁFICO 17 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO TRISTÍMULO-ABERTURA GRANDE- ÁREA 36 cm²

GRÁFICO 18 - - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS
DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO
TRISTÍMULO-ABERTURA GRANDE- ÁREA 64 cm²

**GRÁFICO 19 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS
DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO COLORÍMETRO
TRISTÍMULO-ABERTURA GRANDE- ÁREA 100 cm²**

**APÊNDICE C - ESTUDO PILOTO-
DADOS COLORIMÉTRICOS DO
CONCRETO OBTIDOS COM
ESPECTROFOTÔMETRO**

Resultados de medidas colorimétricas tomadas em superfície de concreto aparente do Pilar 50 do edifício Vilanova Artigas com espectrofotômetro.

EQUIPAMENTO:		Colorímetro espectral: Konica Minolta
Data da coleta de medidas	23/05/2016	
superfície	concreto aparente pilar 50 do edifício Vilanova Artigas	
condições da superfície	seca	
PARÂMETROS DE LEITURA		
L*	luminosidade	
a*	matiz	
b*	matiz	
abertura	diâmetro de abertura do leitor de cor do equipamento	
abertura grande	8 mm	
36cm ²	área de tomada de leituras de cor (6 cm x 6 cm)	
64cm ²	área de tomada de leituras de cor (8 cm x 8 cm)	
100cm ²	área de tomada de leituras de cor (10 cm x 10 cm)	
D65	Iluminação Standard CIE - Daylight simulator	
10°	Observador Standard cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5 m.	

FIGURA 89 - LOCAL DE LEVANTAMENTO DE DADOS COLORIMÉTRICOS. (A) PILAR 50, SITUADO NA FACHADA SUDOESTE; (B) DELIMITAÇÃO DE ÁREA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS; (C) MÁSCARA COM TRÊS TAMANHOS DE ÁREAS DELIMITADAS

(a)

(b)

(c)

**TABELA 25 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS -
ESPECTROFOTÔMETRO- 36 cm²- ABERTURA 8 mm - D65 - 10°**

ÁREA 36 cm² - D65 10°						
MEDIDA	L*	L* MÉDIA ACUMULADA	a*	a* MÉDIA ACUMULADA	b*	b* MÉDIA ACUMULADA
11.01.00-C1#055	46,1	57,8	1,9	2,3	11,4	11,4
11.01.00-C1#056	54,7	57,8	1,2	2,2	8,8	11,4
11.01.00-C1#057	49,9	57,3	2,1	2,2	9,9	11,4
11.01.00-C1#058	50,8	57,0	2,3	2,3	10,7	11,3
11.01.00-C1#059	52,3	57,0	2,2	2,2	10,1	11,3
11.01.00-C1#060	52,4	57,0	1,8	2,2	8,7	11,3
11.01.00-C1#061	49,7	56,1	1,8	2,2	9,9	11,3
11.01.00-C1#062	47,8	56,1	2,3	2,2	11,2	11,3
11.01.00-C1#063	51,3	54,7	1,6	2,2	10,8	11,3
11.01.00-C1#064	49,9	54,7	1,7	2,2	9,6	11,2
11.01.00-C1#065	51,8	53,2	1,7	2,1	9,0	11,1
11.01.00-C1#066	46,6	52,4	1,6	2,1	9,5	11,1
11.01.00-C1#067	43,0	52,3	2,9	2,2	12,0	11,1
11.01.00-C1#068	52,9	52,3	1,6	2,2	9,7	10,8
11.01.00-C1#069	49,7	51,8	1,8	2,2	10,4	10,7
11.01.00-C1#070	51,4	51,8	2,0	2,1	9,9	10,7
11.01.00-C1#071	47,4	51,4	2,0	2,0	10,3	10,5
11.01.00-C1#072	47,7	51,3	2,0	2,0	10,1	10,4
11.01.00-C1#073	45,1	50,8	1,5	2,0	9,6	10,3
11.01.00-C1#074	53,1	50,8	1,7	1,9	9,1	10,1
11.01.00-C1#075	47,0	50,8	1,6	1,9	10,1	10,1
11.01.00-C1#076	45,7	49,9	1,6	1,8	9,7	10,1
11.01.00-C1#077	47,0	49,9	2,1	1,8	10,7	10,1
11.01.00-C1#078	45,2	49,7	1,9	1,8	10,5	10,1
11.01.00-C1#079	41,8	49,7	1,8	1,8	7,8	9,9

*TABELA 26 - MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS –
ESPECTROFOTÔMETRO- 64 cm²- ABERTURA 8 mm - D65 - 10°*

ÁREA 64 cm² D65 10°						
MEDIDA	L*	L* MÉDIA ACUMULADA	a*	a* MÉDIA ACUMULADA	b*	b* MÉDIA ACUMULADA
11.01.00-C1#026	53,0	54,0	2,7	2,3	11,8	10,1
11.01.00-C1#027	55,5	54,0	3,4	2,3	13,1	10,1
11.01.00-C1#028	60,1	54,3	2,3	2,3	11,7	10,1
11.01.00-C1#029	56,3	54,7	1,7	2,3	9,0	10,1
11.01.00-C1#030	55,4	54,7	2,5	2,3	11,2	10,1
11.01.00-C1#031	53,5	54,7	2,5	2,3	9,5	10,0
11.01.00-C1#032	58,7	54,8	1,8	2,3	10,4	10,0
11.01.00-C1#033	63,0	54,8	2,1	2,3	12,1	10,1
11.01.00-C1#034	55,9	55,4	2,4	2,3	10,5	10,1
11.01.00-C1#035	52,5	55,4	2,4	2,3	11,0	10,3
11.01.00-C1#036	57,8	55,5	1,7	2,3	9,9	10,3
11.01.00-C1#037	56,1	55,5	2,0	2,3	11,2	10,3
11.01.00-C1#038	57,0	55,5	2,0	2,3	10,4	10,3
11.01.00-C1#039	47,2	55,4	2,7	2,3	11,6	10,4
11.01.00-C1#040	56,1	55,4	2,5	2,4	13,5	10,4
11.01.00-C1#041	58,4	55,4	1,5	2,4	8,5	10,4
11.01.00-C1#042	57,3	55,5	2,1	2,3	11,8	10,4
11.01.00-C1#043	63,5	55,9	2,1	2,3	12,7	10,5
11.01.00-C1#044	61,3	56,1	1,8	2,2	11,1	10,5
11.01.00-C1#045	48,1	56,1	2,3	2,3	10,6	10,6
11.01.00-C1#046	53,2	56,1	2,2	2,2	11,3	11,0
11.01.00-C1#047	62,2	56,1	2,3	2,2	12,7	11,1
11.01.00-C1#048	59,1	56,1	2,3	2,2	11,4	11,2
11.01.00-C1#049	60,9	56,3	2,4	2,3	12,8	11,2
11.01.00-C1#050	47,8	56,3	2,3	2,3	10,5	11,2

**TABELA - 27 MÉDIAS ACUMULADAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS –
ESPECTROFOTÔMETRO- 100 cm²- ABERTURA 8 mm - D65 - 10°**

ÁREA 100 cm² D65 10°						
MEDIDA	L*	L* MÉDIA ACUMULADA	a*	a* MÉDIA ACUMULADA	b*	b* MÉDIA ACUMULADA
11.01.00-C1#001	53,2	53,2	2,1	2,1	9,9	9,9
11.01.00-C1#002	55,6	54,4	1,6	1,9	12,1	11,0
11.01.00-C1#003	51,6	53,2	2,3	2,1	9,3	9,9
11.01.00-C1#004	53,5	53,4	3,3	2,2	10,3	10,1
11.01.00-C1#005	54,8	53,5	2,3	2,3	10,2	10,2
11.01.00-C1#006	53,8	53,7	1,9	2,2	10,1	10,1
11.01.00-C1#007	52,6	53,5	1,9	2,1	10,9	10,2
11.01.00-C1#008	56,4	53,7	2,0	2,0	8,5	10,1
11.01.00-C1#009	54,0	53,8	2,0	2,0	10,5	10,2
11.01.00-C1#010	53,1	53,7	2,7	2,0	9,5	10,1
11.01.00-C1#011	51,5	53,5	2,6	2,1	10,0	10,1
11.01.00-C1#012	55,9	53,7	2,2	2,2	9,0	10,0
11.01.00-C1#013	56,8	53,8	2,3	2,2	10,5	10,1
11.01.00-C1#014	58,1	53,9	1,7	2,2	9,6	10,0
11.01.00-C1#015	56,5	54,0	1,9	2,1	9,7	10,0
11.01.00-C1#016	56,8	54,4	2,2	2,2	10,0	10,0
11.01.00-C1#017	52,2	54,0	2,5	2,2	10,3	10,0
11.01.00-C1#018	53,3	53,9	2,5	2,2	9,3	10,0
11.01.00-C1#019	52,9	53,8	2,4	2,2	10,6	10,0
11.01.00-C1#020	54,7	53,9	2,2	2,2	9,1	10,0
11.01.00-C1#021	54,3	54,0	2,6	2,2	10,1	10,0
11.01.00-C1#022	54,8	54,1	3,0	2,2	10,4	10,1
11.01.00-C1#023	57,4	54,3	2,3	2,3	9,9	10,0
11.01.00-C1#024	52,3	54,1	2,2	2,2	9,5	10,0
11.01.00-C1#025	52,7	54,0	2,2	2,2	10,3	10,0

GRÁFICO 20 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*a^*b^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO ESPECTROFOTÔMETRO-ABERTURA 8 mm- ÁREA 36 cm²

GRÁFICO 21 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS
DE $L^*a^*b^*$ X N° MEDIDAS PARA LEITOR DO
ESPECTROFOTÔMETRO-ABERTURA 8 mm- ÁREA 64 cm²

GRÁFICO 22 - GRÁFICOS DE MÉDIAS ACUMULADAS DE $L^*A^*B^*$ X Nº MEDIDAS PARA LEITOR DO ESPECTROFOTÔMETRO-ABERTURA 8 MM- ÁREA 100 CM^2

**APÊNDICE D - DADOS
COLORIMÉTRICOS DO CONCRETO
DAS EMPENAS OBTIDOS COM
COLORÍMETRO TRISTÍMULO**

Resultados de medidas colorimétricas tomadas nas superfícies das empenas de concreto aparente do edifício Vilanova Artigas, tomadas com colorímetro tristímulo.

EQUIPAMENTO: Colorímetro tristímulo: Capsure da X-Rite	
Data da coleta de medidas 12/12/2016	
Superfície	Empenas Sudoeste, Sudeste, Nordeste e Noroeste do edifício Vilanova Artigas
condições da superfície	seca
PARÂMETROS DE LEITURA	
L*	luminosidade
a*	matiz
b*	matiz
Abertura	diâmetro de abertura do leitor de cor do colorímetro
abertura grande	8 mm
64cm ²	área de tomada de leituras de cor (8 cm x 8 cm)
D65	Iluminação Standard CIE - Daylight simulator
10°	Observador Standard cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5 m.

Observações:

1. Células da planilha vazias correspondem à perda de dados durante os procedimentos de leitura.
- 2.as células coloridas são dos dados com maior incidência.

TABELA 28 - MEDIDAS COLORIMÉTRICAS DAS FAIXAS PREDOMINANTES DE COR 1,2,3,4 E 5 DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS

FACHADA SUDOESTE - SO					
SO		L*	a*	b*	
F1	MEDIDA 1				
	MEDIDA 2				
	MEDIDA 3				
	MEDIDA 4				
	MEDIDA 5				
	MEDIDA 6				
	MEDIDA 7				
	MEDIDA 8				
	MEDIDA 9				
	MEDIDA 10				
	dados colorimétricos mais incidentes				
SO		L*	a*	b*	
F2	MEDIDA 1				
	MEDIDA 2				
	MEDIDA 3				
	MEDIDA 4				
	MEDIDA 5				
	MEDIDA 6				
	MEDIDA 7				
	MEDIDA 8				
	MEDIDA 9				
	MEDIDA 10				
	dados colorimétricos mais incidentes				
SO		L*	a*	b*	
F3	MEDIDA 1	68,1	0,6	10,4	
	MEDIDA 2	67,2	-0,2	15,0	
	MEDIDA 3	66,6	1,3	2,5	
				CONTINUA	
				CONTINUAÇÃO	
		L*	a*	b*	
		MEDIDA 4	64,9	1,5	9,7

MEDIDA 5	64,9	1,5	9,7
MEDIDA 6	68,1	0,6	10,4
MEDIDA 7	68,1	0,6	10,4
MEDIDA 8	63,1	1,9	10,3
MEDIDA 9	68,1	0,5	11,3
MEDIDA 10	67,3	1,8	9,5
dados colorimétricos mais incidentes	68,1	0,6	10,4

S0

	L*	a*	b*
MEDIDA 1	56,7	0,1	14,5
MEDIDA 2	62,5	-1,5	7,6
MEDIDA 3	55,7	-1,1	9,1
MEDIDA 4	59,5	1,1	9,8
MEDIDA 5	60,2	0,1	9,4
MEDIDA 6	56,7	0,1	14,5
MEDIDA 7	56,7	0,1	14,5
MEDIDA 8	56,7	0,1	14,5
MEDIDA 9	60,2	0,1	9,4
MEDIDA 10	55,7	-1,1	9,1
dados colorimétricos mais incidentes	56,7	-1,1	14,5

S0

	L*	a*	b*
MEDIDA 1	62,0	-0,6	9,0
MEDIDA 2	67,9	-0,6	13,0
MEDIDA 3	67,9	-0,6	13,0
MEDIDA 4	64,9	1,5	9,7
MEDIDA 5	68,1	0,6	10,4
MEDIDA 6	67,9	-0,6	13,0
MEDIDA 7	64,9	1,5	9,7
MEDIDA 8	68,1	0,6	10,4
MEDIDA 9	64,9	1,5	9,7

CONTINUA

F5

			CONTINUAÇÃO
MEDIDA 10	64,9	1,5	9,7

	dados colorimétricos mais incidentes	64,9	1,5	9,7
FACHADA SUDESTE - SE				
SE				
		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	64,7	1,1	7,3
	MEDIDA 2	62,1	0,4	7,6
F1	MEDIDA 3	62,0	2,1	6,9
	MEDIDA 4	62,1	0,4	7,6
	MEDIDA 5	62,0	2,1	6,9
	MEDIDA 6	64,9	-0,1	6,4
	MEDIDA 7	57,4	0,6	4,8
	MEDIDA 8	62,1	0,4	7,6
	MEDIDA 9	64,7	1,1	7,3
	MEDIDA 10	57,4	0,6	4,8
	dados colorimétricos mais incidentes	62,1	0,4	7,6
SE				
		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	74,0	-0,4	12,1
	MEDIDA 2	71,1	1,4	8,9
F2	MEDIDA 3	73,0	-1,6	7,2
	MEDIDA 4	75,0	-0,3	8,5
	MEDIDA 5	76,3	1,1	8,2
	MEDIDA 6	75,0	-0,3	8,5
	MEDIDA 7	74,0	-0,4	12,1
	MEDIDA 8	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 9	70,9	-1,9	7,9
	MEDIDA 10	71,8	1,5	8,5
	dados colorimétricos mais incidentes	71,8	1,5	8,9

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

SE				
COLORÍMETRO TRISTÍMULO				
	L*	a*	b*	
	MEDIDA 1	75,0	-0,3	8,5
	MEDIDA 2	71,1	1,4	8,7
F3	MEDIDA 3	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 4	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 5	70,9	-1,2	7,9
	MEDIDA 6	76,3	1,1	8,2
	MEDIDA 7	71,1	1,4	8,9
	MEDIDA 8	74,0	-0,4	12,1
	MEDIDA 9	74,4	-3,0	10,6
	MEDIDA 10	71,1	1,4	8,9
	dados colorimétricos mais incidentes	71,1	1,4	8,9
SE				
	L*	a*	b*	
	MEDIDA 1	68,10	0,60	10,40
	MEDIDA 2	63,10	1,90	10,30
F4	MEDIDA 3	64,90	1,50	9,70
	MEDIDA 4	65,00	0,80	14,60
	MEDIDA 5	61,70	-1,30	14,90
	MEDIDA 6	61,70	-2,40	14,20
	MEDIDA 7	62,00	1,30	9,00
	MEDIDA 8	63,10	1,90	10,30
	MEDIDA 9	63,10	1,90	10,30
	MEDIDA 10	64,90	1,50	9,70
	dados colorimétricos mais incidentes	63,10	1,90	10,30
SE				
	L*	a*	b*	
	MEDIDA 1	68,10	0,50	11,30
	MEDIDA 2	68,10	0,50	11,30
F5	MEDIDA 3	68,10	0,50	11,30
	MEDIDA 4	68,10	0,50	11,30
	MEDIDA 5	68,10	0,50	10,40
	MEDIDA 6	68,10	0,50	18,60
CONTINUA				

F5		CONTINUAÇÃO		
		L*	a*	b*
	MEDIDA 7	68,10	0,50	10,40
	MEDIDA 8	68,10	0,50	11,30
	MEDIDA 9	68,10	0,50	11,30
	MEDIDA 10	71,40	-4,30	15,20
	dados colorimétricos mais incidentes	68,10	0,50	11,30
FACHADA NORDESTE - NE				
NE		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	68,1	0,5	11,3
	MEDIDA 2	68,1	0,5	11,3
F1	MEDIDA 3	71,1	1,4	8,9
	MEDIDA 4	71,1	1,4	8,9
	MEDIDA 5	72,2	0,8	7,5
	MEDIDA 6	64,7	1,1	7,3
	MEDIDA 7	68,1	0,5	11,3
	MEDIDA 8	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 9	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 10	68,1	0,6	10,4
	dados colorimétricos mais incidentes	68,1	0,6	11,3
NE		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	74,8	0,5	10,7
	MEDIDA 2	74,8	0,5	10,7
F2	MEDIDA 3	68,1	0,5	11,3
	MEDIDA 4	74	-0,4	12,1
	MEDIDA 5	74	-0,4	12,1
	MEDIDA 6	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 7	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 8	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 9	74	-0,4	12,1
	MEDIDA 10	64,9	1,5	9,7
	dados colorimétricos mais incidentes	71,8	1,5	8,5
CONTINUA				

CONTINUAÇÃO

NE		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	67,40	1,80	8,10
F3	MEDIDA 2	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 3	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 4	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 5	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 6	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 7	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 8	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 9	74,80	0,50	10,70
	MEDIDA 10	74,08	0,50	10,70
	dados colorimétricos mais incidentes	74,80	0,50	10,70

NE		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	70,9	-1,9	7,9
F4	MEDIDA 2	70,9	-1,9	7,9
	MEDIDA 3	70,9	1,5	7,9
	MEDIDA 4	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 5	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 6	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 7	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 8	74,0	-0,4	12,1
	MEDIDA 9	74,0	-0,4	12,1
	MEDIDA 10	71,8	1,5	8,5
	dados colorimétricos mais incidentes	71,8	1,5	8,5

FACHADA NOROESTE - NO

NO		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	63,2	1,5	9,7
F1	MEDIDA 2	63,9	2,3	8,8
	MEDIDA 3	68,1	0,5	11,3
	MEDIDA 4	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 5	62,0	1,3	9,0
	MEDIDA 6	60,2	0,1	9,4

CONTINUA

F1	CONTINUAÇÃO			
		L*	a*	b*
	MEDIDA 7	62,8	1,4	10,7
	MEDIDA 8	60,2	0,1	9,4
	MEDIDA 9	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 10			
dados colorimétricos mais incidentes		67,60	1,50	9,70
NO				
F2		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	64,7	1,1	7,3
	MEDIDA 2	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 3	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 4	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 5	68,2	-1,2	8,4
	MEDIDA 6	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 7	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 8	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 9	68,1	0,6	10,4
	MEDIDA 10	72,2	0,8	7,5
	dados colorimétricos mais incidentes		64,9	1,5
NO				
F3		L*	a*	b*
	MEDIDA 1	63,1	1,9	10,3
	MEDIDA 2	62,0	1,3	9,0
	MEDIDA 3	63,2	1,5	9,7
	MEDIDA 4	68,1	0,6	10,4
	MEDIDA 5	43,1	13,7	17,8
	MEDIDA 6	65,3	4,5	11,7
	MEDIDA 7	62,8	1,4	10,7
	MEDIDA 8	68,1	0,6	10,4
	MEDIDA 9	64,0	1,8	18,6
	MEDIDA 10	72,2	0,8	7,5
	dados colorimétricos mais incidentes		68,10	0,60

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

		L*	a*	b*
F4	MEDIDA 1	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 2	67,9	-0,6	13,0
	MEDIDA 3	67,9	-0,6	13,0
	MEDIDA 4	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 5	68,1	0,6	10,4
	MEDIDA 6	67,9	-0,6	13,0
	MEDIDA 7	64,9	1,5	9,7
	MEDIDA 8	68,1	0,6	10,4
	MEDIDA 9	67,9	-0,6	13,0
	MEDIDA 10	64,9	1,5	9,7
	dados colorimétricos mais incidentes	64,9	1,5	9,7
NO				
		L*	a*	b*
F5	MEDIDA 1	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 2	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 3	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 4	70,9	-1,9	7,9
	MEDIDA 5	71,8	1,5	8,5
	MEDIDA 6	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 7	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 8	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 9	67,2	-0,2	15,0
	MEDIDA 10	71,8	1,5	8,5
	dados colorimétricos mais incidentes	67,2	-0,2	15,0

OBSERVAÇÃO: - CÉLULAS DA PLANILHA VAZIAS CORRESPONDEM À PERDA DE DADOS DURANTE OS PROCEDIMENTOS DE LEITURA.

- AS CÉLULAS COLORIDAS SÃO DOS DADOS COM MAIOR INCIDÊNCIA.

CONCLUSÃO

**APÊNDICE E - PRIMEIRO CICLO DE
AMOSTRAS DE ARGAMASSAS
FORMULAÇÕES E DADOS
COLORIMÉTRICOS**

Resultados de medidas colorimétricas tomadas em superfície de amostras de argamassa para acabamento de reparo do primeiro ciclo.

EQUIPAMENTO	Colorímetro tristímulo: X-Rite CAPSURE
Datas da coleta de medidas colorimétricas	Março e setembro de 2017
superfícies	Amostras de argamassas confeccionadas em canteiro
PARÂMETROS DE LEITURA	
L*	luminosidade
a*	matiz
b*	matiz
abertura do leitor	8 mm
64cm ²	área de tomada de leituras de cor (8 cm x 8 cm)
D65	Iluminação Standard CIE - Daylight simulator
10°	Observador Standard cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5 m.
MATERIAIS UTILIZADOS	
Cimento	Portland CP II F-32
Areia	Média lavada e seca
Adesivo Acrílico	Murafan 39 da MC Bauchmie
PIGM.s	Pó xadrez da Lanxess: diluição 250g/500ml de água
Substratos	Placa de argamassa armada, bloco de concreto e peça pré-fabricada de concreto
Traços utilizados	1:3:0,6 massa 1:3,68:0,68 massa
ESCOLHA DA COR	MODA= cj de dados que ocorre om maior frequência ou o valor mais comum em um conjunto de dados.

TABELA 29 - FORMULAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSA DO PRIMEIRO CICLO

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
1A Dir	1		3	0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	METADE COM AREIA
1A ESQ	1		3	0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	METADE ALISADA
1B	1		3	0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	METADE DESEMPENADA E METADE COM ESCOVA
1C	1		3	0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	MADEIRA
3 ^a	1		3	0,6	1,5% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	METADE E METADE DESEMPENADA COM AREIA
3B	1		3	0,6	1,5% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	METADE DESEMPENADA E METADE ESCOVADA COM ALISAMENTO
3C	1		3	0,6	1,5% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	MADEIRA
4 ^a	1		3	0,6	3% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARM.	METADE DESEMPENADA E METADE DESEMPENADA COM AREIA

CONTINUA

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
4B	1		3	0,6	3% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	METADE DESEMPENADA E METADE ESCOVADA COM
4C	1		3	0,6	3% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	MADEIRA
5ª	1	3		0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	METADE LISA E METADE LISA COM AREIA
5B	1	3		0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	METADE ESCOVADA E METADE ESCOVA ALISADA
5C	1	3		0,6	SEM	ARGAM. ARMADA	MADEIRA
6A	1	3		0,6	1,5% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	1/3 LISA, 1/3 LISA COM AREIA E 1/3ESCOVADA
6B	1	3		0,6	1,5% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	METADE DESEMPENADEIRA METADE COM MADEIRA
7A	1	3		0,6	3% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARMADA	1/3 LISA, 1/3 LISA COM AREIA E 1/3ESCOVADA
7B	1	3		0,6	3% DE PIGM. AMARELO	ARGAM. ARM.	METADE DESEMPENADEIRA METADE COM MADEIRA
8	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO + 0,12%+ PIGM.PRETO	PC PRÉ-FABR.	DESEMPENADA
8A	1		3	0,6	0,35% PIGM. + 0,12% PIGM. PRETO	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA

CONTINUAÇÃO

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
9	1		3,68	0,68	1% PIGM AMARELO + 0,2% PIGM VERM	PC PRÉ-FABR.	DESEMPENADEIRA
9ª	1		3,68	0,68	1% PIGM. AMARELO + 0,2% PIGM VERM	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
10B	1		3	0,6	0,35% PIGM. + 0,09% PIGM. VERMELHO	PC PRÉ-FABR.	DESEMPENADO
10	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO + 0,09% PIGM. VERMELHO	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
11 = 1ª	1		3	0,6	SEM PIGM.	PC PRÉ-FABR.	DESEMPENADO
12= 1C	1		3	0,6	SEM PIGM.	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
13	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
14	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO + 0,17% PIGM MARROM	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
							CONTINUA CONTINUAÇÃO

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
15	1		3	0,6	0,22% PIGM. AMARELO	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
16	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO + 0,022% PIGM VERM	PC PRÉ-FABR.	MADEIRA
17	1		3	0,6	SEM PIGM.	BL. CONC.	DESEMPENADO
17A	1		3	0,6	SEM PIGM.	BL. CONC.	MADEIRA
18 = 13	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO	BL. CONC.	DESEMPENADO
18A =13	1		3	0,6	0,35% PIGM. AMARELO	BL. CONC.	MADEIRA

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
19=15	1		3	0,6	0,22% PIGM AMARELO	BL. CONC.	DESEMPENADO
19A=15	1		3	0,6	0,22% PIGM AMARELO	BL. CONC.	MADEIRA
20=16	1		3	0,6	0,35% PIGM AMARELO + 0,022% PIGM VERMELHO	BL. CONC.	DESEMPENADO
20A=16	1		3	0,6	0,35% PIGM AMARELO + 0,022% PIGM VERMELHO	BL. CONC.	MADEIRA
21=14	1		3,68	0,68	0,35% PIG AMARELO +0,17% PIGM MARROM	BL. CONC.	DESEMPENADO
21A=14	1		3,68	0,68	0,35% PIGM AMARELO +0,17% PIGM MARROM	BL. CONC.	MADEIRA

CONTINIA

CONTINUAÇÃO

AMOSTRA	CIMENTO	AREIA MÉDIA PENEIRADA	AREIA MÉDIA NÃO PENEIRADA	ÁGUA+ ADESIVO ACRÍLICO	PIGMENTO	SUBSTRATO	TEXTURA
22=9	1		3,68	0,68	0,35% PIGM AMARELO +0,17% PIGM MARROM	BL. CONC.	DESEMPENADO
22A=9	1		3,68	0,68	1% PIGM AMARELO+ 0,2% PIGM VERM	BL. CONC.	MADEIRA
23=10	1		3,68	0,68	0,35% PIGM AMARELO + 0,09% PIGM VERMELHO	BL. CONC.	DESEMPENADO
23A=10	1		3,68	0,68	0,35% de PIGMM AMARELO 0,22% de PIGM VERMELHO	BL. CONC.	MADEIRA
24=8	1		3,68	0,68	0,35% de PIGM AMARELO + 0,12% de PIGM PRETO	BL. CONC.	DESEMPENADO
24A=8	1		3,68	0,68	0,35% de PIGM AMARELO + 0,12% de PIGM PRETO	BL. CONC.	MADEIRA

CONCLUSÃO

TABELA 30 - DADOS COLORIMÉTRICOS DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO PRIMEIRO CICLO

AMOSTRA	DADOS COLORIMÉTRICOS MARÇO 2017			DADOS COLORIMÉTRICOS SET 2017			DIFERENÇA DE COR NO TEMPO			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1A Dir	71,1	1,4	8,9	68,1	0,5	11,3	-3	-0,9	2,4	3,95
1A ESQ	77,5	1,3	6,6	76,3	1,1	8,2	-1,2	-0,2	1,6	2,01
1B	81,9	-0,3	5,5	81,9	-0,3	5,5	0	0	0	0,00
1C	60,2	0,1	9,4	55,7	-1,1	9,1	-4,5	-1,2	-0,3	4,67
3B	72,1	-2,7	15,8	76,2	1,7	13,3	4,1	4,4	-2,5	6,51
3C	53	-1,6	15,7	54,9	1,6	12,7	1,9	3,2	-3	4,78
4A	72,1	-2,7	15,8	71,9	-1,3	16,6	-0,2	1,4	0,8	1,62
4B	72,1	-2,7	17,6	75	-0,1	28,1	2,9	2,6	10,5	11,20
4C	52,1	3,2	16,2	53	-1,6	15,7	0,9	-4,8	-0,5	4,91
5A	77,5	1,3	6,6	77,5	1,3	6,6	0	0	0	0,00
5B	76,2	1,1	8,2	78,1	1	10,1	1,9	-0,1	1,9	2,69
5C	63,2	1,5	9,7	64,9	1,3	9	1,7	-0,2	-0,7	1,85
6A	73,9	2,4	18,3	64,3	4,6	17,4	-9,6	2,2	-0,9	9,89
6B	49,5	5,4	18,3	55,5	7,7	17,2	6	2,3	-1,1	6,52
7A	70,2	1,4	26,9	73,9	2,4	18,3	3,7	1	-8,6	9,42
7B	54,5	4	20,2	58	2,4	16,9	3,5	-1,6	-3,3	5,07
8	71,2	-1,5	8,3	74,8	0,5	10,7	3,6	2	2,4	4,77
8A	62,5	-1,5	7,6	64,9	-0,1	6,4	2,4	1,4	-1,2	3,03
9	67,9	-0,6	13	71,8	1,5	8,5	3,9	2,1	-4,5	6,31
9A	49,8	1,9	13,7	55,6	2,9	10	5,8	1	-3,7	6,95
10B	68,3	2,3	4,7	52,5	2,1	8	-15,8	-0,2	3,3	16,14
10	49	0,5	9,9	68,3	2,3	4,7	19,3	1,8	-5,2	20,07
11 = 1A	69,2	0,6	2,5	70,8	-1,2	5,1	1,6	-1,8	2,6	3,54
12 = 1C	62,5	-1,5	7,6	68,2	-1,2	8,4	5,7	0,3	0,8	5,76
13	57,8	0,4	12,2	54,9	1,6	12,7	-2,9	1,2	0,5	3,18

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

DADOS COLORIMÉTRICOS MARÇO 2017			DADOS COLORIMÉTRICOS SET 2017			DIFERENÇA DE COR NO TEMPO				
AMOSTRA	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
14	46,1	2,9	15,2	48,1	-0,2	15,5	2	-3,1	0,3	3,70
15	46,1	2,9	15,2	60,3	0,9	10,4	14,2	-2	-4,8	15,12
16	58,3	1,6	10,6	58,3	1,6	10,6	0	0	0	0,00
17	70,8	-1,7	5,1	70,8	-1,2	5,1	0	0,5	0	0,50
17A	51,3	-1,7	7,7	51,4	-1,6	7,1	0,1	0,1	-0,6	0,62
18 = 13	74,8	0,5	10,7	72,4	0,4	14,6	-2,4	-0,1	3,9	4,58
18A = 13	57,8	0,4	11,1	58,3	1,6	10,6	0,5	1,2	-0,5	1,39
19=15	72,4	0,4	14,6	71,8	1,5	8,5	-0,6	1,1	-6,1	6,23
19A=15	50,5	0,4	12,2	57,8	0,4	11,1	7,3	0	-1,1	7,38
20=16	68,1	0,6	10,4	68,1	0,6	10,4	0	0	0	0,00
20A=16	54,9	1,6	12,7	67,2	-0,2	15	12,3	-1,8	2,3	12,64
21=14	64,9	1,5	9,7	64,9	1,5	9,7	0	0	0	0,00
21A=14	51,1	-0,3	11,7	54,5	0,6	10,2	3,4	0,9	-1,5	3,82
22=9	71,8	1,5	8,9	71,8	1,5	8,5	0	0	-0,4	0,40
22A=9	49,8	1,9	13,7	55,6	2,9	10	5,8	1	-3,7	6,95
23=10	68,3	2,3	4,7	68,3	2,3	4,7	0	0	0	0,00
23A=10	53,8	2,4	9,7	54,5	0,6	10,2	0,7	-1,8	0,5	1,99
24=8	64,9	-0,1	6,4	68,2	-1,2	8,4	3,3	-1,1	2	4,01
24A=8	50,1	0,8	10,8	51,3	-1,7	7,7	1,2	-2,5	-3,1	4,16

CONCLUSÃO

**APÊNDICE F - SEGUNDO CICLO DE
AMOSTRAS DE ARGAMASSAS
FORMULAÇÕES E DADOS
COLORIMÉTRICOS**

Resultados de medidas colorimétricas tomadas em superfície de amostras de argamassa para acabamento de reparo - Segundo ciclo - Confeccionadas em 13/09/2017

EQUIPAMENTO:	Colorímetro tristímulo: X-Rite CAPSURE
Datas da coleta de medidas colorimétricas	Dezembro de 2017 a janeiro de 2018
superfícies	Amostras de argamassas confeccionadas em canteiro
PARÂMETROS DE LEITURA	
L*	luminosidade
a*	matiz
b*	matiz
abertura do leitor	8 mm
64 cm ²	área de tomada de leituras de cor (8 cm x 8 cm)
D65	Iluminação Standard CIE - Daylight simulator
10°	Observador Standard cf. CIE 1964 - campo de visão correspondente a 90 mm de diâmetro a uma distância de 0,5 m.
MATERIAIS UTILIZADOS	
Cimento	Portland CP II F-32
Areia	Média lavada e seca
Adesivo Acrílico	Murafan 39 da MC Bauchmie
Pigmentos	Pó xadrez da Lanxess: diluição 250g/500ml de água
Aditivo	Superplastificante Basf Glenium 51
Substratos	Argamassa indistrializada Viplus ST aplicada sobre bloco de concreto e peça pré-fabricado de concreto
Traços	Valores em massa indicados na planilha
ESCOLHA DA COR	MODA= cj de dados que ocorre om maior frequência ou o valor mais comum em um conjunto de dados.

TABELA 31 - FORMULAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS PARA ACABAMENTO DE REPARO- 2º CICLO

Argamassa	Data da confecção	Formulação				Substrato	Textura
		Cimento CP II 32 F	Areia média peneirada	Água + Adesivo acrílico	Aditivo e pigmentos		
25 desemp	11/09/2017	1	3,61	0,68	Sem pigmento	Argamassa viaplus st aplicada sobre bloco de concreto	Desempenada
26 desemp	11/09/2017	1	3,61	0,835	Sem pigmento		Desempenada
27 desemp.	12/09/2017	1	3,61	0,65	Sem pigmento 0,25% de superplastificante, 1.000 g de cimento		Desempenada
27 tex. vinil.	13/09/2017	1	3,61	0,65	Sem pigmento 0,25% de superplastificante, 1.000 g de cimento		Lâmina de vinil com textura imitação madeira
28 desemp.	13/09/2017	1	3,61	0,638(corrigida)/total 0,65	4ml de superplastificante (0,428 % de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo (0,35%)e 0,5ml de solução de pigmento vermelho(0,022%)- 1.000 g de cimento		Desempenada

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

Argamassa	Data da confeção	Formulação			Aditivo e pigmentos	Substrato	Textura
		Cimento CP II 32 F	Areia média peneirada	Água + Adesivo acrílico			
28 tex. vinil.	13/09/2017	1	3,61	0,638(corrigida)/ total 0,65	4ml de superplastificante (0,428 % de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo(0,35%)e 0,5ml de solução de pigmento vermelho(0,022%), 1.000 g de cimento	Argamassa viaplus st aplicada sobre bloco de concreto	Lâmina de vinil com textura imitação madeira
29 desemp.	13/09/2017	1	3,61	0,638(corrigida)/ total 0,65	5ml de superplastificante (0,535% de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo(0,35%)e 2ml de solução de pigmento vermelho(0,089%)- 1.000 g de cimento		Desempenada

CONTINUA

Argamassa	Data da confecção	Formulação				Substrato	Textura
		Cimento CP II 32 F	Areia média peneirada	Água + Adesivo acrílico	Aditivo e pigmentos		
29 tex. vinil.	13/09/2017	1	3,61	0,635(corrigida)/total 0,65	5ml de superplastificante (0,535% de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo(0,35%)e 2ml de solução de pigmento vermelho(0,089%), 1.000 g de cimento	Argamassa viaplus st aplicada sobre bloco de concreto	Lâmina de vinil com textura imitação madeira
30 desemp.	13/09/2017	1	3,61	0,638(corrigida)/total 0,65	6ml de superplastificante (0,642% de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo(0,35%) e 4ml de solução de pigmento preto (0,12%), 1.000 g de cimento		Desempenada
30 tex. vinil.	13/09/2017	1	3,61	0,632(corrigida)total 0,65	6ml de superplastificante (0,642% de superplastificante), 8ml de solução de pigmento amarelo(0,35%)e 4ml de solução de pigmento preto (0,12%)- 1.000 g de cimento		Lâmina de vinil com textura bimitação madeira

TABELA 32 - DADOS COLORIMÉTRICOS DE AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO 2º CICLO

	DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL E COM HIDROFUGANTE				JND*	DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL E COM VERNIZ FOSCO				JND*
NOME DA ARGAMASSA	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*		ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*	
25 DESEMP.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	7,5	0	-1,1	7,58	GRANDE
26 DESEMP.	2,7	-1	0,4	2,91	ÓBVIA	10,2	0,5	-2,9	10,6	GRANDE
27 DESEMP.	-2,7	1	-0,4	2,91	ÓBVIA	6,4	-0,8	-3,1	7,16	GRANDE
27 TEX. VINIL.	3	1,8	0,8	3,59	MUITO ÓBVIA	8,7	-1	1,2	8,84	GRANDE
28 DESEMP.	2,9	0,2	0,7	2,99	ÓBVIA	10	-0,1	-3	10,4	GRANDE
28 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	4,4	1,2	0,5	4,59	MUITO ÓBVIA
29 DESEMP.	-1,4	0,6	2,7	3,10	MUITO ÓBVIA	1,5	0,6	-0,2	1,63	ÓBVIA
29 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	10,3	-0,7	-2,7	10,6	GRANDE
30 DESEMP.	-2,2	1,3	0,2	2,56	ÓBVIA	0,7	1,3	-2,7	3,08	MUITO ÓBVIA
30 TEX. VINIL.	0	0	0	0,00	NÃO VISÍVEL	4,4	1,2	0,5	4,59	MUITO ÓBVIA

TABELA 33 - COMPARATIVO COLORIMÉTRICO ENTRE AMOSTRAS ARGAMASSAS E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE

	DADOS COLORIMÉTRICO S SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL			DADOS COLORIMÉTRICOS - COM APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE			DADOS COLORIMÉTRICOS - COM APLICAÇÃO DE VERNIZ			DADOS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE DE ENTORNO DE TESTEMUNHO RETIRADO DA SUPERFÍCIE DA				DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA SEM PROTEÇÃO SUPERFICIAL E PADRÃO				DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA COM HIDROFUGANTE E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE				DIFERENÇA DE COR ENTRE AMOSTRA COM VERNIZ E PADRÃO DE CONCRETO APARENTE			
ARGAM.	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*	
25 DESEMP	62	2,1	6,9	62	2,1	6,9	54,5	2,1	8	62	1,3	9	0	0,8	-2,1	2,25	0	1,3	-2,1	2,47	-7,5	1,3	-1	7,68	
26 DESEMP	64,7	1,1	7,3	62	2,1	6,9	54,5	0,6	10,2	62	1,3	9	2,7	-0,2	-1,7	3,20	0	2,3	-2,1	3,11	-7,5	0,8	1,2	7,64	
27 DESEMP.	62	2,1	6,9	64,7	1,1	7,3	55,6	2,9	10	62	1,3	9	0	0,8	-2,1	2,25	2,7	0,3	-1,7	3,20	-6,4	2,1	1	6,81	
27 TEX. VINIL.	58,7	0,7	9,9	55,7	-1,1	9,1	50	1,7	8,7	62	1,3	9	-3,3	-0,6	0,9	3,47	-6,3	-0,5	0,1	6,32	-12	2,3	-0,3	12,22	
28 DESEMP.	64,9	1,5	9,7	62	1,3	9	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	2,9	0,2	0,7	2,99	0	1,1	0	1,10	-7,1	1,4	3,7	8,13	
28 TEX. VINIL.	54,9	1,6	12,7	54,9	1,6	12,7	50,5	0,4	12,2	62	1,3	9	-7,1	0,3	3,7	8,01	-7,1	1,3	3,7	8,11	-11,5	0,1	3,2	11,94	
29 DESEMP.	56,4	2,2	12,5	57,8	1,6	9,8	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	-5,6	0,9	3,5	6,66	-4,2	0,7	0,8	4,33	-7,1	0,7	3,7	8,04	
29 TEX. VINIL.	56,4	2,2	12,5	56,4	2,2	12,5	46,1	2,9	15,2	62	1,3	9	-5,6	0,9	3,5	6,66	-5,6	1,3	3,5	6,73	-15,9	2	6,2	17,18	
30 DESEMP.	55,6	2,9	10	57,8	1,6	9,8	54,9	1,6	12,7	62	1,3	9	-6,4	1,6	1	6,67	-4,2	0	0,8	4,28	-7,1	0	3,7	8,01	
30 TEX. VINIL.	54,9	1,6	12,7	54,9	1,6	12,7	50,5	0,4	12,2	62	1,3	9	-7,1	0,3	3,7	8,01	-7,1	1,3	3,7	8,11	-11,5	0,1	3,2	11,94	

**APÊNDICE G - SEGUNDO CICLO DE
ARGAMASSAS – UMIDADE
SUPERFICIAL - DADOS
COLORIMÉTRICOS**

TABELA 34 - MEDIÇÃO DE UMIDADE SUPERFICIAL DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO 2º CICLO (VALORES EM %)

29/01/2018		TEMPO: NUBLADO E SOL /CHUVA NO DIA ANTERIOR					
NOME DA ARGAMASSA	DESEMP. S/ PROTEÇÃO SUPERFICIAL	DESEMP. COM HIDROFUG.	DESEMP. COM VERNIZ	TEXTURA PLACA VÍNILICA S/ PROTEÇÃO SUP.	TEXTURA PLACA VÍNILICA HIDROFUG.	TEXTURA PLACA VÍNILICA VERNIZ	
25	0,6	1,3	0,7				
	0,7	1,5	1				
	0,6	1,5	0,6				
	0,1	1,2	0,9				
	0,7	1,6	0,6				
	0,4	1	0,9				
	1	0,7	0,7				
	0,3	0,1	0,4				
	0,7	0,6	1,1				
	0,6	0,1	0,9				
	1	1,5	1				
	0,8	1,3	0,6				
	0,4	1,6	0,4				
	0,6	1,3	0,7				
	1	1,5	0,7				
MÉDIA	0,63	1,12	0,75				
26	2,3	3	2,7				
	2,3	3	2,6				
	2,2	2,9	2,4				
	2,1	2,6	2,5				
	2,2	2	2,1				
	2,4	3,1	2,5				
	2,6	2,8	2,7				
	2,3	2,1	1,8				
	2,4	1,7	2,7				
	2	3	1,6				
	2	2	1				
	2,4	1,7	2,3				
	2,8	2,1	2,2				
	2,1	2,7	3				
	2	1,8	2				
	1,7	2,9	2,6				
MÉDIA	2,24	2,46	2,29				

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

NOME DA ARGAMASSA	DESEMPENHA DA S/ PROTEÇÃO	DESEMPEN. HIDROFUG.	DESEMPENHA DA COM VERNIZ	TEXTURA PLACA VÍNILICA S/ PROTEÇÃO	TEXTURA PLACA VÍNILICA HIDROFUG.	TEXTURA PLACA VÍNILICA VERNIZ
27	1	0,4	1,9	0,8	1,5	2,8
	0,7	1,4	1,3	0,9	1,3	2,8
	1	1,3	1,9	1,1	0,6	2,4
	1,2	1,4	2,1	1	0,9	2,7
	1,3	0,6	0,1	1	0,4	2,7
	1	1	1,9	1,4	1,7	2,7
	1,3	0,75	1,3	0,9	1,3	1,7
	1,2	1,2	2	1	1,6	2,8
	0,8	1,3	2,5	0,6	1,5	2,2
	1	1,2	1,9	0,8	1,3	1,9
	0,8	1,7	2,5	1,3	1,1	2,5
	1,2	1,4	2	1	1,7	2,7
	0,8	0,9	2,1	1,3	1,3	2,5
	1,2	1,3	1,9	0,9	1,2	2,7
	0,8	1,7	2	1	1,3	2,3
MÉDIA	1,02	1,17	1,83	1,00	1,25	2,49
28	0	1	0,9	1,5	1,3	1,9
	0	1,1	0,7	1,2	1,4	2,1
	0	0,7	1	1,7	1,5	1,7
	0	0,9	0,5	0,9	1,2	1,6
	0,1	1	1	1,2	1,5	1,4
	0	1,2	0,8	1,5	0,9	1,7
	0,1	1,1	0,7	1	0,5	1,9
	0	1,1	0,4	1,4	1,1	1,9
	0	1,1	0,9	1,2	0,4	1,8
	0	1,2	0,9	1,7	1	2
	0,1	1	0,9	1,6	1,3	1,6
	0	0,8	0,6	1,6	1,6	1,6
	0,1	0,9	0,7	1,5	1,5	1,9
	0,1	0,6	0,6	1,2	1,4	1,8
	0	1	0,6	1,6	1,5	1,4
MÉDIA	0,03	0,98	0,75	1,39	1,21	1,75
29	1,1	1	0,9	1,5	1,3	1,9
	1,4	1,1	0,7	1,2	1,4	2,1
	1,3	0,7	1	1,7	1,5	1,7
	1,3	0,9	0,5	0,9	1,2	1,6
	1,2	1	1	1,2	1,5	1,4
	1,4	1,2	0,8	1,5	0,9	1,7
	1,4	1,1	0,7	1	0,5	1,9
	1,3	1,1	0,4	1,4	1,1	1,9
	0,4	1,2	0,9	1,2	0,4	1,8
	1,3	1,2	0,9	1,7	1	2

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

NOME DA ARGAMASSA	DESEMPENA DA S/ PROTEÇÃO	DESEMPEN. HIDROFUG.	DESEMPENA DA COM VERNIZ	TEXTURA PLACA VÍNILICA S/ PROTEÇÃO	TEXTURA PLACA VÍNILICA HIDROFUG.	TEXTURA PLACA VÍNILICA VERNIZ
29	1,2	1	0,6	1,6	1,3	1,6
	1,3	0,8	0,7	1,6	1,6	1,9
	0,9	0,9	0,6	1,5	1,5	1,8
	1,3	0,6	0,6	1,2	1,4	1,4
	1,3	1	1	1,6	1,3	1,9
MÉDIA	1,21	0,99	1,39	1,39	1,19	1,77
30	1	0,9	0,8	1,4	2,1	2,3
	1,2	1,2	1,2	1,5	2	2,1
	1	0,3	1	1,6	1,3	2,6
	1,2	0,5	1	1,7	1,9	2,3
	1,2	0,9	1,1	1,6	2,4	2,2
	1,1	1	1	1,2	2,3	2,4
	1	1,2	1,2	1,6	2,2	2,1
	1,1	1,3	1,1	2	2	2,7
	1	1	1	1,7	2,5	2,2
	1,2	1,3	1,3	1,6	2	2,3
	1,2	1	1,5	2	2,3	2,5
	1,1	1	1,2	1,9	2	2,2
	0,8	1,2	1,3	1,7	2,1	2,7
	1,1	1,3	1	1,5	2	2,7
	0,9	1	1,2	1,2	2,1	2,7
MÉDIA	1,07	1,01	1,13	1,61	2,08	2,40

CONCLUSÃO

APÊNDICE H - AVALIAÇÃO VISUAL

AVALIAÇÃO VISUAL ENTRE APARÊNCIA DE SUPERFÍCIE DO CONCRETO ORIGINAL DAS EMPENAS DO EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS E AS AMOSTRAS DE ARGAMASSAS DO SEGUNDO CICLO

Metodologia de avaliação: escala de cinza - NBR ISO 105-A02

Faces das amostras com orientação Nordeste.

Padrão: Superfície de testemunho retirado da fachada Noroeste

TABELA 35 - AVALIAÇÃO VISUAL COM USO DE ESCALA TONAL

AMOSTRA		AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		AVALIADOR 4		AVALIADOR 5		RESULTADO
		01/02/2018 - 10H50 - 23°C - SOL- UM= 64%						01/02/2018 - 14H47 - PARC.NUBLADO-UM=49%				
		NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	
25	SEM PROTEÇÃO	4		4		4		3		4		4
	COM HIDROFUGANTE	4		4		4		3-4		4		4
	COM VERNIZ FOSCO	3	+BRILHO	3		2		4	PADRÃO É MAIS VERDE	3-4		3
DESEMPENADA												
26	SEM PROTEÇÃO	2-3	+CLARO	3-4		3		3-4		3		3
	COM HIDROFUGANTE 1	2-3	+CLARO	3-4		3		2		3		3
	COM VERNIZ FOSCO	2		2-3		1-2		1	AMOSTRA É MAIS VERDE	1-2		1-2

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

AMOSTRA		AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		AVALIADOR 4		AVALIADOR 5		RESULTADO
		NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	
27	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO	3-4	4		4		2-3		3-4		3-4
		COM HIDROFUGANTE	3-4	4		4		2		3-4		3-4
		COM VERNIZ FOSCO	2-3	3-4		3		2		3		3
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO	3	3		4		2-3		3		3
		COM HIDROFUGANTE	3	3		4		2-3		2-3		3
		COM VERNIZ FOSCO	2-3	2-3		2-3		1		2-3		2-3
28	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO	3	3		4		4		3		3
		COM HIDROFUGANTE	3	3		4		4		3		3
		COM VERNIZ FOSCO	2	2-3		3		1-2		2		2
	COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO	3-4	3		3-4		3-4		4		3-4
		COM HIDROFUGANTE	3-4	2-3		3-4		2-3		3		3-4
		COM VERNIZ FOSCO	2-3	2		2-3		1		1-2		2-3

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

AMOSTRA		AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		AVALIADOR 4		AVALIADOR 5		RESULTADO
		NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	
29	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO	3-4	3		3		4		3-4		3-4
		COM HIDROFUGANTE	3			3		3-4		3-4		3
29		COM VERNIZ FOSCO	2-3			2-3		2		1-2		2-3
COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA		SEM PROTEÇÃO	3			3		2		2-3		2-3
		COM HIDROFUGANTE	3			3		1-2		2		3
		COM VERNIZ FOSCO	2			2		1		1-2		2
30	DESEMPENADA	SEM PROTEÇÃO	3			3		2-3	AMOSTRA É MAIS VERDE	2-3		3
		COM HIDROFUGANTE	3			3		2-3		3-4		3

CONTINUA

AMOSTRA			AVALIADOR 1		AVALIADOR 2		AVALIADOR 3		AVALIADOR 4		AVALIADOR 5		RESULTADO	
			01/02/2018 - 10H50 - 23°C - SOL UMIDADE 64%						01/02/2018 - 14H47 - PARC.NUBLADO UMIDADE 49%					
			NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.	NOTA	OBS.		
30	COM VERNIZ FOSCO		2-3		3		2-3		1-2		2-3		2-3	
COM TEXTURA PADRÃO MADEIRA PLACA VINÍLICA	SEM PROTEÇÃO		3		2-3		2-3		2		1-2		2-3	
	COM HIDROFUGANTE		3		2-3		2-3		2		2		2-3	
	COM VERNIZ FOSCO		2		2		2		1		1		2	
													CONCLUSÃO	