

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO**

Ana Luísa Furquim Bezerra

**AS CORES DAS FACHADAS DE EDIFICAÇÕES
HISTÓRICAS PINTADAS A CAL**

Florianópolis
2010

Ana Luísa Furquim Bezerra

**AS CORES DAS FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS
PINTADAS A CAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Castello Branco Nappi

Florianópolis
2010

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

B574c Bezerra, Ana Luísa Furquim

As cores das fachadas de edificações históricas pintadas a cal
[dissertação] / Ana Luísa Furquim Bezerra ; orientador, Sérgio
Castello Branco Nappi. - Florianópolis, SC, 2010

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura. 2. Cal. 3. Fachadas - Pintura. 4. Patrimônio
histórico. 5. Arquitetura - Conservação e restauração. 6.
Colorimetria. 7. Espectrofotometria. I. Nappi, Sérgio Castello
Branco. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDU 72

À minha família
e aos que me ensinaram a enxergar
a beleza das cores a cal.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, inicialmente, ao PósARQ por acreditar e apoiar esta pesquisa, em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Sérgio Castello Branco Nappi, pelos seus ensinamentos e por sua constante disponibilidade e seus proveitosos conselhos.

À encantadora Dr^a. Maria Isabel Corrêa Kanan, com quem tive as primeiras conversas sobre conservação de revestimentos históricos. Contribuiu em muito para o desenvolvimento deste trabalho, sempre aberta a compartilhar seu vasto conhecimento.

Ao Prof. Dr. Mário Mendonça de Oliveira, coordenador do Núcleo de Tecnologia e da Preservação e da Restauração - NPTR, da Faculdade de Arquitetura, da Universidade Federal da Bahia, por quem fui amavelmente recebida, permitindo que fossem realizados meus primeiros experimentos com a cal.

Ao Prof. Nicola Santopuoli, que me deu a oportunidade de estagiar em canteiro de restauração na cidade arqueológica de Pompéia, onde entrei em contato com as tecnologias de medição de cores e produtos para restauração elaborados com a cal.

Ao amigo, geólogo e pesquisador italiano Andrea Ratazzi, que espalha pelo mundo a sua paixão pela cal e que me presenteou com seu livro, muito útil neste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Manoel dos Reis Neto, coordenador do Laboratório de Análises de Minerais e Rochas - LAMIR, do Departamento de Geologia, da Universidade Federal do Paraná, à Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Masson, do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - CEPPA, do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Federal do Paraná, pelo empréstimo e pela permissão de uso dos instrumentos de medição de cores.

Aos membros da banca, que gentilmente aceitaram participar e contribuir para avaliação e conclusão desta pesquisa.

Ao meu irmão, que embarcou comigo na ideia de trazer um novo olhar para os produtos e revestimentos elaborados com a cal.

Ao Hector, engenheiro químico e amigo, pela preciosa ajuda na tradução dos termos e fórmulas químicas.

Não posso deixar de mencionar e agradecer os deliciosos cafés, carinhosamente preparados pelo Prof. Nappi, nos intervalos do LabRestauero.

RESUMO

A cor é um fenômeno psicofísico difícil de mensurar, pois são muitas as variáveis que interferem em sua aparência. No processo de caracterização das cores dos edifícios antigos pintados a cal, cuja gama de cores não pode ser traduzida em um único e preciso valor cromático, a dificuldade ainda incide em comunicar a cor supostamente “correta” com uma linguagem técnica conhecida universalmente pelos profissionais, a longa distância e entre os tempos.

Esta pesquisa trata do levantamento e da experimentação dos métodos colorimétricos existentes para a caracterização das cores de fachadas de edificações históricas pintadas a cal, a fim de apontar suas vantagens e desvantagens, procurando elucidar questões ainda não aprofundadas pelos projetos de restauração cromática.

Palavras-chave: Pintura a Cal, Fachadas Históricas, Restauro Cromático, Colorimetria, Espectrofotometria

ABSTRACT

Color is a psychophysical phenomenon difficult to measure because there are many variables that interfere on its appearance. In the process of characterizing the color of old buildings painted with lime, whose range of colors cannot be translated into a single, precise color value, the difficulty still focuses on communicating the color supposedly “correct” with a technical language known universally by professionals, at long distances and between times.

This research deals on surveying and testing the existing colorimetric methods for the characterization of the colors of historic buildings facades painted with lime, in order to point out its advantages and disadvantages, elucidating questions still debated by color restoration projects.

Keywords: Lime Paint, Historic Facades, Color Restoration, Colorimetry, Spectrophotometry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Figurino de 1805, típico da Milão napoleônica.....	71
Figura 2 - Figurino de Milão do final do século XVIII.....	71
Figura 3 - Vila Real de Milão	71
Figura 4 - Exemplar da arquitetura colonial brasileira. Tiradentes, MG.....	27
Figura 5 - Típico sobrado do início do século XIX. Florianópolis, SC	27
Figura 6 - Revestimentos tradicionais que imitam pedras nobres.....	30
Figura 7 - Macrofotografia de um reboco colorido.....	30
Figura 8 - Cores da caiação obtidas com pigmentos de terra.....	41
Figura 9 - Hidratação manual da cal em canteiro.....	43
Figura 10 - Pasta de cal.....	43
Figura 11 - Óxido de ferro	44
Figura 12 - Sistema sintético de pintura.....	51
Figura 13 - Sistema de pintura mineral	51
Figura 14 - Degradação típica da tinta sintética.....	54
Figura 15 - Degradação típica da pintura a cal	54
Figura 16 - Ensaio estratigráfico	55
Figura 17 - Análise estratigráfica.....	56
Figura 18 - Acondicionamento de amostras.....	58
Figura 19 - Ao atingir o córtex occipital, os efeitos da luz provocam a sensação de cor	60
Figura 20 - Área visível do espectro eletromagnético.....	61
Figura 21 - Triângulo de Maxwell	62
Figura 22 - Exemplos de sólidos de cores.....	64
Figura 23 - Círculo cromático.....	66
Figura 24 - Coordenadas do Sistema Munsell	66
Figura 25 - Sistema de notação Munsell.....	67
Figura 26 - Atlas de cores Munsell.....	68
Figura 27 - Diagrama de Cromaticidade CIE	69
Figura 28 - Modelo tridimensional do espaço de cores CIELAB	72
Figura 29 - Cores-luz e cores-pigmento transparentes.....	73
Figura 30 - Modelo tridimensional da Corel Corporation.....	73
Figura 31 - Cabine de inspeção de cores.....	75
Figura 32 - Identificação da cor de uma amostra por <i>colour matching</i>	80
Figura 33 - Catálogo de cores de tintas.....	81
Figura 34 - Funcionamento da medição da cor com espectrofotômetro	83
Figura 35 - Funcionamento da medição da cor com colorímetro.....	83
Figura 36 - Acerto da cor a cal em canteiro	84
Figura 37 - Sistema tintométrico de fabricante de tintas.....	85

Figura 38 - Escala de cores <i>Kodak Color Control Patches</i>	88
Figura 39 - Luxímetro MLM-1333	92
Figura 40 - Canon Digital Rebel XTI EOS	92
Figura 41 - Paleta de cores Coral 2010	93
Figura 42 - <i>Munsell Soil Color Charts</i>	94
Figura 43 - Páginas destacáveis do <i>Munsell Soil Color Charts</i>	94
Figura 44 - Analisador de cor ACR-1023	95
Figura 45 - MiniScan XE Plus da HunterLab	96
Figura 46 - Adaptação do MiniScan XE Plus para bancada.....	97
Figura 47 - Localização da Casa do Vigário	99
Figura 48 - Casa do Vigário	100
Figura 49 - Casa do Vigário	100
Figura 50 - Levantamento cadastral da Casa do Vigário.....	101
Figura 51 - Vista das fachadas lateral e frontal da Casa do Vigário....	102
Figura 52 - Fachada lateral da Casa do Vigário	103
Figura 53 - Fachada frontal da Casa do Vigário.....	103
Figura 54 - Entorno da Casa do Vigário.....	104
Figura 55 - Entorno da Casa do Vigário.....	104
Figura 56 - Manchas características da degradação da pintura a cal... 105	
Figura 57 - Danos que alteram a aparência das cores	106
Figura 58 - Sinalizador adesivo.....	107
Figura 59 - Marcação dos pontos sobre a fachada	107
Figura 60 - Pontos 1 e 2 da Fachada Lateral	108
Figura 61 - Ponto 3 e 4 da Fachada Frontal	108
Figura 62 - Medição com o Luxímetro Digital MLM - 1333.....	109
Figura 63 - <i>Colour matching</i> com paleta de tintas	111
Figura 64 - Cor “real” do embasamento da Casa do Vigário	111
Figura 65 - Máscara cinza e preta do <i>Munsell Soil Color Charts</i>	113
Figura 66 - Detalhe da cartela 2.5YR do <i>Munsell Soil Color Charts</i> ..	113
Figura 67 - Cartela 2.5YR do <i>Munsell Soil Color Charts</i>	114
Figura 68 - Processo de calibração do Analisador de cor ACR-1023 .	115
Figura 69 - Medição com o ACR-1023, com massa	115
Figura 70 - Medição com o ACR-1023, sem massa.....	71
Figura 71 - Coleta da amostra	118
Figura 72 - Acondicionamento da amostra	118
Figura 73 - Calibração sendo realizada com a placa cerâmica branca	119
Figura 74 - Amostra a ser analisada em espectrofotômetro	119
Figura 75 - Escala de cores $L^*a^*b^*$	119
Figura 76 - Conversão da notação Munsell pelo software <i>Munsell Conversion</i>	125
Figura 77 - Cor “real” do embasamento da Casa do Vigário.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre funcionamento dos edifícios antigos e modernos.....	32
Tabela 2 - Estímulos tricromáticos do espectro.....	71
Tabela 3 - Resultados da medição com luxímetro digital realizada à tarde	110
Tabela 4 - Resultados da medição com luxímetro digital realizada pela manhã.....	110
Tabela 5 - Resultados da medição com câmara fotográfica digital realizada à tarde	110
Tabela 6 - Resultados da medição com câmara fotográfica digital realizada pela manhã.....	110
Tabela 7 - Resultados de <i>colour matching</i> com paleta de tintas, à tarde, em campo.....	112
Tabela 8 - Resultados de <i>colour matching</i> com paleta de tintas, pela manhã, em campo	112
Tabela 9 - Resultados de <i>colour matching</i> com paleta de tintas, em local fechado.....	113
Tabela 10 - Resultados de <i>colour matching</i> com <i>Munsell Book</i> , em campo.....	114
Tabela 11 - Resultados da medição com o colorímetro, à tarde, com e sem massa vedante.....	116
Tabela 12 - Resultados da medição com o colorímetro, pela manhã, com e sem massa vedante	117
Tabela 13 - Configuração padrão do MiniScan XE Plus adotada.....	117
Tabela 14 - Resultados em $L^*a^*b^*$ da medição da amostra com espectrofotômetro	120
Tabela 15 - Comparação visual entre as matizes de menor e maior valor de R (<i>red</i>) obtidas com o colorímetro	123
Tabela 16 - Quadro de comparação visual das cores	126
Tabela 17 - Comparação entre os métodos colorimétricos	129

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos.....	19
2	AS CORES NA CIDADE HISTÓRICA.....	20
2.1	A FUNÇÃO DAS CORES NA ARQUITETURA.....	20
2.2	AS CORES: DE REGIONAIS A GLOBALIZADAS.....	22
2.3	A COMPATIBILIDADE DA CAL COM A ARQUITETURA BRASILEIRA.....	24
2.3.1	As cidades da América Portuguesa e suas cores.....	24
2.3.2	Revestimentos tradicionais.....	27
2.3.2.1	Argamassas.....	27
2.3.2.2	Tintas.....	27
2.3.2.3	Revestimentos decorativos.....	27
2.3.3	Comparativo entre os sistemas construtivos tradicionais e modernos.....	31
2.3.4	Vantagens do uso da pintura a cal em obras de conservação.....	32
2.4	A COR EM SUPERFÍCIES HISTÓRICAS COMO PROBLEMA DE PROJETO.....	33
2.4.1	Os desafios da sobrevivência da pintura a cal face à industrialização.....	33
2.4.2	Discussões teóricas sobre presente e passado.....	34
2.4.3	A cor no contexto urbano.....	35
2.4.4	O patrimônio arquitetônico brasileiro.....	36
2.4.5	Por qual camada de pintura optar?.....	36
3	SISTEMAS DE COLORAÇÃO DE FACHADAS HISTÓRICAS.....	38
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TINTAS E PIGMENTOS	38
3.1.1	Componentes de uma tinta.....	38
3.1.2	Classificação geral dos pigmentos.....	40
3.1.2.1	Origem Inorgânica (mineral).....	40
3.1.2.2	Origem Orgânica.....	40

3.2	PINTURA TRADICIONAL A CAL (CAIAÇÃO)	41
3.2.1	Carbonatação e ciclo da cal.....	42
3.2.2	A pasta de cal	42
3.2.3	Os pigmentos terrosos	44
3.2.4	Os aditivos	44
3.3	MEIOS MODERNOS DE COLORAÇÃO DE FACHADAS	45
3.3.1	Tinta látex PVA.....	45
3.3.2	Tinta acrílica	46
3.3.3	Pintura à base de silicato estabilizado.....	46
3.3.4	Pintura a cal aditivada com polímeros.....	47
4	DIAGNÓSTICO DAS SUPERFÍCIES HISTÓRICAS	49
4.1	PRINCIPAIS MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DAS TINTAS	50
4.1.1	Incompatibilidade tecnológica entre tinta e suporte.....	50
4.1.2	Temperatura e raios ultravioleta.....	51
4.1.3	Umidade e poluição atmosférica.....	52
4.1.4	Erros na preparação do suporte.....	52
4.1.5	Hidratação inadequada da cal	53
4.1.6	Diluição inadequada da pintura a cal	53
4.2	O ENVELHECIMENTO DA PINTURA A CAL COMPARADO ÀS TINTAS SINTÉTICAS	53
4.3	TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÃO DE PINTURAS.....	54
4.3.1	Ensaio estratigráfico.....	54
4.3.2	Análises químicas laboratoriais.....	55
4.3.3	Coleta de amostras.....	56
5	COLORIMETRIA.....	59
5.1	TEORIA DAS CORES	59
5.1.1	A natureza física da cor	60
5.1.2	A visão humana.....	61
5.1.3	A teoria tricromática	62
5.1.4	Atributos das cores	63
5.2	SISTEMAS DE ORDENAÇÃO E CODIFICAÇÃO DAS CORES	63
5.2.1	Atlas de cores	64
5.2.2	Sistemas de aparência das cores	65
5.2.2.1	Sistema Munsell de Cores.....	65
5.2.3	Sistemas de estímulos de cores.....	68
5.2.3.1	Sistema colorimétrico CIE 1931	69

5.2.4	Espaços de cores CIELUV e CIELAB.....	71
5.2.5	Espaços de cores em Computação Gráfica	72
5.2.5.1	Escalas RGB (red, green, blue) e CMY (cyan, magenta, yellow)	72
5.2.5.2	Escalas HSL e HSV	73
5.3	FATORES QUE INTERFEREM NA CARACTERIZAÇÃO DAS CORES	74
5.3.1	O acerto da cor na indústria	74
5.3.1.1	Iluminantes padrão.....	75
5.3.1.2	Geometria óptica.....	76
5.3.1.3	Observador padrão CIE.....	76
5.3.2	Fatores psicológicos	77
5.3.3	Fachadas históricas.....	77
5.3.4	Complexidades da pintura à base de cal.....	78
5.4	MÉTODOS COLORIMÉTRICOS	78
5.4.1	Métodos visuais	79
5.4.1.1	<i>Colour matching</i>	79
5.4.2	Métodos instrumentais	81
5.4.2.1	Espectrofotometria e colorimetria.....	82
5.4.3	Métodos empíricos	83
6	MÉTODO PROPOSTO.....	87
6.1	OBSERVAÇÃO EM CAMPO	87
6.1.1	Delimitação do objeto de estudo	87
6.1.2	Levantamento fotográfico	88
6.1.3	Levantamento geométrico das fachadas	88
6.1.4	Análise do entorno	89
6.1.5	Reconhecimento do sistema de coloração	89
6.1.6	Avaliação do estado de conservação da pintura	89
6.1.7	Levantamento da tipologia cromática	89
6.1.8	Seleção de pontos.....	90
6.1.9	Escolha do método colorimétrico.....	90
6.2	MEDIÇÃO DAS CORES	91
6.2.1	Medição da luz incidente	91
6.2.1.1	Luxímetro Digital.....	92
6.2.1.2	Câmera fotográfica.....	92
6.2.2	Medição visual.....	93
6.2.2.1	Paleta de tintas	93
6.2.2.2	<i>Munsell Soil Color Charts</i>	93
6.2.3	Medição instrumental.....	95
6.2.3.1	Analizador de cor ACR-1023.....	95
6.2.3.2	Espectrofotômetro.....	96

7	APLICAÇÃO PRÁTICA	99
7.1	OBJETO DE ESTUDO: A CASA DO VIGÁRIO.....	99
7.2	RESULTADOS DA OBSERVAÇÃO EM CAMPO.....	101
7.2.1	Delimitação do objeto de estudo	101
7.2.2	Levantamento fotográfico	102
7.2.3	Levantamento geométrico	102
7.2.4	Análise do entorno	103
7.2.5	Reconhecimento do sistema de coloração	105
7.2.6	Avaliação do estado de conservação da pintura.....	105
7.2.7	Levantamento da tipologia cromática.....	106
7.2.8	Seleção de pontos	106
7.3	PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA MEDIÇÃO DAS CORES	109
7.3.1	Luxímetro Digital.....	109
7.3.2	Câmera fotográfica.....	110
7.3.3	Paleta de tintas.....	111
7.3.4	<i>Munsell Soil Color Charts</i>	113
7.3.5	Colorímetro	115
7.3.6	Espectrofotômetro	117
8	CONCLUSÕES.....	121
8.1	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS das medições.....	121
8.1.1	Luxímetro digital	121
8.1.2	Câmera fotográfica.....	121
8.1.3	Paleta de tintas.....	122
8.1.4	<i>Munsell Soil Color Charts</i>	122
8.1.5	Colorímetro	122
8.1.6	Espectrofotômetro	123
8.2	COMPARAÇÃO VISUAL DOS RESULTADOS.....	124
8.3	COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS	127
8.4	CONCLUSÕES E NOVAS PESQUISAS.....	131

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A industrialização, principalmente a partir do século XX, proporcionou uma gama maior de tintas imobiliárias, no entanto, por outro lado, contribuiu para a descaracterização das cidades históricas, criando indiretamente problemas para a ciência da conservação.

A cidade antiga possuía uma identidade cromática típica dos pigmentos terrosos provenientes de cada região. Sabe-se que as cores estão entre os parâmetros que melhor definem o espírito de uma cidade ou o seu *Genius Loci*¹, traduzindo sua cultura local e seu contexto geográfico.

Em decorrência da globalização dos pigmentos, as fachadas das cidades de Salvador e Paraty, por exemplo, estão cada vez mais parecidas com as de Veneza e de Londres.

Mesmo nos projetos de restauração cromática, é comum que arquitetos e restauradores optem pela cômoda escolha das cores e tonalidades com base nos catálogos disponibilizados pelos comerciantes de tintas sintéticas.

Desconsidera-se, porém, que, mesmo com a moderna tecnologia dos sistemas tintométricos, a aparência de uma pintura antiga não poderá ser reproduzida em outro sistema de coloração. Mesmo que eletronicamente obtenham-se as mesmas coordenadas cromáticas, o resultado final perceptível ao olho humano será de uma tinta com valores cromáticos sensivelmente diferentes.

Os problemas de entonação cromática da paisagem urbana são decorrentes das cores muito saturadas dos pigmentos sintéticos, com gamas e brilho similar às tintas automobilísticas, muito diferentes dos delicados tons terrosos da pintura tradicional a cal.

Entretanto, atualmente assiste-se a uma nova demanda por tintas minerais que possuam os mesmos valores cromáticos da pintura a cal. A ciência da conservação pesquisa se esses novos sistemas de coloração são capazes de manter o princípio de permeabilidade ao vapor de água da pintura a cal.

¹ *Genius Loci* é um conceito romano. Os romanos antigos acreditavam que existia um espírito do lugar – o *genius loci* (*genius* – espírito, *loci* – lugar), guardião para cada cidade. Cada lugar onde ocorria vida continha seu próprio *genius*, que determinava seu caráter ou essência. (NORBERG-SCHULZ 1980, p. 18)

A cor nada mais é que a sensação provocada pela interpretação da luz pelo cérebro humano. É um fenômeno subjetivo, difícil de mensurar e são muitas as variáveis que interferem na sua caracterização; entre elas, fatores psicológicos, físicos e fisiológicos.

Quando se trata de identificar a cor de uma fachada de um edifício histórico, pintada a cal, para posteriormente ser reproduzida em canteiro ou na indústria, a dificuldade agrava-se devido aos danos, às manchas e ao envelhecimento da tinta.

Tais condicionantes levam a compreender que o conteúdo colorístico de uma superfície não pode ser definido em forma unívoca, nem se pode falar em um preciso valor cromático. Além disso, não se pretende reduzir a riqueza das muitas tonalidades, típicas da pintura a cal, a uma “tinta média” que nivela e esconde o jogo de nuances das quais depende a impressão cromática do conjunto.

Isto gera uma dúvida sobre esta pesquisa, que, em primeiro instante, pode parecer se basear numa impossibilidade operativa, dada a dificuldade de apresentar um resultado único.

Qual será então a melhor maneira de caracterizar – identificar, medir e descrever – as cores de uma fachada histórica, visto que, por um lado, os sistemas modernos de leitura das cores são baseados nos parâmetros de tintas sintéticas e, por outro, a superfície pintada a cal apresenta várias nuances?

Como resposta a este problema, a pesquisa será desenvolvida levando em consideração as variáveis que caracterizam o fenômeno “cor”, com base em dados visuais e instrumentais. Serão privilegiadas as medições realizadas *in situ*, considerando as impressões subjetivas geradas pelo contexto.

Os métodos e técnicas utilizados na experimentação prática serão comparados e descritos um a um, a fim de orientar os profissionais no processo de caracterização da cor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as vantagens e desvantagens de alguns métodos existentes para a caracterização das cores de fachadas de edifícios históricos pintados a cal, a fim de orientar os pesquisadores e profissionais atuantes em projetos de restauração cromática na escolha do método colorimétrico mais adequado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Citar os métodos mais utilizados na prática entre os profissionais da área de restauração dos estados do Paraná e Santa Catarina para identificar as cores de edificações históricas.
- b) Descrever os métodos colorimétricos aplicáveis em superfícies arquitetônicas.
- c) Sugerir um roteiro de observação preliminar em campo, que antecede a medição das cores, e aplicá-lo em uma edificação histórica pintada a cal.
- d) Analisar visualmente e instrumentalmente a interferência do entorno - iluminação, vegetação, edificações vizinhas - na percepção das cores da edificação em estudo.
- e) Testar o uso de máquina digital, dotada de fotometragem manual, para medição da incidência de luz na superfície das fachadas.
- f) Testar e comparar quatro técnicas de medição das cores, em diferentes fachadas da edificação em estudo.

2 AS CORES NA CIDADE HISTÓRICA

2.1 A FUNÇÃO DAS CORES NA ARQUITETURA

“As cores da cena urbana constituem o primeiro elemento de identificação e reconhecimento da imagem da cidade” (SANTOPUOLI, 2005).

Aos olhos de um visitante, o sítio arqueológico de Pompeia, por séculos sepultado sob as cinzas do vulcão Vesúvio, exprime-se como uma cidade sem cores, onde os únicos tons são os da própria matéria, o acinzentado das pedras lávicas, o vermelho das alvenarias mistas de tijolos e o branco do calcário.

Pompeia é um exemplo que ilustra uma imagem equivocada que frequentemente se faz das cidades históricas. Ao contrário do pensamento comum, a antiga cidade romana possuía uma vasta gama de cores fortes e contrastantes, muito diferente do primeiro impacto que a cidade causa no espectador². Tal policromia, além de ser resultado de uma escolha estética, cumpria uma necessidade prática. Em países do Mediterrâneo, onde a luz é ofuscante, os volumes das edificações sofriam muita reflexão da luz solar. Para atenuar este problema, os volumes eram embasados com cores vivas e fortes, como o famoso *rosso* (vermelho) de Pompeia³.

Os revestimentos e suas cores, mais do que elementos de embelezamento das edificações e das cidades, são testemunhos materiais e culturais de um povo. Por meio dos mosaicos, afrescos, pinturas e ornamentos, a arqueologia e a ciência da conservação foram capazes de reconstruir a cena urbana e o modo de vida, no caso de Pompeia, em praticamente todas as suas facetas.

Em todas as cidades históricas do mundo, cada aspecto cromático corresponde a diferentes períodos arquitetônicos, cuja evolução acompanhou a mudança dos gostos e dos usos, não somente na arquitetura, mas também no vestuário e no design em geral.

Em alguns casos históricos é bastante evidente que com a periódica repintura dos edifícios pretendia-se, também, renová-los conforme a moda do momento.

² Com base nesta convicção errônea sobre as cidades históricas é que se fazem muitas escolhas operativas de limpeza da pátina cromática autêntica que deveria ser conservada e estudada.

³ O *rosso* de Pompeia está entre os pigmentos mais famosos do mundo. Tem sua origem na região de Pozzuoli, por isso também conhecido como vermelho de Pozzuoli.

Enquanto na Milão de Napoleão, por exemplo, as fachadas dos edifícios eram pintadas com tintas de fundo em tom ocre muito claro - o branco *Piermarini* - e detalhes em sobretom mais escuro, imitando a pedra calcária, os figurinos da época assumiam a mesma coloração, conforme ilustrado pela Figura 1. Já na Milão da segunda metade do século XIX, observa-se a mudança do cromatismo exemplificado no vestuário e na arquitetura pela Vila Real de Milão que adotaram o fundo em um ocre escuro, o *giallo di Milano*, contrastando com os detalhes mais claros (Figuras 2 e 3) (GASPAROLI, 2002).



Figura 1 - Figurino de 1805, típico da Milão napoleônica.
Fonte: Gasparoli, 2002



Figura 2 - Figurino de Milão do final do século XVIII.
Fonte: Gasparoli, 2002



Figura 3 - Vila Real de Milão.
Fonte: Gasparoli, 2002

Houve tempos em que os pigmentos eram, ainda, utilizados como símbolo de *status* e prestígio cultural e também como instrumentos de poder para caracterizar estados totalitários como o amarelo-ouro do Império dos Habsburgos, o amarelo-terra (*colore-leone, colore-matoni*) de Mussolini e o branco-cal de Salazar (AGUIAR, 2003).

Nas fachadas, as pinturas sempre foram utilizadas para delimitar propriedades, para criar espaços e imagens ilusórias, para evidenciar a volumetria e elementos decorativos, além de proteger os rebocos contra os agentes externos.

É conformidade dizer, portanto, que as cores na história da arquitetura sempre tiveram papel determinante na identificação da cena urbana, sendo indispensáveis na caracterização dos estilos e na humanização de espaços.

Duas outras funções das cores na cidade histórica, que interferem uma na outra, são consideradas imprescindíveis para o desenvolvimento

da dissertação: as cores na conformação da paisagem urbana local e a tecnologia empregada na sua caracterização como instrumentos da ciência da conservação na intervenção e no redesenho da cidade.

2.2 AS CORES: DE REGIONAIS A GLOBALIZADAS

A destreza de uma sociedade, como a dos antigos romanos citada anteriormente, em conceber acabamentos prestigiosos a partir da utilização de pigmentos e pedras nobres (mármore e alabastros) não era possível apenas pelo seu nível de evolução tecnológica, mas também pela disponibilidade natural geológica da região.

As cores e os revestimentos eram elementos fortemente regionais. Cada cidade tinha sua própria coloração que dependia, além dos minerais presentes no seu solo, de outros fatores como a disponibilidade de mão de obra, a tecnologia e o nível econômico da sociedade, que possibilitava a importação de acabamentos construtivos.

Conforme exemplifica Ribeiro (2005), regiões com diferentes formas arquitetônicas, como o extenso norte da África, que são, porém, pobres em relação à disponibilidade de material pétreo, apresentam uma arquitetura de cores e texturas similares. Já na arquitetura produzida pelo Renascimento Italiano no século XV, com formas arquitetônicas similares e um espaço físico limitado, a diversidade cromática no tratamento das suas superfícies era possível pela riqueza do solo da região que dispunha de pigmentos naturais, mármore verde da região de Florença e calcários vermelhos de Verona.

A cada cultura arquitetônica correspondia, portanto, uma cultura cromática resultante das várias composições dos minerais presentes em seus solos. Destas diferenças surgiu o termo *sfumatura*, caracterizado pelos italianos como uma variação sutil de tom, que se torna peculiar a cada lugar.

As cores, que até então eram instrumentos específicos e regionais, passaram, a partir da industrialização, a apresentar uma infinidade de possibilidades cromáticas, gerando uma progressiva perda da identidade visual das cidades. No lugar da delicadeza dos tons terrosos das tintas a cal, os centros históricos passaram a incorporar tons carregados e saturados, típicos dos pigmentos sintéticos, que transferem para as superfícies os valores cromáticos dos materiais industriais.

[...] as artes ditas da cal, asseguravam algo de maravilhoso: as águas das chuvas, o vento e o sol, a própria transparência das tintas revelavam pouco a pouco os tons anteriormente aplicados, o que além de proporcionar uma belíssima pátina – feitas de expostas sobreposições – assegurava uma quase que natural integração da evolução cromática individual no contexto envolvente, com subtis variações tonais de aguarela, numa riqueza cromática que nenhuma tinta actual consegue atingir ou simular. Uma sempre exposta e magnífica arqueologia da cor. (AGUIAR, 2003, p. 3)

Esta mudança se deu a partir do século XX, com o surgimento das máquinas dosadoras, chamadas de tintômetros, por meio das quais é possível obter milhares de cores, homogêneas e constantes. Na arquitetura, este momento coincidiu com o ecletismo de estilos e com a popularização das artes decorativas, propiciando aos usuários o que Aguiar (2003, p. 3) bem coloca como uma “democracia consumista da cor”.

O entusiasmo com a profusão da indústria contribuía para o desprezo da tradicional pintura a cal, que caía em desuso, conforme comenta o francês Fleury (1903, p. 10) no Novo Tratado Usual da Pintura de Edifícios, publicado no Rio de Janeiro no início do período eclético: “É todavia uma pintura grosseira e desagradável que só dá tons rudimentares e monotonos, porque encerra um princípio caustico que destrue muitas côres e admite apenas as pinturas mais restrictas” .

O sistema de pintura mais empregado até então foi paulatinamente sendo substituído pelas tintas à base de acetato de polivinila (PVA) e mais tarde pelas emulsões acrílicas, principalmente pela facilidade de aplicação e possibilidade da reprodução de cores que proporcionam.

Apesar de algumas fábricas brasileiras iniciarem suas produções por volta de 1900, na prática, o mercado nacional de tintas imobiliárias começa a conquistar volumes de produção a partir das décadas 50-60. Ainda em 1950, era comum que os pintores elaborassem artesanalmente suas próprias misturas.

2.3 A COMPATIBILIDADE DA CAL COM A ARQUITETURA BRASILEIRA

2.3.1 As cidades da América Portuguesa e suas cores

A arquitetura nas cidades da América Portuguesa, entre o século XVI e o XIX, desenvolveu-se de maneira lenta no que se refere à evolução da planta da casa, à disposição desta no terreno, aos materiais construtivos e, em consequência, à paleta de cores. A maior diversidade na ornamentação das fachadas, a mudança na disposição dos cômodos e a liberdade em relação à ocupação urbana ocorreram somente a partir da Revolução Industrial.

Até então, as cidades eram caracterizadas pela uniformidade das construções e pela homogeneidade de estilos. A forma original era a casa térrea, casa pequena, de uma porta e até cinco janelas, construídas em fila, no alinhamento da rua, ocupando toda a testada do lote. Da sua volumetria simples derivavam todos os outros edifícios, inclusive as igrejas.

A arquitetura colonial brasileira, nos seus aspectos construtivos, foi resultado de dois fatores dominantes da época: em primeiro lugar, o desenvolvimento restrito da sociedade em geral, suas dificuldades técnicas e, principalmente, a inexistência de uma indústria, e em segundo, nas palavras de Ribeiro (2005, p. 3), a “‘pobreza’ material no campo construtivo que o litoral brasileiro apresentava, ao menos ‘pobreza’ no material geológico disponível à época”.

Em grande parte da costa brasileira, a pedra bruta para construção era abundante. Todavia, quando este material era de natureza gnáissica, tornava-se difícil de ser extraído e trabalhado artisticamente. Era utilizada, então, em construções importantes e com parcimônia em elementos decorativos, como cunhais, vergas e, de forma irrestrita, enquanto alvenarias.

O material de referência era a pedra de Lioz⁴ portuguesa, empregada em obras especiais. Oliveira (2004) confirma que este material é, sem dúvida, um calcário compacto, que se deixava trabalhar bem. Destaca, entretanto, materiais locais, como os arenitos e calcários do Nordeste, capazes de suprir, perfeitamente, as necessidades construtivas da época. Um exemplo é a obra-prima que é a fachada da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco, em Salvador. A pedra-sabão

⁴ A pedra de Lioz é um calcário muito branco e fácil de ser trabalhado enquanto cantaria. Tem sua origem nos arredores de Lisboa.

de Minas Gerais também é uma pedra sedimentar, de fácil manipulação, que se presta aos trabalhos artísticos de cantaria.

Como alternativa à pedra, nas construções mais comuns, adotou-se a técnica da taipa de pilão e do pau-a-pique, que procurava imitar, na volumetria das casas, a mesma feição sugerida pela alvenaria de pedra, tal qual o gosto português. Quando recobertas por argamassas, não eram visíveis. Portanto, a maior parte das arquiteturas civil, militar e religiosa brasileiras era revestida por argamassas de argila, puras ou mistas e pintadas a cal.

“É sabido que os portugueses, na América, só extraíam a cal de mananciais conchíferos, como recifes de corais e sambaquis, tarefa muito mais fácil do que a extração a partir de uma jazida de calcário” (RIBEIRO, 2005, p. 2). O primeiro registro que se tem de uma mineração no Brasil coincidiu com o momento da fundação da Cidade do Salvador.

Em 1549, o fidalgo português Thomé de Souza chegou à costa brasileira e seguindo a tradição ibérica, escolheu um terreno alto, na proximidade da praia, para levantar a nova cidade. Depois, ordenou que, com os depósitos de calcário conchíferos que revestem o fundo da Baía de Todos os Santos, fosse fabricada a cal virgem, utilizada na argamassa de construção e na caiação do casario da nova cidade (GUIMARÃES, 2002). A cal era calcinada na Ilha de Itaparica em fornos chamados de meda, onde era feita a queima das carapaças marinhas⁵ misturadas com lenha.

A facilidade de obtenção do calcário marinho era tamanha e em tanta quantidade que a Bahia chegou a exportá-lo para a fabricação da cal. É sabido, também, por registros de engenheiros militares, que ainda no final do século XIX a cal era originada do calcário de fontes orgânicas, como os sambaquis⁶, presentes em todo o litoral brasileiro.

As cidades coloniais brasileiras fundadas no litoral se caracterizavam, então, por construções de alvenaria de pedra e cal que

⁵ Os animais marinhos dos quais se fazia a cal no estado da Bahia eram bivalves (dos gêneros *Cassostrea rhyzophorae* ou *Lucina pectinata*), corais conhecidos como “cabeça de carneiro” (dos gêneros *Mussimilia* e *Meandrina braziliensis*) ou rodolitos (OLIVEIRA, 2004, p. 150).

⁶ Sambaquis, na tradução literal “monte de conchas”, é o nome dado para sítios pré-históricos formados principalmente no litoral sul pela acumulação de conchas e moluscos, ossos humanos e de animais.

receberam revestimentos e caiações com emprego da cal fabricada a partir de conchas⁷.

Nas vilas do interior, por sua vez, a cal era rara e o transporte, dispendioso, feito em lombo de burro. As técnicas predominantes eram variantes da arquitetura de terra sem qualquer tratamento final do tipo caiação (RIBEIRO, 2005).

Não era à toa, então, que as cidades coloniais litorâneas fossem predominantemente brancas. A caiação nos panos das fachadas das casas, com os poucos adornos coloridos das ombreiras das janelas e portas, constituiu a cena urbana de uma típica cidade brasileira do período colonial, como é possível visualizar na edificação da Figura 4.

Os pigmentos nacionais eram quase inexistentes. Os poucos tons terrosos eram provenientes da pigmentação natural das argamassas à base de argila, do pigmento escarlate extraído de cochililhas (cor-de-rosa) e do pigmento mineral branco (tabatinga). Empregavam-se, também, pigmentos provenientes de terras finas de coloração amarelo-ocre, encontrados ainda hoje em exemplos da arquitetura colonial. Mais tarde e em casos muito raros, fazia-se uso de pigmentos orgânicos coloridos e importados. O resultado era uma arquitetura praticamente monocromática.

Somente em meados de 1870, com a introdução de exemplares da arquitetura neoclássica, eclética e *art nouveau*, o aspecto cromático das fachadas foi fortemente alterado. As áreas do reboco passaram a ter relevos de motivos geométricos que exigiam a coloração adequada, sendo as partes salientes pintadas com tons claros e as partes do fundo, num tom médio. A pintura da parede servia, então, como fundo para a ornamentação da fachada, de sacadas, portas e janelas.

O sobrado, ilustrado na Figura 5, surgiu no século XIX como evolução da casa térrea e representa a tipologia arquitetônica típica do ecletismo. A profusão da ornamentação era agora possibilitada pela importação do vidro e do ferro e também de tijolos.⁸

⁷ Broos (2002, p. 96) cita, porém, que o pouco testemunho que resta dos revestimentos desta época deve-se ao fosfato de cálcio presente na cal de origem marinha. Por não terem sido expulsos no processo de queima, só possível em fornos modernos de alta temperatura, o fosfato de cálcio dissolve-se facilmente em ligação em água, destruindo assim a argamassa.

⁸ A simetria e centralização dos sobrados, quando não era possível ser obtida pela disposição interna era conseguida pela ornamentação: no meio da cimalha, chapas em forma de escudos com símbolos da família ou a indicação do ano da construção e, nas grades de ferro dos balcões, o ornamento com o símbolo da profissão do proprietário (BROOS, 2002, p. 96).



Figura 4 - Exemplo da arquitetura colonial brasileira. Tiradentes, MG.
Fonte: Arquivo Pessoal, 2000



Figura 5 - Típico sobrado do início do século XIX. Florianópolis, SC.
Fonte: Arquivo Pessoal, 2007

A maior diversidade cromática foi possibilitada pela produção na Europa de pigmentos inorgânicos artificiais de melhor estabilidade ao pH alcalino da cal - verdes, azuis e castanhos - e de pigmentos orgânicos. Estes últimos, porém, eram mais afetados pela exposição solar e pelos agentes atmosféricos e não eram compatíveis com a cal.

Desta maneira, até a virada do século XIX, a maior parte do veículo das tintas externas empregadas ainda era à base de cal.

2.3.2 Revestimentos tradicionais

Segundo Ribeiro (2003), o conhecimento dos sistemas construtivos tradicionais brasileiros do século XVI ao início do século XIX é importante para a compreensão do comportamento das superfícies históricas diante da presença da água e de outros agentes de degradação e, consequentemente, frente à justificativa da preferência da pintura a cal nos projetos de restauração cromática.

Desde 1964, a carta patrimonial de Veneza revela no seu art. 10 a primazia das técnicas tradicionais sobre as técnicas modernas, sendo que o prestígio da pintura a cal deve-se à sua absoluta compatibilidade com os substratos tradicionais.

2.3.2.1 Argamassas

As argamassas são camadas de proteção e regularização constituídas, originalmente, por cal, areia e solo, na maioria dos casos⁹, eventualmente com adições de aditivos orgânicos. Somente a partir do século XIX passaram a ser empregadas argamassas hidráulicas, que “fazem pega” ou também endurecem mesmo em contato com a água. Esta característica é possível pela adição à cal, de pó de tijolo ou *pozzolana*¹⁰.

As argamassas podiam ainda ser mistas, de barro e cal¹¹. Nelas eram misturados aditivos orgânicos como esterco, crinas ou pelos, fibras vegetais, óleo de baleia, etc., conforme a propriedade que se desejava melhorar.

2.3.2.2 Tintas

Segundo Uemoto (1993), o meio mais usual para coloração externa dos edifícios brasileiros era a caiação, preferida à pintura à base de óleo de linhaça por seu baixo custo, sua facilidade de obtenção e sua resistência à água.

As pinturas à óleo são todas aquelas diluídas em óleo de linhaça, de cravo, óleo gordo ou essência de terebintina. O óleo de linhaça, o mais utilizado no Brasil a partir do século XX, é obtido pela compressão da semente de linho, seca e torrada. A terebintina, por sua vez, é uma goma resinosa originada de um pinheiro com vasta aplicabilidade nas pinturas.

Segundo Guimarães (2002), as pinturas a óleo de linhaça puro, embora tivessem secagem mais lenta do que as baseadas em verniz, eram de menor custo e de fácil aplicação. Eram aplicáveis no externo e no interno, sobre alvenaria e estuque, madeira e ferro.

Como acabamento sobre a madeira, existia a encáustica - pintura à base de cera -, antecedente dos vernizes.

A pintura preferida para uso interno era a têmpera à base de cola, mais resistente que a aquarela, chamada também de pintura a água, com goma arábica que era considerada muito rústica.

¹⁰ *Pozzolana* é originalmente um termo italiano empregado para as cinzas de vulcão da região Pozzuoli, próximo à atual cidade de Nápoles. Não se sabe se foi empregado pelo autor para definir esta mesma pozolana de origem natural ou outros materiais com propriedades hidráulicas, as pozolanas artificiais.

¹¹ Argamassas mistas são aquelas cuja composição possui mais de um aglomerante.

Fleury (1903), no seu livro editado no início do século passado no Rio de Janeiro, cita além destas o afresco e a pintura ao silicato como sistemas de coloração da época, porém, cabe uma pesquisa para identificar se foram técnicas de pintura utilizadas tradicionalmente no Brasil, visto que pouco ou nenhum registro se tem sobre elas neste período.

A pintura tradicional em silicato, segundo Fleury (1903, p. 10), nada mais é do que “uma aguada que tem por base o silicato de potássio. Esta substância é composta simplesmente de vidro solúvel no estado líquido”. A pintura à base de silicato foi testada, primeiramente, com os silicatos de sódio, no século XIX, e foi padronizada com o nome de pintura mineral pelo alemão Adolf Keim em 1880, depois do que se difundiu por toda a Europa.

A pintura em afresco é uma pintura decorativa muito empregada pelos antigos romanos e pelos artistas do Renascimento italiano. Nesta técnica os pigmentos inorgânicos, resistentes à alcalinidade da cal, são aplicados sobre o reboco ainda fresco penetrando na argamassa durante o processo de carbonatação, motivo principal de sua durabilidade.

2.3.2.3 Revestimentos decorativos

Eram técnicas específicas executadas segundo o refinamento da edificação.

O estuque ornamental de fachadas é a técnica decorativa mais difundida a partir do século XIX e que, portanto, caracterizou a edificação eclética. Foi possibilitada pela importação do óleo de linhaça e de moldes franceses e utilizava materiais distintos, como o pó de mármore, a cal, o gesso, areia bem fina, pigmentos naturais e o cimento Portland, a partir do século XIX (MASCARENHAS e FRANQUEIRA).

Na decoração interna dos edifícios, eram muito empregados os fingidos¹² que imitavam mármore e madeiras e o estuque decorativo dos forros, técnicas trazidas ao Brasil pelos portugueses. Uma derivação do estuque veneziano é a técnica da escaiola (ou escariola). Eram argamassas à base de pasta de cal, cimento branco, pigmentos minerais e talco em pó, que requeriam habilidade do artífice para ser executadas (Figura 6).

¹² “Fingido” é um termo português para designar revestimentos que imitam pedras nobres como o mármore e madeiras.



Figura 6 - Revestimentos tradicionais que imitam pedras nobres. Fonte: Rome Art Lover, 2010.

Técnica que possui vestígios em todo o Brasil, principalmente do período *Art Déco*, são os rebocos coloridos empregados em superfícies externas. Em geral eram rebocos cimentícios, cuja coloração era dada pela adição do pó-de-pedra embora, em muitos casos, tenha sido também usado pigmentos.

Anterior aos rebocos cimentícios, são os rebocos coloridos à base de cal, cujos pigmentos de origem mineral, adicionados à argamassa, formavam um composto único durante o processo de endurecimento, resultando em cores mais saturadas a respeito daquelas obtidas com a pintura a cal (Figura7).

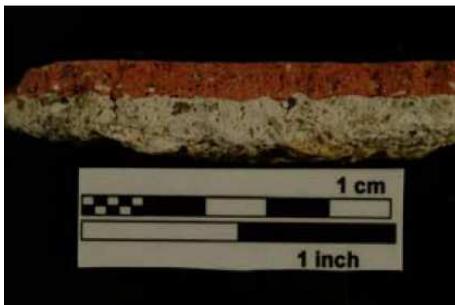


Figura 7 - Macrofotografia de um reboco colorido de Laguna, SC. Fonte: Kanan (20--)

2.3.3 Comparativo entre os sistemas construtivos tradicionais e modernos

Apesar das diferentes técnicas adotadas na construção das paredes dos edifícios, segundo a região onde foram erigidas – torrão de adobe, pau-a-pique, taipa de pilão, alvenaria de pedras e tijolos -, pode-se dizer que desde o período colonial até o surgimento do concreto armado, elas tinham funcionamento semelhante:

(...) acumulavam a função resistente com a função de proteção contra os agentes climáticos e as acções externas em geral; os materiais usados na constituição das paredes eram mais porosos e deformáveis que os usados actualmente e a capacidade de resistência e de proteção era assegurada essencialmente através da espessura (VEIGA e TAVARES, 2002, p. 2).

A respeito do comportamento face à umidade e às águas da chuva, muito diferem das paredes dos edifícios modernos. Hoje, as paredes são concebidas de forma a manter a água afastada, impedindo sua penetração para o interior, razão pela qual se executam barreiras anticapilares junto às fundações e se requer revestimentos impermeáveis.

Pelo contrário, as paredes de antigamente, espessas, erguidas sobre fundações rasas, sem barreiras de proteção contra a umidade e com revestimentos porosos, admitiam a entrada da água para o interior da alvenaria, sem permitir que ali permanecesse por muito tempo. A construção funcionava como um sistema que rapidamente expulsava o vapor de água para fora.

Por conta disso, os revestimentos externos tinham, também, características comuns entre eles. Normalmente as camadas internas eram compostas de agregado de granulometria mais grossa que as externas e a porosidade ia diminuindo em direção ao exterior.

De maneira simplificada, a ascensão da água dava-se por capilaridade pelas fundações rasas que não possuíam impermeabilização¹³ e a expulsão dela por evaporação era possibilitada pelos revestimentos porosos (rebocos e tintas à base de argila e cal) que

¹³ Já nas estruturas de madeira, a extremidade inferior dos esteios que penetravam no solo, de madeira bruta, não aparelhada - os nabos - eram carbonizadas como medida de impermeabilização (MASCARELLO, 1982).

permitiam a parede “respirar”. Ao contrário, as tintas sintéticas ao secarem geram um filme que impermeabiliza as paredes, impedindo sua transpiração.¹⁴

Segue na Tabela 1 um quadro comparativo entre os sistemas tradicionais e os sistemas modernos de construção. Nota-se que os sistemas tradicionais permitiam a passagem (absorção e evaporação) da água através das paredes.

Conclui-se que as intervenções de conservação e reabilitação a ser realizadas sobre edifícios antigos devem respeitar os modelos de funcionamento originais, sob pena de provocar patologia mais grave que a que se pretende reparar (VEIGA, 2002).

Para isso, é essencial manter os materiais e soluções originais, ou, quando necessário, substituí-los por outros compatíveis, se possível, com as características semelhantes às dos materiais e soluções pré-existentes.

Tabela 1 - Comparação entre funcionamento dos edifícios antigos e modernos.

Elementos	Edifícios Históricos	Edifícios Modernos
Fundações	Rasas, sem impermeabilização	Rasas e profundas, com impermeabilização
Paredes	Espessas (de 0,40m a 1,50m)	Delgadas
Vãos	Não permite grandes vãos	Permite grandes vãos
Revestimentos	Argamassas porosas e deformáveis (argila e cal)	Argamassas rígidas (cimento e polímeros)
Pintura	De base mineral (cal)	De base sintética

Fonte: baseado em Veiga, 2002.

2.3.4 Vantagens do uso da pintura a cal em obras de conservação

Do ponto de vista da ciência da conservação, a pintura a cal apresenta inúmeras vantagens, entre elas a sua alta permeabilidade ao vapor de água, devida à presença de mini cristais que aumentam a área superficial, contribuindo para secar as superfícies. Seu balanço higroscópico entre o interior e o exterior gera maior conforto dos ambientes internos e dificulta o surgimento de mofo (KANAN, 1996).

¹⁴ Os revestimentos devem ser impermeáveis à água e permeáveis ao vapor de água. As tintas impermeáveis impedem este processo.

Além da compatibilidade física e química entre novo e antigo, a compatibilidade estética com os centros históricos é uma característica particularmente importante das pinturas a cal. Elas fornecem um acabamento aveludado e transparente, resultado da sobreposição de várias camadas muito finas de carbonato e silicato de cálcio, que pela ótima capacidade de adesão da cal consolidam o reboco criando uma textura compatível com as edificações históricas.

Devido à alta plasticidade e resistência mecânica compatível com as alvenarias tradicionais, os materiais à base de cal - rebocos e pinturas -, quando submetidos aos movimentos aos quais as edificações estão sujeitas, acomodam-se mais facilmente (KANAN,2008).

Vale a pena descrever fisicamente o fenômeno chamado por Ratazzi (2007) de *autosigillatura*¹⁵ da superfície. Quando submetidos a vibrações e movimentos as argamassas de cal, e com elas as pinturas, desenvolvem muitas micro-fissuras. Já os materiais de natureza hidráulica, como o cimento, a tendência é desenvolverem poucas fissuras, no entanto, mais largas. A água, ao entrar nas finas fissuras das superfícies a cal, dissolve as partículas de hidróxido de cal ainda presentes. A água evapora, precipita o hidróxido, que se deposita novamente. Em seguida, a superfície se carbonata, ou seja, transforma-se em carbonato de cálcio, endurecendo, fechando as fissuras e selando o substrato.

A durabilidade e longevidade das pinturas a cal, do ponto de vista da ciência da conservação, é característica importante, pois envelhecem harmoniosamente, não alterando fisicamente o monumento. Tal característica possibilita a manutenção periódica que, além de consolidar a superfície, funciona como filtro químico para as ações poluentes da atmosfera.

2.4 A COR EM SUPERFÍCIES HISTÓRICAS COMO PROBLEMA DE PROJETO

2.4.1 Os desafios da sobrevivência da pintura a cal face à industrialização

Mesmo com tantas vantagens do uso da pintura a cal em edificações históricas, não é tarefa fácil garantir sua idoneidade em ações de conservação do patrimônio arquitetônico das grandes cidades.

¹⁵ *Sigillare* em italiano significa selar, lacrar. Refere-se à capacidade dos revestimentos a cal de se autotransformarem ou autocorrigirem, fechando suas fissuras.

A reprodução artesanal baseada em receitas antigas não leva em consideração que com o passar dos anos as condições ambientais e de aplicação mudaram radicalmente. O principal problema é que a pintura a cal tradicional, sem aditivos, apresenta limitada durabilidade face ao poluído ambiente urbano.

Fato que ainda agrava sua sobrevivência é a ação de repintura sobre substratos já comprometidos por intervenções com tintas poliméricas. Na prática sabe-se que tintas de base mineral não aderem sobre rebocos pintados com tinta sintética, portanto, esta última deve ser removida. Entretanto, segundo Ratazzi (2007), seria impossível retirar uma pintura moderna sem extrair junto com ela boa parte do testemunho de acabamentos precedentes, além do que, um trabalho de remoção destas tintas seria oneroso em escala urbana.

No mais, perdeu-se o conhecimento ou o “saber fazer” dos antigos mestres de ofício aptos a manusear a cal corretamente e a compor suas cores.

2.4.2 Discussões teóricas sobre presente e passado

A problemática ligada às intervenções de pintura e repintura em fachadas de edifícios históricos é objeto de contínuas reflexão e pesquisa pelos profissionais da área, seja tanto em suas questões teóricas quanto tecnológicas.

A importância da preservação dos testemunhos materiais de um edifício histórico, que sobrevive aos séculos chegando até a atualidade por meio de uma camada de pintura, é indiscutível para os profissionais do setor. Por outro lado, deveria ser evidente que, cada vez que se executa uma intervenção de conservação, de pintura e repintura, se executa uma ação nova, uma ação no tempo presente.

A teoria do restauro levou tempo para perceber claramente uma noção de ruptura entre o passado e presente. Foi somente no final do século XIX que se percebeu que o momento de intervenção em uma obra é diferente do momento da sua criação e que, portanto, a forma de atuar deve evidenciar esta diferença, respeitando as várias fases pelas quais o monumento já passou.

Apesar desta compreensão, desde que as cores passaram a ser tratadas como questões de relevância na salvaguarda do patrimônio histórico, vem se observando erros frequentes em projetos. Ações que tendem a substituir arquiteturas do passado ou em deterioração por cópias modernizadas e falsificadas são bastante comuns.

Esse “rejuvenescimento” forçado de nossos bens culturais faz parte na verdade, de um fenômeno mais amplo, que se acentuou em tempos recentes: a busca de juventude a qualquer preço, que também, acaba por repercutir no trato dos monumentos históricos, que passam a ter a obrigação de parecer novos (KÜHL, 2004, p. 321).

O projetista deve ter em mente, portanto, que preservar não é retroceder no tempo, voltando ao que era antes. O conceito de restauração tem sido associado erroneamente ao de repriminção¹⁶. O tratamento das cores em superfícies históricas deve ser encarado dentro de um processo histórico-crítico e não apenas como simples critério de gosto ou moda.

2.4.3 A cor no contexto urbano

A ciência da conservação demonstra que é possível desvendar os esquemas cromáticos que correspondem ao padrão de coloração de edifícios de mesma época histórica e linguagens arquitetônicas. Tal levantamento, porém, torna-se mais complexo e, ao mesmo tempo, de maior importância quando envolve a requalificação cromática e, em consequência, da paisagem urbana.

A escolha pela retomada das cores originais dos edifícios nem sempre leva em consideração que eles podem nunca ter convivido numa mesma época. No mais, a configuração da área envoltória pode ter se alterado ao longo do tempo de tal forma que a utilização dessas cores seja prejudicial para a apreciação do conjunto.

Ao abordar uma situação como esta, além de avaliar o contexto em que foram construídos, o projetista deve ter em mente que os edifícios a serem analisados muito frequentemente estarão dispostos entre edificações de alto porte construídas no decorrer do tempo. A nova proposta deve ser feita com base neste novo contexto, considerando os efeitos perceptivos que a edificação gera em seu ambiente, bem como as cores das construções mais próximas.

Segundo Biazin (2004), uma abordagem histórica que opta pelo retorno às cores originais pode ser bastante apropriada para um monumento arquitetônico isolado, porém, quando o tema é a requalificação da cena urbana, uma abordagem cultural que leva em consideração todas as fases cromáticas da cidade, é mais apropriada.

¹⁶ Por repriminção entende-se a intervenção na obra por meio de manutenções e integrações a fim de retomar formas e técnicas do passado.

Os métodos para levantamento das tipologias cromáticas que são elaborados com base nos conceitos de policromia urbana abordam três conceitos fundamentais: o conteúdo (paleta das cores), a estruturação (distribuição das cores nas fachadas e no contexto) e a dinâmica (mudanças da estrutura e conteúdo cromático dentro do espaço e tempo) (NAOUMOVA, 2009).

A tratativa das cores em superfícies históricas, portanto, deve ser interpretada dentro do contexto evolutivo da paisagem urbana. É um problema urbanístico não menos importante que outras questões ambientais, no qual as visões culturais, antropológicas e sociais devem ser abordadas.

2.4.4 O patrimônio arquitetônico brasileiro

Quando o assunto é o patrimônio arquitetônico brasileiro, o tema das cores não deve estar focado em um único edifício isolado. Na grande parte das cidades históricas, o maior testemunho arquitetônico se concentra nos conjuntos urbanos formados pela massa de edificações, denominada por autores italianos de *edilizia minore*¹⁷. Tal termo é empregado para designar o conjunto de edificações, de características similares, que constituem a cena urbana das cidades. Quando analisadas singularmente, separadas do seu contexto, estas edificações não constituem monumentos de alto valor artístico (GASPAROLI, 2002).

As intervenções na *edilizia minore* requerem conceitos e técnicas específicos, pois permitem menor grau de liberdade nas inovações e na escolha das cores, que devem estar em conformidade com o entorno. Tais intervenções, se criteriosas, não arriscam romper a ligação da edificação com seu relativo contexto, fazendo com que pareça estranha ao seu ambiente.

2.4.5 Por qual camada de pintura optar?

Qualquer nova pintura aplicada numa fachada histórica, mesmo que consista numa tentativa de repor uma cor da histórica do edifício, será sempre uma intervenção contemporânea, decidida pela autoconsciência de si mesma e pelas formas de interpretação da história que marcam cada época (AGUIAR, 1999, p. 548).

¹⁷ *Edilizia minore*, em tradução do italiano quer dizer “edificações menores”.

Segundo Fonseca e Naoumova (2009), existem pelo menos cinco maneiras principais de tratar um projeto de restauro cromático. São elas: a reconstituição da cor original, a manutenção da cor existente, a adaptação da coloração à cor dominante do contexto histórico, a reconstrução da cor de uma outra camada sobreposta e a adaptação da cor à predominância estética ou ao período histórico mais significativo do edifício.

Qualquer que seja a ação escolhida, ela deve se fundamentar-se nas teorias da restauração que englobam a edificação e o ambiente no qual está inserida e no diagnóstico de técnicas e materiais utilizados no momento da sua construção. Estudos estratigráficos e laboratoriais são imprescindíveis para se compreender as várias fases cromáticas pelas quais passou o edifício.

Nem sempre o cômodo retorno às supostas cores originais é a escolha operativa correta de um projeto de restauração cromática, pois é possível que a primeira fase construtiva de uma edificação não seja a mais importante historicamente, porém, é a ação mais frequente entre os profissionais da área.

Nesse caso, deve-se lembrar que as pinturas tradicionais eram compostas por pigmentos naturais, que com a ação das águas das chuvas desgastavam-se rapidamente. A nova tinta, por possuir tons mais saturados que os originais, se não selecionada com cuidado, pode-se sobrepor acima das formas, causando danos figurativos de maior gravidade à obra ou ao conjunto.

Se a escolha de projeto for a manutenção do revestimento original, deve-se tomar cuidado para que o procedimento de limpeza não venha a igualar os materiais, com a pretensa ideia de restabelecer seu estado original. Diferentes materiais se alteram de maneiras distintas e revelam seu estado atual e o tempo passado pela obra.

São raras as situações em que é possível a reinvenção da cor de um monumento. Caso não esteja em consonância com o entorno, a reinterpretação da sua coloração poderá ser feita somente com base em sólidos conhecimentos da história da arquitetura. A renovação periódica das cores das fachadas sem a devida orientação técnica na escolha das tintas e na definição das cores de cada elemento - ornamentos, fundo, esquadrias - é, porém, uma cena comum nas cidades brasileiras, o que demonstra a falta da cultura da cor.

Sabe-se que os revestimentos são órgãos de choque, que sofrem os maiores impactos do ambiente urbano. Esquece-se, porém, que todas estas marcas da passagem do tempo não podem ser ignoradas, simplesmente eliminando seus traços.

3 SISTEMAS DE COLORAÇÃO DE FACHADAS HISTÓRICAS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TINTAS E PIGMENTOS

Quando se fala em pinturas murais, pensa-se, antes de tudo, na ação que consiste em cobrir de cor uma superfície arquitetônica, nesse caso, uma parede ou “muro”, caracterizando-a cromaticamente e conferindo à edificação a imagem desejada. Isto pressupõe a escolha de uma tinta que, mais do que a função cromática, deve ter a importante e muitas vezes ignorada função de proteger o reboco dos agentes do meio externo.

Sobre as superfícies históricas e porosas as pinturas devem oferecer uma adequada impermeabilidade às águas da chuva. Estas transportam os agentes químicos decorrentes da poluição, que podem danificar profundamente as ligações químicas da película de pintura, estendendo os danos aos materiais adjacentes, como rebocos e alvenaria. Em outras palavras, a tinta apropriada para a conservação de fachadas históricas deve ser permeável a ponto de permitir a evaporação da água, que ascendeu por capilaridade pelo interior da parede, e, ao mesmo tempo, ser impermeável à água da chuva.

Nas últimas décadas, aproximadamente a partir dos anos 80, vivencia-se uma tendência mundial de revalorização da estética – cores e texturas – do passado, associada à busca por técnicas artesanais e naturais. As tintas a cal dentro deste contexto ganham um novo olhar.

A partir de então se inicia a produção de pinturas transpirantes, que não emitem gases tóxicos¹⁸ e contêm tonalidades menos agressivas aos centros históricos, e, ao mesmo tempo, têm a capacidade de aderir a substratos comprometidos por intervenções precedentes.

3.1.1 Componentes de uma tinta

As tintas são constituídas por aglutinante, diluente, veículo, corantes, aditivos e ainda, nas pinturas modernas, pelas cargas. Para melhor entendimento, diz-se que uma tinta compõe-se sempre de duas partes:

¹⁸ Desde 2008, a ABRAFATI – Associação Brasileira de Fabricantes de Tinta impõe um limite máximo para a emissão de VOC (compostos orgânicos voláteis) aos associados, em função da preocupação ambiental e da saúde dos usuários (ABRAFATI, 2008).

...uma sólida, em pó, constituindo propriamente a tinta ou a côr; a outra, líquida, servindo de seu dissolvente ou simplesmente diluidor, como a água, a cola, os óleos, os vernizes, etc. Segundo a natureza dos líquidos, assim se denomina, pintura a água, pintura a cola ou têmpera e pintura à óleo (SEGURADO, [19--] p. 509).

A natureza dos líquidos determina características peculiares às tintas, como o mecanismo de secagem, as propriedades de aderência sobre o suporte, o brilho e a resistência aos agentes atmosféricos.

O aglutinante, ou ligante, é uma substância dissolvida num líquido responsável por “dar liga” e endurecer as tintas fixando os pigmentos, aderindo e, em alguns casos, penetrando e selando o substrato.

Conforme sua composição, as tintas podem ser classificadas em:

- a) naturais (à base de cola, a cal, a resinas animais - como a caseína - e vegetais);
- b) artificiais (aos silicatos, às resinas vegetais modificadas);
- c) sintéticas (à base de resinas sintéticas - acrílicos, poliuretanos, epóxi - ou emulsões acrílicas à base de água).

Por diluente entende-se qualquer líquido usado em uma solução com a função de diluir ou dissolvê-la. A água é o diluente das tintas à base de cal, de cola e de algumas emulsões.

Veículo ou *médium* é o termo utilizado para descrever a parte líquida da tinta, resultante da combinação de um aglutinante com o diluente. Ele contribui para abaixar a viscosidade da tinta e torná-la suficientemente fluida para ser distribuída uniformemente.

Os pigmentos ou corantes são as partículas responsáveis por dar cor à tinta. O pigmento se apresenta em forma de pó colorido que se mantém insolúvel, disperso no aglutinante, enquanto o corante ou tintura nele se dissolve, manchando-o (ROSENFELD, 1997).

Os aditivos são as substâncias que suplementam alguma propriedade à tinta, conferindo-lhe características de plasticidade, impermeabilidade, maior rapidez no processo de cura, maior poder de dispersão e de fixação sobre o substrato, etc.

As cargas, também chamadas de *filler* ou inertes, são materiais sólidos que a indústria utiliza para evitar a sedimentação do pigmento e também por questões de economia. Em alguns casos melhoram o poder de cobertura da tinta devido à sua ação de uniformizar o tamanho das partículas dos pigmentos.

3.1.2 Classificação geral dos pigmentos

Os pigmentos diferem em suas propriedades, tais como cor, composição química, permanência aos efeitos da luz e compatibilidade com o aglutinante. De acordo com a classificação baseada em sua origem, que segundo Mayer (2002) é a mais comum, eles podem ser minerais ou orgânicos. Estas duas categorias subdividem-se, ainda, em pigmentos obtidos artificialmente e pigmentos que se encontram na natureza em estado puro.

3.1.2.1 Origem Inorgânica (mineral)

- a) Terras naturais: ocre (vermelho ocre, amarelo ocre), sombra-natural, silicatos de ferro, alumínio, magnésio e potássio (terra verde), óxido de ferro, etc.
- b) Minérios de pedras preciosas: o azul ultramar ou lápis-lázuli.
- c) Terras naturais calcinadas: sombra-queimada, siena-queimada, etc.
- d) Cores sintéticas inorgânicas: amarelo de cádmio, óxido de zinco, etc.

Os pigmentos inorgânicos naturais são primeiramente extraídos das jazidas, em seguida selecionados - segundo qualidade, pureza e tonalidade - lavados e reduzidos a pó.

Os pigmentos inorgânicos artificiais são obtidos por meio de processos industriais: por via seca ou úmida. Conforme explica Ratazzi (2007), os por via seca sofrem transformações químicas a altas temperaturas que podem alterar completamente sua cor original. São as terras naturais calcinadas. Aqueles fabricados por via úmida são obtidos por precipitação dos compostos insolúveis e da reação química de vários tipos de compostos solúveis. Segundo Mayer (2002), as cores inorgânicas sintéticas elaboradas a alta temperatura são geralmente as de permanência mais longa para todos os usos, enquanto aquelas que exigem processamento delicado são menos permanentes. Os equivalentes sintéticos das terras vermelhas e amarelas são mais brilhantes e, se bem preparados, superiores em todos os aspectos aos produtos naturais, inclusive na constância de cores.

3.1.2.2 Origem Orgânica

- a) Vegetal: gamboge (goma-guta), índigo, garança, etc.
- b) Animal: cochonilha, amarelo-indiano, etc.
- c) Pigmentos orgânicos sintéticos.

Os pigmentos orgânicos sintéticos, produzidos a partir de corantes, são caracterizados por grande brilho e intensidade. Eles são

incompatíveis com a alta alcalinidade da cal, sendo empregados, principalmente, em pinturas sintéticas modernas. Muitos deles são permanentes, porém outros, sobretudo os mais antigos, são efêmeros, principalmente se aplicados em fachadas externas.

3.2 PINTURA TRADICIONAL A CAL (CAIAÇÃO)

Segundo Gasparoli (2002), as pinturas minerais à base de cal e silicatos ainda são as melhores respostas quando se requer um sistema transpirante compatível com as edificações históricas. Existem estudos que comprovam as melhores aderência e durabilidade da tinta de silicato estabilizado frente à pintura tradicional à base de cal, porém, a superioridade estética desta última ainda não foi superada por qualquer outro sistema de coloração.

A caição é uma pintura mineral artesanalmente fabricada a partir da diluição da pasta de cal em água, de onde se obtém o leite de cal, ao qual os pigmentos terrosos previamente eram acrescentados. Por fim, passava-se a mistura por uma peneira de malha fina com o intuito de eliminar os grumos que poderiam causar incômodos no momento da aplicação.

A Figura 8 ilustra as cores da pintura a cal manipulada com pigmentos de terra.



Figura 8 - Cores da caição obtidas com pigmentos de terra.

Fonte: Eco Casa, 2010

3.2.1 Carbonatação e ciclo da cal

Para se obter a cal aérea, o carbonato de cálcio - CaCO_3 - encontrado na natureza em forma de conchas, rochas calcárias ou até mármore, passa por um processo de queima ou calcinação, durante o qual perde dióxido de carbono - CO_2 - resultando no óxido de cálcio - CaO - ou no produto chamado de cal virgem. A partir de então, a cal virgem é hidratada, originando o hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2 - ou cal hidratada. Dependendo da quantidade de água acrescentada no processo de hidratação, obtém-se cal hidratada em pó ou em pasta.

Imediatamente depois de executada a caiação ou a argamassa de cal não hidráulica (cal aérea), inicia-se o processo de cura ou carbonatação da cal, constituindo assim o que se chama de ciclo da cal.

Neste processo, o hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2 -, presente tanto na argamassa fresca à base de cal quanto na caiação, reabsorve o anidrido carbônico presente no ar e se transforma novamente em carbonato de cálcio - CaCO_3 .

Durante o processo de endurecimento dos revestimentos a cal, além da formação do carbonato de cálcio, ocorre outra reação na interface da pintura com o reboco ou entre as camadas de argamassa. Esta reação se dá pela ligação química entre a cal e os silicatos presentes no substrato mineral, formando os silicatos de cálcio insolúveis. Segundo Uemoto (1993), os silicatos são os maiores contribuintes para a aderência da tinta e pela sua resistência diante dos agentes atmosféricos.

No caso das argamassas, tal reação ocorre quando uma camada é aplicada sobre a outra ainda fresca. Já na caiação, a formação dos silicatos ocorre quando o substrato - argamassa - sobre o qual a pintura foi aplicada ainda não está curado, tal como ocorre nos afrescos. A formação dos silicatos resulta numa ligação química mais forte do que a ligação mecânica, que ocorre no processo de carbonatação com a formação do carbonato de cálcio.

3.2.2 A pasta de cal

A pasta de cal era, até o início do século XX, material de uso primordial nos canteiros de obra, utilizada tanto para a confecção de argamassas quanto para a de tintas. A cal em pedra ou em pó era colocada dentro de valas ou de caixas feitas especialmente para este fim,

onde ficava hidratando por semanas, meses ou até anos¹⁹, aguardando o momento de ser utilizada.

É possível visualizar nas Figuras 9 e 10 a hidratação da cal em pedra em pequena quantidade, para um canteiro de restauração.

O tempo mínimo de hidratação da cal indicado por Kanan (1996) é de três meses e por Ratazzi (2007), um ano. É unanimidade pelos dois autores, contudo, que, quanto mais tempo em descanso, melhor. É comprovado cientificamente que o tempo contribui para a melhoria das características reológicas das pastas de cal, que ganham plasticidade e finura.

O parâmetro de granulometria da pasta está diretamente associado à sua plasticidade: quanto mais fina a pasta de cal, mais plástica ela se torna. A qualidade de plasticidade, por sua vez, gera uma maior facilidade na aplicação da pintura, assim como a elasticidade reduz os riscos de surgirem fissuras na superfície aplicada.

Comparativamente, a cal em pasta maturada por longo tempo a partir da cal virgem em pedra é mais indicada para a fabricação da tinta do que a cal hidratada em pó. Esta última, além de ter menos plasticidade, pode causar danos às pinturas devido aos óxidos de cálcio mal hidratados.



Figura 9 - Hidratação manual da cal em canteiro.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2006



Figura 10 - Pasta de cal.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2006

¹⁹ Segundo Ratazzi (2007), a maturação da cal por longo período promove uma modificação microestrutural da pasta de cal: ocorre uma redução dimensional dos cristais de portlandite e uma variação na forma do seu hábito cristalino - de prismáticos a tubulares - gerando um estado de maior estabilidade e equilíbrio dinâmico, o que resulta na melhoria significativa de suas propriedades reológicas.

3.2.3 Os pigmentos terrosos

Os pigmentos dos tempos antigos, compatíveis com o alto pH da cal, eram poucos, se comparados à variedade atual. Eram de origem mineral, provenientes de jazidas naturais, e alguns, segundo Uemoto (1993), provenientes de plantas, sendo que os de origem mineral eram mais duradouros. No início do século passado, as principais cores eram o branco, o amarelo, o vermelho, o verde, o azul, o castanho, as cores escuras e o negro. Eram encontradas na forma de pedra, em pó e em pastas prontas para uso, diluídas em óleo.

A própria cal já é um pigmento branco e por isso abaixa de 40% a 50% a intensidade do tom desejado. Em virtude disso, os tons resultantes são pastéis e suaves. A adição de pigmentos não deve tentar compensar esta característica, pois se ultrapassar em 10% a quantidade de cal resulta em uma película sem coesão, podendo ser facilmente removida por simples atrito com a mão.

Os pigmentos para pinturas à base de cal devem ser resistentes à alcalinidade, à luz e particularmente à ação corrosiva do ar poluído. Devem apresentar cor similar à encontrada na edificação ou ser compatíveis com o tecido histórico. Além disso, segundo Mayer (2002), todos os pigmentos devem ser neutros, livres de sais solúveis e outras impurezas. A Figura 11 ilustra o óxido de ferro, compatível com a cal.



Figura 11 - Óxido de ferro.
Fonte: Tríplice Cor, 2010

3.2.4 Os aditivos

São inúmeras as receitas em que aditivos orgânicos eram incorporados à pintura a fim de melhorar algumas de suas

características, como a aplicabilidade e a resistência. Segundo Uemoto (1993), os produtos de adição utilizados com mais frequência nas pinturas a cal das décadas passadas são caseína, alúmen, cloreto de sódio (sal de cozinha), cloreto de cálcio, óleo de linhaça, colas, leite desnatado ou fermentado ou seus subprodutos, bentonita, sabão, sabão em pó, gesso crê, clara do ovo, etc.

A caseína, derivada do leite, era a única adição de propriedade aglutinante considerada resistente aos agentes atmosféricos viável de ser aplicada em paredes externas. Ela melhora significativamente a fixação da pintura ao substrato. Os materiais graxos, entre eles o óleo de baleia, também eram utilizados como aditivos nas pinturas e argamassas, cuja finalidade estava associada à hidrorrepelência. Existem referências do seu uso em Vitruvius e em muitas receitas antigas, mas sempre com esta finalidade e não na escala e no sentido de alvenarias indestrutíveis, como diz a tradição popular, visto que os óleos reduzem a capacidade de resistência mecânica das argamassas (OLIVERIA, 2004).

3.3 MEIOS MODERNOS DE COLORAÇÃO DE FACHADAS

Ao se decidir se deve ou não ser usado um novo material e uma nova técnica, é necessário se fazer um balanço das vantagens e desvantagens que esta inserção trará no edifício ou monumento no futuro e o grau de danos que poderão ser causados à sua aparência, integridade histórica e tecido construtivo (KANAN, 1996, p. 2).

A gama de produtos ofertados para a coloração de fachadas atualmente é vasta, porém poucas informações são disponibilizadas sobre o seu comportamento, se aplicados incorretamente, ou sobre substratos incompatíveis.

A adoção de novas tintas e cores sobre fachadas históricas, portanto, só deve acontecer quando testadas por longo período e quando a solução de materiais tradicionais não for possível.

3.3.1 Tinta látex PVA

As tintas à base de acetato de polivinila - PVA -, vulgarmente denominadas látex, possuem um aglutinante sintético que forma uma película muito dura e resistente, que, ao contrário das tintas minerais, sufoca a parede. São muito utilizadas em fachadas de edificações históricas, apesar de serem tintas à base de água indicadas essencialmente para interiores.

Possuem de baixa a média lavabilidade, secagem rápida e média cobertura. Este tipo de tinta é indicado para reboco, fibrocimento, gesso e sobre superfícies com massa corrida. Disponível em acabamento fosco e semibrilho.

Segundo Guimarães (2002), as tintas látex são derivadas das tintas à base de caseína utilizadas no início do século passado. Posteriormente, as tintas de caseína foram modificadas com emulsões alquídicas para ganhar mais resistência à água e durabilidade, dando origem em 1949 à tinta látex.

3.3.2 Tinta acrílica

As tintas acrílicas são muito parecidas com o látex, mas são muito mais resistentes, inclusive às intempéries (sol e chuva), e são recomendadas para a pintura de paredes externas e fachadas. Também geram uma película ou filme sobre a superfície, impedindo-a de respirar.

É uma tinta à base de água, indicada para exteriores e acabamentos de alta qualidade. Possui excelente lavabilidade e cobertura. É indicada para reboco, fibrocimento, gesso, superfícies com massa corrida e repintura de superfícies pintadas com látex. Também em acabamento fosco e semibrilho.

3.3.3 Pintura à base de silicato estabilizado

O sistema conhecido como pintura a silicato não estabilizado refere-se aos produtos tradicionais que surgiram no século XIX, nos quais os pigmentos inorgânicos (terras e óxidos) e as cargas (caulim, talco) eram suspensos em uma solução aquosa de silicatos alcalinos de potássio, sem qualquer aditivo.

O sistema atual de silicato estabilizado foi inserido no mercado recentemente. Por este termo, entende-se um produto pronto ao uso, no qual um aditivo estabilizante consente uma utilização mais simples e reduz as reações secundárias. Porém, a quantidade de aditivo não deve superar 5%.

Existem produtos similares que garantem a adesão sobre suportes comprometidos com tintas a óleo ou sintéticas: trata-se, certamente, de produtos que criam filme com caráter e aspectos que se assemelham às pinturas de base polimérica.

A tinta à base de silicato estabilizado, desde que dentro dos limites de aditivos permitidos, possui características similares às da pintura à base de cal, como a transpirabilidade, que permite a absorção e

a evaporação do vapor de água dentro das paredes antigas, e por isso está entre as mais adequadas para usos em conservação e restauração.

Quando aplicado sobre um suporte de base mineral (reboco de cal), o sistema a silicato de potássio gera um endurecimento químico tanto da camada de pintura quanto do suporte. O endurecimento da pintura ocorre pela reação química com o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e pelo efeito de absorção da água, resultando na formação de polissilicatos dentro da camada de pintura (GASPAROLI, 2002).

A solidificação do suporte, por sua vez, deve-se à ligação química do silicato de potássio com o carbonato de cálcio do reboco, que formam uma camada de silicato de cálcio insolúvel. Deste modo, tanto a adesão da pintura ao suporte quanto a resistência às ações mais agressivas da atmosfera são asseguradas.

Os problemas do uso dos sistemas de pintura a silicato de potássio em substituição à cal estão ligados ao aspecto homogêneo e levemente brilhoso que gera na superfície, muito diferente da pintura manchada à base de cal. A vantagem é a sua maior durabilidade em face aos centros urbanos poluídos, visto que sua degradação se dá por sucessiva erosão e lixiviação pela água da chuva, assim como nas pinturas a cal, mas de forma muito mais lenta e controlada.

3.3.4 Pintura a cal aditivada com polímeros

Representa a solução da indústria à problemática da aderência da tinta tradicional a cal aos suportes corrompidos por intervenções anteriores com tintas não compatíveis e frente à baixa resistência destas aos poluídos ambientes urbanos.

Supostamente, é uma tinta que mantém as características de compatibilidade físico-química e de valores cromáticos e texturas similares àqueles tradicionais, porém com uma função protetora mais acentuada, obtida por meio de modificações na formulação original, com adição de substâncias sintéticas.

A partir de testes realizados, pesquisadores chegaram à conclusão de que as resinas acrílicas são as mais recomendadas para garantir a aderência sobre uma eventual pintura polimérica subjacente. A vantagem deste sistema é de consentir a pigmentação com as tradicionais argilas nativas e assumindo com o tempo as mesmas características estéticas das tintas tradicionais a cal geradas pelo esbranquecimento do carbonato de cálcio (GASPAROLI, 2002).

A quantidade de resina a ser adicionada, porém, é controversa. Segundo Gasparoli (2002), 35% do aglutinante pode ser composto por

resina acrílica. Mas esta informação é discutível, pois, nesta quantidade, a cal teria a função somente de carga. Se adicionada em quantidade de até 10%, o que é aconselhado pela maioria dos autores, inclusive pelas normas internacionais, a cal mantém sua permeabilidade ao vapor de água. Cabe, portanto, uma melhor avaliação sobre a quantidade de polímero a ser adicionado para não desvirtuar o princípio de formulação da tinta.

Ainda não são avaliadas as características do envelhecimento deste sistema, se por lenta desagregação, como as tintas a cal, ou por descascamento e criação de bolhas, como as pinturas sintéticas à base de água. Tais características de envelhecimento estão diretamente ligadas à quantidade de polímero adicionado na formulação.

4 DIAGNÓSTICO DAS SUPERFÍCIES HISTÓRICAS

Conhecer para conservar: esta é a máxima entre os profissionais do setor, quando se pretende definir as regras de intervenção sobre um bem arquitetônico.

O diagnóstico dos acabamentos das superfícies históricas que visam avaliar a cromaticidade e a composição dos revestimentos requer técnicas e análises específicas conforme a metodologia adotada. Não existe uma única maneira de abordagem de como proceder em cada estudo. A partir do objetivo claro do que se pretende obter, é estabelecido o roteiro do trabalho com a definição da quantidade de amostras a serem coletadas, o tipo das análises requeridas e o custo.

A investigação das superfícies arquitetônicas pode servir a vários propósitos. Quando a pesquisa é focada em documentar os esquemas cromáticos de um particular período significativo da edificação, as análises *in situ* e em laboratório são associadas à pesquisa histórica.

Os ensaios estratigráficos realizados *in situ* em várias porções da edificação revelam as camadas de pintura e revestimentos, em sequência, resultando em informações sobre a cronologia construtiva da edificação a partir da comparação entre elas. A documentação das prospecções pode servir, também, para identificar pinturas decorativas e como guia em projetos que visam a remoção de camadas recentes (KROTZER, 2008).

Tratando-se, ainda, de análise cromática da superfície, outro objetivo da análise *in situ* é a coleta de amostras para análise em laboratório. Deve-se ter muito cuidado ao coletar as amostras para que estas sejam representativas para o estudo proposto. Para tanto, áreas homogêneas devem ser identificadas, a partir de acurada análise visual. Apesar das diferentes técnicas de coleta de amostras, o objetivo mantém-se o mesmo: coletar amostras suficientemente intactas, de tamanho adequado para realizar manipulações físicas, exame microscópico, análise instrumental e visual. Para garantir a compreensão da natureza e do número de camadas da pintura existente, devem-se coletar amostras tanto da camada de pintura quanto do substrato.

Dentre as análises laboratoriais, a análise com microscópio estereoscópico pode confirmar as suposições vistas em campo, trazendo uma primeira caracterização morfológica dos materiais e o reconhecimento qualitativo dos minerais presentes. É uma análise de custo acessível e, devido ao tamanho reduzido da amostra - 2 mm - não causa danos significativos ao bem edificado.

Em síntese, qualquer que seja o estudo realizado, alguns procedimentos são comuns: o objetivo deve ser claro; deve-se proceder com uma pesquisa histórica; deve-se compreender o contexto; devem ser realizadas análises *in situ* e análises laboratoriais. Durante o processo, todos os passos da metodologia adotada e seus resultados devem ser anotados.

Nos projetos de restauração cromática, a análise das cores deve passar pela atenta observação das superfícies arquitetônicas e do seu entorno, identificando eventuais mecanismos que podem influenciar na mudança das cores originalmente empregadas. A partir daí é possível aplicar os métodos colorimétricos detalhados no Capítulo 5.

4.1 PRINCIPAIS MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DAS TINTAS

A compreensão dos mecanismos que geram as manifestações patológicas nas superfícies arquitetônicas contribui para se obter dados sobre o sistema de coloração empregado e o funcionamento da edificação como um todo.

4.1.1 Incompatibilidade tecnológica entre tinta e suporte

A maior parte das anomalias encontradas nas fachadas dos centros históricos é resultado da aplicação de tintas sintéticas incompatíveis com os suportes antigos à base de cal e, portanto, porosos e permeáveis à água.

Conforme o tipo, as tintas, ao secarem, formam ou não uma película sobre a superfície. De maneira geral, as pinturas minerais - a cal e a silicatos de potássio - não criam filme, permitindo as superfícies respirarem²⁰ e não acumulando umidade no seu interior, enquanto as pinturas sintéticas geram um filme impermeabilizante sobre as mesmas (Figuras 12 e 13).

A água, acumulada no interior das paredes antigas, de grande espessura, tende a evaporar. Ao encontrar um filme na superfície, porém, fica retida no seu interior, provocando danos - entre os quais, as bolhas, próprias das pinturas sintéticas.

²⁰ Diz-se, de forma didática, que as pinturas minerais não geram filme sobre a superfície ao endurecerem. Na verdade, a película pictórica que criam é muito fina, de espessura praticamente desprezível.

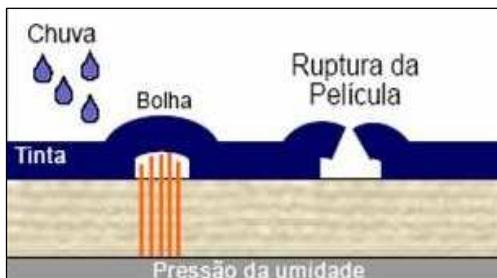


Figura 12 - Sistema sintético de pintura.

Fonte: Manfrói, 2007

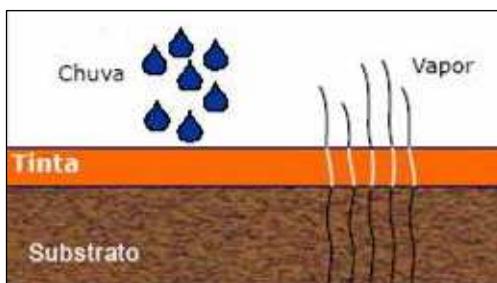


Figura 13 - Sistema de pintura mineral.

Fonte: Manfrói, 2007

4.1.2 Temperatura e raios ultravioleta

A permanência dos pigmentos em relação ao desbotamento é testada pela sujeição destes à radiação ultravioleta concentrada com aparatos de laboratório, situação em que o efeito de meses de exposição à luz solar direta é duplicado em um tempo relativamente curto.

Já no período da Arte Renascentista (séc. XV a XVII), os pigmentos orgânicos impressionavam os artistas pela sua variedade de cores, porém, observaram que estes possuíam pouca resistência quando expostos ao ar livre. Normalmente, os pigmentos inorgânicos utilizados na composição da pintura a cal são mais estáveis à luz do que os orgânicos. Hoje em dia, já existem pigmentos orgânicos sintéticos com maior resistência a luz (MAYER, 2002).

De qualquer forma, os raios ultravioleta são prejudiciais aos pigmentos e, quando combinados com altas temperaturas, ainda geram a rápida degradação da película sintética pela perda de elasticidade e enfraquecimento do filme. Ocorre, também, dilatação diferencial entre as camadas sobrepostas, expostas ao calor. Com o passar do tempo,

formam-se fissurações capilares com a migração de agentes degradantes do meio para o interior do suporte.

4.1.3 Umidade e poluição atmosférica

A durabilidade da pintura a cal, quando exposta às atmosferas poluídas dos centros urbanos e industriais, é deficiente, comparativamente aos outros sistemas de coloração.

Sabe-se que, no processo natural de envelhecimento da pintura a cal, a água da chuva dissolve tanto os pigmentos quanto o carbonato de cálcio - CaCO_3 -, provocando uma lenta erosão da camada pictórica. Segundo Gasparolli (2002), esta ação solvente é reforçada pela poluição atmosférica (SO_2 - dióxido de enxofre) e pela chuva ácida (H_2SO_4 - anidride sulfurosa), que reagem com a pintura de base alcalina, atacando o carbonato de cálcio, degradando-o e formando sais mais ou menos solúveis. O fim do processo é a desagregação dos pigmentos, que permanecem sobre a superfície em estado de pó. No mais, o dióxido de enxofre agride também os óxidos de ferro, formando sulfatos, que alteram a cor das tintas.

Nas pinturas poliméricas, ao penetrar na superfície pelas microfissuras, a chuva ácida atinge o reboco, porém, pela reduzida permeabilidade do filme encontra dificuldade para evaporar. Em consequência, gera uma degradação brusca, com a formação de bolhas²¹ e escamação da pintura pela pressão gerada entre a película de pintura e o suporte, podendo chegar a causar a completa desintegração da camada pictórica.

As pinturas à base de resina sintética, em ambientes úmidos, ainda podem desenvolver micro-organismos devido à adição de produtos orgânicos na sua composição (UEMOTO, 1993). Já o poder bactericida da cal reduz, em parte, a proliferação de fungos e, principalmente, das cianobactérias, enquanto o pH se mantiver alto.

4.1.4 Erros na preparação do suporte

A correta preparação dos suportes incide diretamente sobre a durabilidade da pintura. O umedecimento do suporte e a secagem lenta favorecem a coesão. A própria consolidação dos substratos é um fator que garante boa adesão da pintura a cal e evita os fenômenos de desagregação.

²¹ A formação de bolhas ocorre pela expansão do vapor de água presa pela impermeabilização.

Sobre suportes porosos ou de estrutura irregular, a fase de consolidação deve ser bem feita, para evitar que, depois de aplicado o produto - sobretudo as tintas a cal bem diluídas -, não apareçam manchas na superfície, causadas pela absorção diferencial, visto que substratos mais porosos absorvem maior quantidade de tinta e de pigmento.

4.1.5 Hidratação inadequada da cal

A hidratação do óxido de magnésio - MgO -, presente na cal dolomítica, é incompleta, ou ao menos é sempre mais lenta em relação à hidratação do óxido de cálcio - CaO -, e é acompanhada por grande aumento de volume. Como a hidratação se dá com a expansão, se ocorrer após a aplicação da pintura, pode gerar danos às superfícies. Entre os danos na pintura citados por Cincotto (1977) está a formação de vesículas causadas pela hidratação do óxido de cálcio e o empolamento causado pela hidratação do óxido de magnésio.

Além disso, a cal que fica em repouso em contato com a água sob a forma de pasta contribui para a melhoria em suas propriedades no estado fresco, tais como trabalhabilidade e retenção de água, comparativamente à cal adicionada em pó. Por conta destes fatores, a cal deve ser longamente maturada para obter uma hidratação completa ou quase completa antes de ser empregada.

4.1.6 Diluição inadequada da pintura a cal

Ainda, as pinturas a cal, quando não estão bem diluídas, podem não aderir quimicamente com aos silicatos do reboco e, ao endurecer, tendem a descascar em forma de placas.

4.2 O ENVELHECIMENTO DA PINTURA A CAL COMPARADO ÀS TINTAS SINTÉTICAS

Os danos das fachadas históricas estão intrinsecamente ligados à composição e ao tipo de endurecimento da pintura, produzindo efeitos visivelmente diferentes conforme o sistema de coloração empregado (GASPAROLI, 2005).

De fato, as tintas à base de ligantes poliméricos, devido ao filme que criam na superfície, envelhecem repentinamente, de modo brusco, com a produção de bolhas, descolamento e escamação da camada pictórica. A Figura 14 apresenta manifestações patológicas típicas das

tintas sintéticas, como o empolamento e o posterior descascamento da película de pintura.



Figura 14 - Degradação típica da tinta sintética. Fonte: Ceregato, 2000.



Figura 15 - Degradação típica da pintura a cal. Fonte: Ceregato, 2000.

Já as tintas a cal envelhecem nobremente, com lentidão e gradativamente pela progressiva lixiviação e desagregação da camada de cor. Com base na observação da Figura 15, por exemplo, é possível reconhecer a cal como o sistema de coloração. Nota-se que, nas áreas erodidas pela água, a cor está enfraquecida, enquanto nas áreas protegidas por beiral ou embaixo das janelas a tinta amarelo-ocre permanece íntegra.

4.3 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÃO DE PINTURAS

4.3.1 Ensaios estratigráficos

Consistem na execução manual de “janelas” sobre o revestimento, mediante bisturi para a análise da sucessão das camadas

de pintura. As prospecções pictóricas permitem, segundo Gasparoli (1999), a definição das sequências das camadas cromáticas, sua configuração e a extensão das intervenções decorativas empregadas ao longo do tempo. O resultado pode ser visualizado na Figura 16.



Figura 16 – Ensaio estratigráfico.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2005

Para sua execução, devem-se escolher áreas protegidas e livres de danos, mas também áreas significativas do edifício, avaliadas com base nas informações históricas e na tradição oral. Quando se trata de pintura decorativa, deve-se evitar que a prospecção seja realizada sobre figuras, rostos, etc.

As camadas de pintura reveladas não devem ter dimensão inferior a 7x7cm (a não ser que seja um requisito de projeto) e devem ser numeradas com números crescentes da camada mais interna para a externa. Posteriormente, cada camada deverá ser fotografada de uma distância próxima, com mínima distorção possível, e acompanhada de uma escala com referência de cores (GASPAROLI, 1999).

Depois das fotografias, deve-se seguir uma detalhada transcrição dos dados obtidos com a descrição da sucessão das cores e das camadas de cada prospecção, as relações que podem haver entre as diversas prospecções e delas com a fachada em si, considerando-se as intervenções anteriores e os dados históricos disponíveis. A partir de então, será possível compreender as diversas fases pelas quais passou o edifício, que coincidem, frequentemente, com acréscimos, mudanças de estilos arquitetônicos ou de uso da edificação.

4.3.2 Análises químicas laboratoriais

O termo em inglês *paint analysis* resume o conjunto de ensaios microscópicos, químicos e ultravioleta utilizados para investigar a natureza e os pigmentos das pinturas e revestimentos históricos, dando

resultados sobre o número de camadas de revestimento, suas cores originais, distribuição e cronologia das camadas, características físicas, composição, etc.

Segundo Grillini e Santopuoli (2000), são elas:

- a) análise estratigráfica (Figura 17) em seção polida ao microscópio ótico, com luz refletida: para a identificação dos materiais presentes nas diversas camadas;
- b) microanálise química por via úmida e instrumental, teste de solubilidade e coloração específica: para identificação dos pigmentos e aglutinantes;
- c) análise ao microscópio eletrônico de varredura (SEM), unido ao espectrofotômetro a raio X em dispersão de energia (EDS), de seção polida perpendicular à superfície externa: para análise elementar das camadas de pintura isoladas;
- d) análise espectrofotométrica a infravermelho com transformada de Fourier: para a identificação dos aglutinantes orgânicos como proteínas, óleos e resinas naturais;
- e) exposição a raios ultravioleta: para a composição das camadas de pintura.



Figura 17 - Análise estratigráfica.

Fonte: Arch Daily, 2010

4.3.3 Coleta de amostras

Visto que a coleta de amostras implica a deterioração do bem a preservar, antes de iniciá-la, os seus objetivos devem estar muito claros e bem definidos, ou seja, o profissional deve saber exatamente o que está procurando. Limita-se, portanto, a fazer o mínimo possível de coletas, suficientes para as análises previamente especificadas.

Seguem algumas recomendações para as coletas de amostras das superfícies arquitetônicas, baseadas em Teutonico (1988) e Perrault (1978):

- a) os equipamentos necessários para o procedimento são desenhos ou fotografias da edificação, câmara fotográfica, pincéis de cerdas macias, bisturi, formão e recipientes de amostras, etiquetas e, se possível, uma lupa;
- b) o número e a quantidade das amostras devem ser o mínimo suficiente para fornecer a cor;
- c) as amostras devem ser representativas, retiradas de áreas homogêneas e íntegras, com atenção para causar o mínimo possível de danos ao edifício;
- d) as áreas para coleta devem ser fotografadas antes, durante e depois do procedimento;
- e) a espessura das amostras difere de uma da outra dependendo do tipo de material e da edificação em estudo. Geralmente 3 mm compreendem todas as camadas;
- f) utilizar ferramentas apropriadas, escolhidas de acordo com a consistência dos materiais. Em geral usam-se pincéis para materiais em pó, bisturis para pinturas e formão para revestimentos mais duros;
- g) guardar as amostras em recipientes inertes, separados e etiquetados, conforme Figura 18.
- h) identificar o nome e número da amostra, a data, o nome da edificação, o nome do profissional e, principalmente, a exata localização de onde a amostra foi extraída. Recomenda-se utilizar números sequenciais e que esses mesmos números correspondam a uma fotografia ou um desenho da edificação, indicando o local da coleta. Deste modo é possível saber, além da área onde a amostra foi coletada, a sequência da coleta;
- i) conhecer e anotar as condições climáticas do momento da coleta;
- j) as amostras devem ser mantidas dentro dos recipientes até serem preparadas para as análises em laboratório, conforme ilustra a Figura 18.



Figura 18 - Acondicionamento de amostras.
Fonte: Kanan, 2008

5 COLORIMETRIA

Teorias sobre cores estão presentes na história do conhecimento humano desde o filósofo grego Aristóteles. Foi Goethe, porém, no séc. XVIII, que desenvolveu o primeiro estudo interdisciplinar da cor, a Doutrina das Cores, no qual define a cor como ação da luz sobre a visão.

No século seguinte, surgiram as teorias de percepção das cores dos fisiologistas Hermann von Helmholtz e Thomas Young, do físico James Maxwell e do psicólogo Edward Hering, todos modificando a história da compreensão dos efeitos das cores sobre o homem.

No século XX, vieram outras contribuições, como as da Gestalt, na psicologia da percepção sensorial, e as dos grandes mestres da Bauhaus, nas artes plásticas e no design. Baseiam-se, por exemplo, na Gestalt, os estudos de como as cores afetam a psique humana, conscientemente ou inconscientemente. Johannes Itten, pintor e docente, associado à primeira fase da Bauhaus, desenvolveu o disco de cores, que ainda hoje permite descobrir combinações harmoniosas de cores.

Portanto, o fenômeno cromático deve ser entendido como um processo amplo, que abrange várias áreas do conhecimento, indo da filosofia à psicologia da percepção, passando pela fisiologia, pela física, pela estética, entre outras. Para a compreensão dos métodos de especificação das cores, do qual a colorimetria - ciência da medição das cores - trata, é preciso, primeiramente, abordar os princípios sobre cor e luz existentes.

5.1 TEORIA DAS CORES

Sabe-se que a cor não tem existência material. Ela é, tão somente, uma sensação provocada pela ação da luz sobre o órgão da visão.

A Física, e mais precisamente a óptica fisiológica, define a cor como ondas eletromagnéticas ou estímulos de luz que atravessam a fóvea e a mácula da retina do fundo do olho e é por este decomposta nas cores-luz primárias: vermelho, verde e azul-avioletado (índigo). (Figura 19).

O resultado desta decomposição e de suas infinitas possibilidades de misturas é transmitido pelo nervo óptico e pelas vias ópticas ao córtex occipital, situado na parte posterior do cérebro, onde se processa a sensação cromática. Sua especificação colorimétrica é denotada com três valores, tais como valores tristímulos explicados adiante.

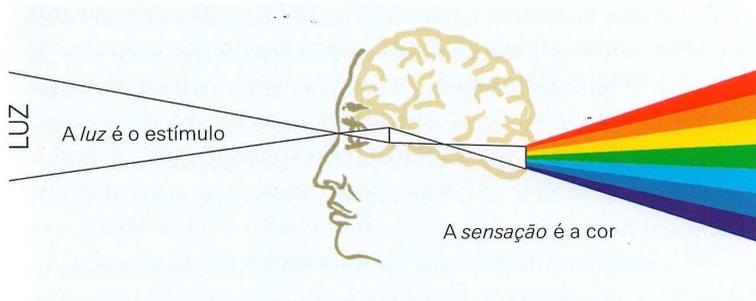


Figura 19 - Ao atingir o córtex occipital, os efeitos da luz provocam a sensação de cor. Fonte: Pedrosa, 2006.

A cor percebida é um atributo de percepção visual diferente de brilho, forma, tamanho e posição. Pode ser descrita por nomes tais como branco, amarelo, marrom, vermelho ou pela combinação destes.

Segundo Urland (1999), a cor de um objeto é conhecida como propriedade do objeto em si, mas ela é, na verdade, resultado da combinação da sua capacidade de absorção ou reflexão, da resposta do observador, do iluminante e da geometria óptica de visualização.

5.1.1 A natureza física da cor

Enfatizando, a luz é a porção de uma radiação que atua como estímulo para os olhos provocando a sensação de cor no observador. Newton demonstrou que a luz consiste de energia em diferentes comprimentos de onda. A luz do sol é percebida como luz branca, e quando atravessa um prisma, forma um contínuo espectro eletromagnético de comprimentos de onda, cuja faixa visível varia de 400 nm (violeta) a 700 nm (vermelho). Abaixo disso, temos os raios ultravioleta e, acima os raios infravermelho, não acessíveis ao olho humano (Figura 20).

A percepção da luz branca – ou luz solar - pode ser desencadeada pela mistura de ondas longas (l), médias (m) e curtas (s) que, em determinadas proporções, formam qualquer matiz e que não podem ser compostas por outras cores, por isso, são chamadas de cores-luz ou aditivas primárias. São elas: vermelho, verde e azul.

As experiências de Newton distinguem dois tipos de mistura de cores: a mistura de luz, cujo resultado será branco, portanto, chamada de mistura aditiva - sua melhor expressão é a luz solar - e a mistura de pigmento, que resulta em preto e, portanto, é denominada mistura subtrativa (BARROS, 2006).

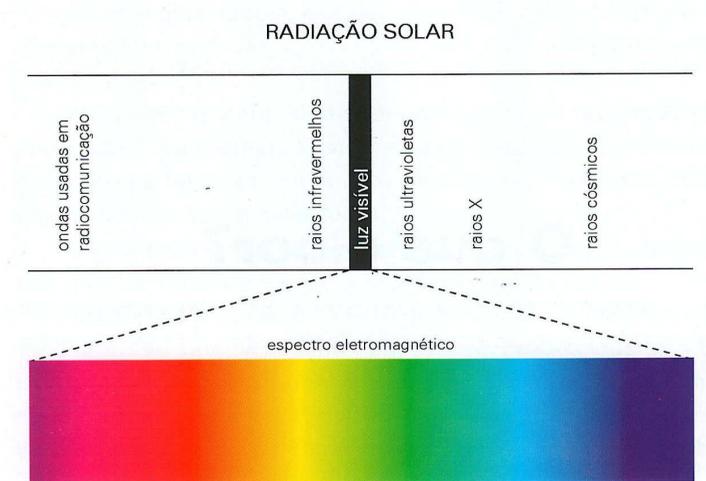


Figura 20 - Área visível do espectro eletromagnético.
Fonte: Pedrosa, 2006.

Todas as cores empregadas pelos artistas são pigmentos ou corpóreas. Cor pigmento é a substância material que, conforme a sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios componentes da luz que se difunde sobre ela. São o ciano, o magenta e o amarelo. Suas misturas são governadas pelas regras da subtração. Em outras palavras, quando um feixe de luz incide sobre uma superfície, em parte, os raios são absorvidos e, em parte, refletidos. Uma superfície vermelha, por exemplo, absorve todos os raios verdes e azuis da luz incidente, refletindo para os olhos apenas a luz vermelha.

Seguindo o mesmo princípio da mistura subtrativa, uma superfície preta absorve todos os raios luminosos das aditivas primárias, não enviando qualquer luz para os olhos. Por isso o preto, na teoria das cores, é a ausência de luz.

5.1.2 A visão humana

Os olhos abrangem uma área pouco inferior a 180 graus ao redor no corpo. Na parte frontal do olho está a íris, que funciona como um diafragma, limitando os raios luminosos que penetram através dela para atingir a retina.

A superfície da retina é composta por duas áreas distintas. A do centro, denominada fóvea, é formada por cerca de 7 milhões de fibras nervosas, denominadas cones, responsáveis pela visão em cores: visão tricromática (PEDROSA, 2006). Esses cones são divididos em três

grupos: o primeiro é sensível ao vermelho; o segundo, ao verde; e o terceiro ao azul.

A parte da retina que circunda a fóvea é constituída por cerca de 100 milhões de bastonetes, sensíveis às imagens em preto e branco. No centro da retina ainda está o nervo óptico, responsável pela transmissão ao cérebro das sensações captadas pelos cones e bastonetes.

5.1.3 A teoria tricromática

Maxwell, um dos criadores da teoria tricromática, foi o primeiro a reproduzir, em 1859, uma imagem colorida por síntese aditiva. Chama-se decomposição das cores naturais nas três cores primárias (PEDROSA, 2006). Isso é feito através de fotografias com três filtros coloridos (vermelho, verde e azul), onde cada filme possibilita a obtenção de uma película monocromática contendo toda a gama de uma das cores primárias existentes no objeto fotografado.

Com base nesse princípio, desenvolveram-se a grande indústria gráfica do século XX, a fotografia em cores e o cinema colorido. A descoberta de Maxwell ainda está na essência do colorido da televisão.

O triângulo de Maxwell mostra a mistura das aditivas primárias graficamente, cuja cor correspondente pode ser representada por um ponto no triângulo. Os vértices representam as cores primárias vermelho, verde e azul. A soma $l + m + s = 100\%$ expressa qualquer das misturas, frequentemente representadas por $r + g + b = 100\%$ (do inglês *red, green e blue*).

Na Figura 21, o ponto no centro do triângulo (c^*) é a combinação total das três primárias, que dá origem ao branco. Os demais pontos representam as composições intermediárias.

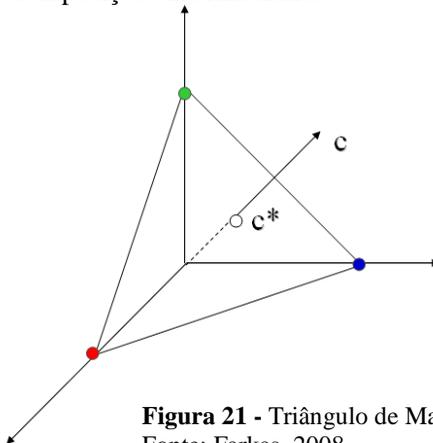


Figura 21 - Triângulo de Maxwell.
Fonte: Farkas, 2008.

5.1.4 Atributos das cores

Ao perceber uma cor, é possível distinguir três atributos principais que correspondem aos parâmetros básicos da cor: matiz, luminosidade e saturação. Compreendê-los é fundamental para a descrição das cores.

Matiz é a variedade do comprimento de onda da luz direta ou refletida de um objeto, percebida como vermelho, amarelo, azul e demais resultantes das misturas dessas cores. Em linguagem corrente, as palavras “cor” e “tom” são empregadas como sinônimos de matiz.

Luminosidade, também chamada de valor ou brilho, define o grau de claro ou escuro. É o atributo da percepção visual em que uma área parece emitir mais ou menos luz.

Saturação ou croma é o atributo da percepção visual que indica o grau de pureza da cor. Também é percebido como vivacidade da cor: quanto maior o grau, mais saturada ou vívida é a cor. “É o estágio em que o vermelho apresenta-se mais vermelho, equidistante do azul e do amarelo; o verde mais verde; o azul mais azul” (PEDROSA, 2006, p. 35). Os brancos, pretos e cinza puros não são a rigor, cores, e não possuem saturação.

As cores apresentam curiosas designações, algumas relacionadas com os objetos nos quais se apresentam. Na língua portuguesa, encontram-se algumas delas: amarelo-canário, azul-bandeira, verde-piscina, cor de cuia, cor de burro quando foge e inúmeras outras.

5.2 SISTEMAS DE ORDENAÇÃO E CODIFICAÇÃO DAS CORES

Os sistemas de ordenação das cores foram desenvolvidos para vários propósitos, principalmente para descrever as cores com precisão e para torná-las comunicáveis através de longas distâncias e períodos de tempo.

Por meio dos sistemas de ordenação de cores, é possível:

- a) identificar e determinar uma cor específica;
- b) analisar e definir a combinação estética entre cores;
- c) escolher, produzir e controlar cores.

A natureza tridimensional da cor é expressa por um sólido, frequentemente baseado em uma esfera, cilindro ou cone. A Figura 22 ilustra os exemplos de sólidos de cores. Entre eles estão: *Munsell System*, *Natural Color System (NCS)*, *DIN – Farbsystem 6164*, *CIE Rösch* (URLAND, 1999).

Os sistemas organizam as cores em base de acordo com as três variáveis ou atributos das cores que constituem o eixo de coordenadas

do sistema. As diferenças entre os sistemas de cores dependem dos princípios sobre os quais são construídos: o número de cores primárias usadas, os tipos de variáveis ou atributos pelos quais descrevem as cores, o espaço de cores, etc.

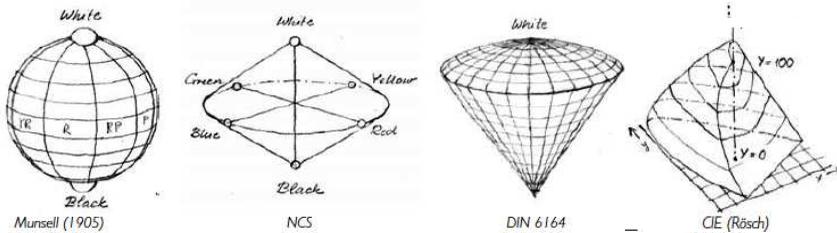


Figura 22 - Exemplos de sólidos de cores. Fonte: Urland, 1999

Para que um sistema de ordenação de cores seja uma ferramenta útil, deve obedecer dois quesitos: ter uma notação única de comunicar as cores e ao mesmo tempo ser conversível em outras escalas. Os sistemas de ordenação de cores podem ser exemplificados em forma de atlas ou outras coleções de cores.

5.2.1 Atlas de cores

Os atlas de cores são exemplificações físicas dos sistemas de ordenação das cores em modo sistemático (Figura 26). A função e a importância dos atlas de cores dependem do seu respectivo sistema de ordenação.

Cada atlas possui instruções próprias de uso. Levando-se em consideração a influência do entorno, os efeitos de iluminação e as condições de visualização, existem algumas restrições que devem ser levadas em conta ao se trabalhar com atlas de cores.

As amostras de cores devem ser visualizadas:

- a) sob condições padrão de iluminação²²;
- b) contra um fundo homogêneo, geralmente cinza ou branco;
- c) sob o mesmo ângulo.

Mudanças nesses fatores podem causar mudanças na aparência da amostra, portanto, a constância nas condições de visualização das cores é importante nos trabalhos de colorimetria.

²² Ver item 5.3.1.1 Iluminantes Padrão.

5.2.2 Sistemas de aparência das cores

Segundo Urland (1999), os sistemas de ordenação de cores podem ser divididos em dois grandes grupos: sistemas de aparência de cores e sistemas de estímulos de cores.

Também chamados de sistemas psicológicos ou de percepção das cores, os sistemas baseados nos parâmetros de aparência das cores descrevem e classificam as cores de acordo com a percepção. Foram desenvolvidos para medição de superfícies e são para uso geral. Podem utilizar ou não referência de cores para sua descrição.

Entre os exemplos de sistemas de aparência de cores mais utilizados, estão o *Natural Colour System* (NCS), da Suécia, o *Optical Society of America Uniform Color Scales* (OSA/UCS), o *Coloroid System*, da Hungria, e o *Munsell System*, dos Estados Unidos, que será descrito adiante.

5.2.2.1 Sistema Munsell de Cores

O sistema Munsell de especificação de cores é o sistema padrão norte americano e o mais difundido no mundo. Foi desenvolvido pelo professor e artista Albert H. Munsell com o objetivo de expressar científica e didaticamente os parâmetros das cores.

É um modelo tridimensional que se baseia nas três coordenadas ou atributos das cores: *hue* (matiz), *value* (luminosidade) e *chroma* (saturação). Munsell estabeleceu escalas numéricas com passos uniformemente separados em termos visuais para cada um desses três atributos.

Na notação Munsell²³, cada cor possui uma relação lógica com todas as outras cores. Isso leva a infinitas possibilidades criativas em termos de seleção de cores, bem como à capacidade de comunicar essa seleção de maneira precisa.

23 Entre os sistemas de ordenação de cores, o Munsell é o mais conhecido. Existe, inclusive, uma norma internacional para especificação das cores a partir dele: *ASTM D1535 - 08 Standard Practice for Specifying Color by the Munsell System*.

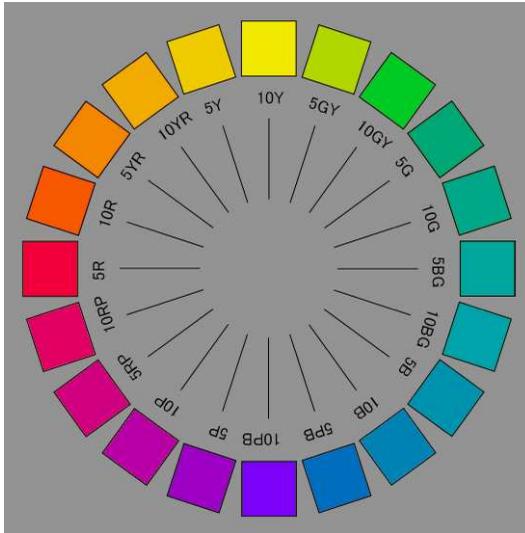


Figura 23 – Coordenadas do Sistema Munsell.
Fonte: Farkas, 2008

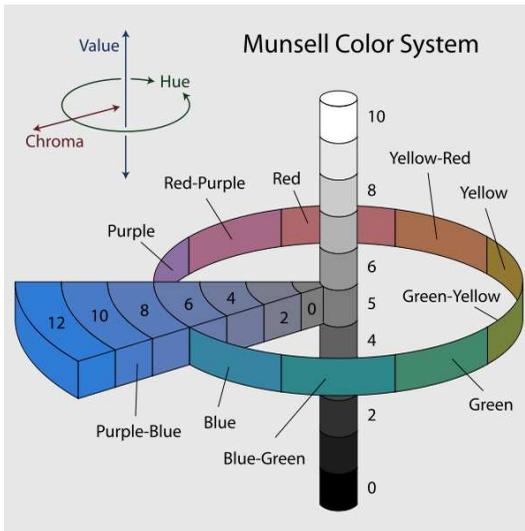


Figura 24 - Coordenadas do Sistema *Munsell*.
Fonte: Farkas, 2008

Todas as cores caem em uma região específica do espaço de cores Munsell, conhecida como o “sólido de cores Munsell”. A tonalidade

limita-se a uma volta ao redor do círculo cromático, cujas principais matizes estão dispostas na linha média central. Elas são representadas pelas iniciais em inglês: R (vermelho), YR (amarelo-avermelhado), Y (amarelo), GY (verde amarelado), G (verde), BG (azul-esverdeado), B (azul), PB (violeta-azulado), P (violeta), RP (vermelho-avioletado), sendo cinco principais e cinco intermediárias (Figura 23).

Conforme é possível visualizar no sólido de Munsell, ilustrado pela Figura 24, a escala de luminosidade é representada por um eixo vertical denominado eixo neutro, subdividido em nove tons de cinza, que se limita na extremidade inferior pelo preto puro (0), que é a cor mais escura que pode existir, e na extremidade superior pelo branco puro (10), que é a cor mais clara ou luminosa de todas.

Para determinado valor de luminosidade, existe um limite possível para a saturação. As cores amarelas de saturação mais altas são as que têm valores de luminosidade muito altos, ao passo que as cores azuis de saturação mais alta possuem valores de luminosidade mais baixos.

A escala de saturação é perpendicular ao eixo vertical e aumenta para a extremidade externa, variando de 0 a 20. Quanto mais se afasta do eixo vertical, mais pura é a cor.

Exemplificando, na Figura 25, a notação **2.5R 4/12**, visualizada na Figura 24, significa:

2.5 Sessão da cor

R Matiz ou cromaticidade (vermelho)

4/ Índice de luminosidade

/12 Índice de saturação

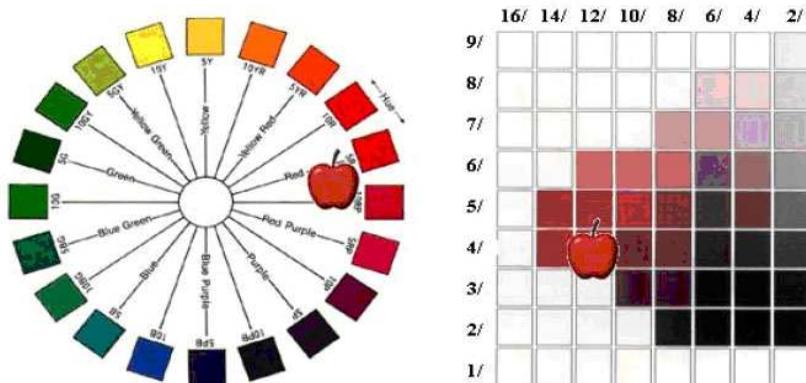


Figura 25 - Sistema de notação Munsell. Fonte: Farkas, 2008.

Quando uma subdivisão mais acurada é necessária, decimais são usados em qualquer um dos atributos pela interpolação de valores. Por exemplo, se a matiz estiver entre o 6Y e o 8Y, pode-se usar a notação 7,5Y.

A representação física deste sistema é o atlas de cores *Munsell Book of Colors*, ilustrado na Figura 26. Ele possui mais de 1600 cores destacáveis e organizadas em 40 páginas.

Dentre as vantagens do Sistema Munsell de cores, estão:

- a) cada nome de cor autodefine seu grau de tom e valor de croma;
- b) cada cor pode ser registrada e comunicada mediante um código;
- c) pode-se escrever a especificação de uma cor e verificá-la mediante características físicas;
- d) as cores novas não atrapalham a ordem da classificação, pois para elas já existe um lugar;
- e) as novas cores podem ser definidas e representadas graficamente a certos intervalos, manifestando, assim, um progresso em termos de matiz, luminosidade e saturação.

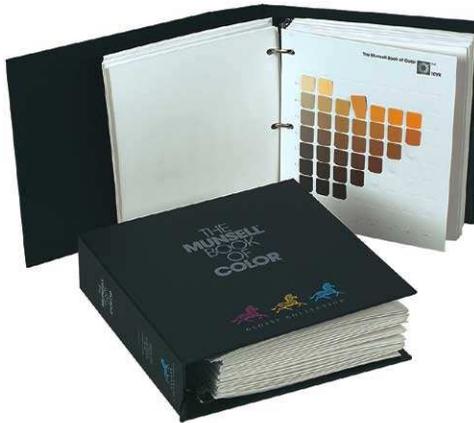


Figura 26 – Atlas de cores *Munsell*.

Fonte: Geology Outfitters, 2010

5.2.3 Sistemas de estímulos de cores

Os sistemas de estímulos das cores, também chamados de sistemas psico-físicos, são baseados nas características dos estímulos das cores medidas, não fornecendo características de aparência das cores.

O sistema colorimétrico da *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) 1931 - ou Comissão Internacional de Iluminação - pertence a este grupo. Evoluções suas, os sistemas CIELAB e CIELUV, de 1976, são amplamente usados na ciência e na indústria. Eles oferecem a possibilidade de especificação de estímulos de cores sem ambiguidade e a medição das diferenças entre elas.

O sistema colorimétrico CIE descrito, em seguida, é usado tanto para caracterização quanto para acerto de cores, e pode ser coordenado com todos os outros sistemas de designação de cores.

5.2.3.1 Sistema colorimétrico CIE 1931

Para superar a insuficiência vocabular de todos os idiomas na designação das cores e facilitar o intercâmbio internacional de corantes químicos e instrumentos eletrônicos de criação e manipulação das cores, no início do século XX foi oficializada a padronização mundial para a colorimetria denominada padronização tricromática (PEDROSA, 2006, p. 110).

A partir de 1931, o Diagrama de Cromaticidade (Figura 27), indicado pela CIE, passou a ser a imagem visível do vocabulário matemático das cores, expresso em milimícrons.

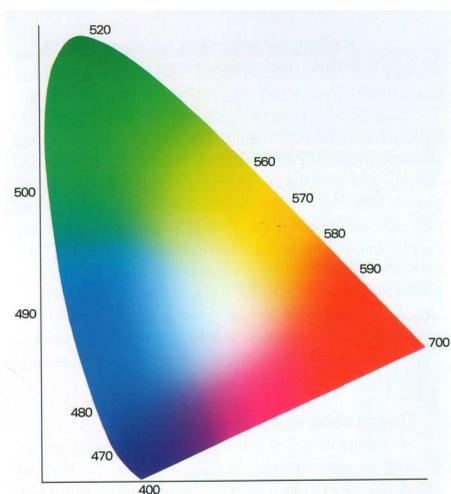


Figura 27 - Diagrama de Cromaticidade CIE.
Fonte: Labcon, (199-?)

Traçado a partir das coordenadas de cromaticidade (x e y), este diagrama é uma representação bidimensional da composição da luz branca, da parte visível do espectro solar (400nm a 700nm). Todas as cores derivadas da combinação das aditivas primárias de luz estão dentro da área limitada pela curva e pela reta conhecida como linha das púrpuras, tendo em sua região central o branco de referência ($x=0,33$, $y=0,33$) (LABCON, [199-?]).

As aditivas primárias de luz, representadas pelas letras maiúsculas X = Vermelho, Y = Verde, Z = Azul, são os valores tristímulos utilizados para calcular as coordenadas de cromaticidade (x , y e z) da cor.

As equações abaixo utilizam os valores tristímulos da Tabela 2 adotados pela CIE.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

A soma dos três valores conhecidos como coordenadas de cromaticidade (x , y e z) é igual a 1.

$$x + y + z = 1$$

Quando os valores das coordenadas forem demarcados no Diagrama, o ponto de intercessão será a representação gráfica da cromaticidade de uma cor dada em relação às três cores primárias. A partir da localização do ponto de cromaticidade é possível deduzir o seu comprimento de onda dominante e a sua pureza.

Como o espectro é contínuo, as cores se interpenetram na passagem de uma para outra, criando misturas que definem sua composição e impossibilitando a existência de uma cor pura. Na Tabela 2, observa-se que o violeta de 400nm de comprimento de onda é composto por 014.310 unidades de vermelho, 000.396 de verde e 067.850 de azul.

A designação da cor por este sistema não fornece informações sobre a energia espectral da cor. Cores com o mesmo percentual de luz vermelha, verde e azul podem não possuir a mesma composição espectral e, portanto, sob outras condições de iluminação podem parecer diferentes. Este fenômeno será explicado no item 5.3.3.

O Sistema CIE é, entretanto, ainda mais preciso do que o Sistema Munsell, pois especifica a cor em bases físicas, eliminando a necessidade do olho humano e de impressões subjetivas. A mais completa medição da cor, porém, deve incluir a Cromaticidade CIE e o

valor de pureza junto ao valor de distribuição espectral. Isto só é possível com equipamentos do tipo espectrofotômetros.

Tabela 2 - Estímulos tricromáticos do espectro.

RESUMO DA TABELA DOS ESTÍMULOS TRICROMÁTICOS DO ESPECTRO Adotada pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) - 1931			
COMPRIMENTO DE ONDA (m μ)	X (vermelho)	Y (verde)	Z (azul)
400	014.310	000.396	067.850
410	043.510	001.210	207.400
420	134.380	004.000	645.600
430	283.900	011.600	1.385.600
440	348.280	023.000	1.747.060
460	290.800	060.000	1.669.200
480	095.640	139.020	812.950
490	032.010	208.020	465.180
500	004.900	323.000	272.000
510	009.300	503.000	158.200
520	063.270	710.000	078.249
540	290.400	954.000	020.300
560	594.500	995.000	003.900
580	916.300	870.000	001.650
600	1.062.200	631.000	000.800
620	854.449	381.000	000.190
640	447.900	175.000	000.020
660	164.900	061.000
680	046.770	017.000
690	022.700	008.210
700	011.359	004.102

Fonte: Pedrosa, 2006.

5.2.4 Espaços de cores CIELUV e CIELAB

Em 1976, os espaços de cores CIELUV e CIELAB foram introduzidos com a ideia de propor uma maneira de registrar os estímulos das cores, de especificá-las e de tornar possível quantificar e visualizar a relação entre elas. Eles partem da premissa de que o estímulo da cor é proporcionado por combinação de uma fonte de luz, de um objeto e de um observador.

O espaço de cor CIELUV foi especificado para uso com cores com iluminação própria, enquanto o CIE 1976 L*a*b* ou simplesmente CIELAB foi intencionado para uso com cores de superfície. Ambos

utilizam os três valores designados luminosidade ou sombreamento denotado L ou L^* , vermelho-verde (A, a^* ou U) e amarelo-azul (B, b^* ou V). A cor percebida é uma combinação única destes três estímulos.

Na escala CIELAB, a axial L é conhecida como luminosidade e se estende de 0 (preto) a 100 (branco). A coordenada a^* apresenta valores positivos para vermelho e negativo para verde, enquanto a coordenada b^* apresenta valores positivos para amarelo e negativo para azul, conforme Figura 28.

É uma maneira de simular os estímulos recebidos no cérebro quando os olhos visualizam uma cor, já que o olho humano nunca verá um vermelho esverdeado ou um amarelo azulado.

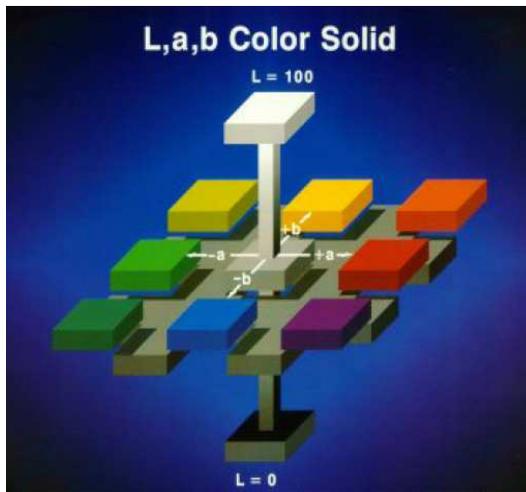


Figura 28 - Modelo tridimensional do espaço de cores CIELAB. Fonte: HunterLab, 2010

5.2.5 Espaços de cores em Computação Gráfica

A modelagem dos sistemas de cor é essencial em Computação Gráfica, pois para a visualização de imagens em dispositivos de saída gráfica é necessário uma informação coerente e precisa para a representação da cor dos objetos (MOREIRA e MACEDO, 2010).

5.2.5.1 Escalas RGB (*red, green, blue*) e CMY (*cyan, magenta, yellow*)

Como é possível evidenciar pelas duas siglas RGB e CMY, representadas pela Figura 29 e usadas pela maioria dos programas de

tratamento de imagem, o computador trabalha simultaneamente com as cores-luz e as cores-pigmento transparentes.

Os modelos tridimensionais de representação dos espaços de cores (Figura 30) são constituídos pelas três cores primárias de luz do espectro visível – vermelha (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*) -, o que resulta no primeiro modelo padrão básico: RGB.



Figura 29 - Cores-luz e cores-pigmento transparentes. Fonte: Pedrosa, 2006.

O modelo CMY, baseado nas cores-pigmento transparentes - ciano (*cyan*), magenta (*magenta*) e amarelo (*yellow*) -, é também designado por modelo subtrativo da cor, em oposição ao modelo RGB, que é designado por modelo aditivo da cor.

A diferença entre as duas escalas é que a RGB representa as cores visualizadas na tela do computador, enquanto a CMY é utilizada na impressão a cores em papel branco. Existe ainda uma variação da escala CMY que inclui o preto (K = *black*), sendo, portanto, designada CMYK.

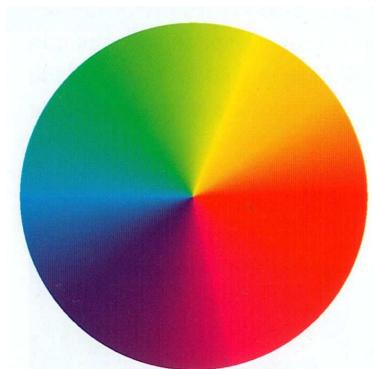


Figura 30 - Espectro cromático da Corel Corporation. Fonte: Pedrosa, 2006.

5.2.5.2 Escalas HSL e HSV

Modelos de cores similares, visualmente intuitivos, são representados por uma figura geométrica (cone duplo) com o uso de três

coordenadas, onde H representa tom, S refere-se a saturação e L ou V a luminosidade (ou luminância). São transformações simples a partir da escala RGB que tentam descrever mais exatamente os percentuais da cor.

5.3 FATORES QUE INTERFEREM NA CARACTERIZAÇÃO DAS CORES

Se a cor é sensação, enquanto interpretação da luz pelo cérebro humano, a cor de um edifício, ao ser acessada pelo observador, pode ter uma aparência de cor diferente daquela especificada ou pode variar em relação às condições de visualização, ou ainda pode parecer diferente entre dois observadores.

Dentre as variáveis que interferem na caracterização das cores estão: o entorno, o fundo, as condições de iluminação, a geometria de observação, o ângulo do observador, a natureza da luz refletida pela superfície, o material da superfície, sua textura e o estado de adaptação dos olhos do observador. Algumas delas são detalhadas a seguir.

5.3.1 O acerto da cor na indústria

O papel da colorimetria na indústria é a reprodução e o acerto de cores levando em consideração todas as variáveis que interferem no processo. É desejável que esse acerto de cor seja feito sob idênticas fontes de luz do material, sob o mesmo ângulo de observação e pela mesma geometria óptica. Só é possível realizar este processo com espectrofotômetros de características especiais.

É importante compreender que duas amostras de cores podem parecer iguais sob uma mesma condição de iluminação e diferentes sob outra. Este fenômeno é chamado de metamerismo. Somente amostras de cores que tenham a mesma Curva de Distribuição de Energia Espectral são consideradas da mesma cor sob todas as fontes de luz (FARKAS, 2008).

O acerto de cor em cores metaméricas também depende dos olhos do colorista, porque as pessoas diferem muito na forma de ver e comparar cores, o que torna o assunto ainda mais complicado. Quando se desconhece as condições lumínicas sob as quais o objeto será visualizado, duas fontes de luz diferentes devem ser utilizadas. Por esta razão, o equipamento de inspeção deve ter, pelo menos, dois iluminantes (item 5.3.1.1).

As cabines de controle de cor proporcionam as necessárias condições à inspeção do acerto de cores de muitos objetos e são

atualmente utilizadas nas indústrias que exigem controle de qualidade rigoroso. O interior destas cabines é revestido por um filme de tom neutro, equivalente às notações Munsell N7 e N8 (Figura 31). Esse tom - cinza - tem a mínima influência na percepção das cores.



Figura 31 - Cabine de inspeção de cores. Fonte: Altmann, 2010

5.3.1.1 Iluminantes padrão

No passado, a fonte ideal para acerto de reprodução de uma cor era a luz do sol com uma particular situação ideal do céu. Porém, devido às variações da luz do sol e do céu, considerou-se que estas não são as melhores fontes de luz para ser utilizadas no acerto ou reprodução de determinada cor.

Como resposta a este problema, em 1931 a CIE especificou os iluminantes padrão. O objetivo foi tornar a luz solar como iluminante padrão por excelência (FARKAS, 2008).

Os iluminantes padrão podem ser classificados conforme a descrição abaixo:

- a) A: representa luz comum de lâmpada de tungstênio (2854K);
- b) B: com a distribuição espectral de um dia de sol com a luz do meio-dia (4870K);
- c) C: representa a distribuição espectral de um dia de sol pela manhã (6740K);
- d) D: substituto do iluminante C, é representado por uma série de iluminantes que simulam a luz do dia de várias maneiras. O mais adotado é o D65 com distribuição espectral típica da luz do dia, branco azulado (6504K).

5.3.1.2 Geometria óptica

Alguns equipamentos de medição de cores iluminam a amostra a certo ângulo e coletam a luz em outro ângulo. Por exemplo: a amostra pode ser iluminada em 45 graus na superfície e a luz refletida, medida em 0 grau. Isto é conhecido como geometria 45/0.

Em outros instrumentos, uma esfera integradora possibilita que a amostra seja iluminada de forma difusa e a luz refletida seja perpendicular à superfície da amostra. Tal esfera é usada para permitir a inclusão do componente especular, tendo o 0 grau deslocado, geralmente para um ângulo de 8 graus.

É extremamente difícil correlacionar medidas tomadas entre instrumentos se a geometria óptica não for idêntica (ITG, 2010).

As quatro geometrias padrão CIE são:

- a) D/8 - iluminação difusa e coleta de luz normal;
- b) 8/D - iluminação normal e coleta de luz difusa;
- c) 45/0 - iluminação em 45 graus e coleta de luz normal;
- d) 0/45 - iluminação normal e coleta de luz em 45 graus.

A geometria 45/0 ou 0/45 simula a cor percebida pelo olho humano, dando informações sobre a aparência da cor: matiz, luminosidade e tonalidade. Já a geometria D/8 ou 8/D fornece dados sobre a cor como estímulo.

5.3.1.3 Observador padrão CIE

Os dados do observador padrão 1931 foram derivados de experimentos de igualação de cores com um arranjo que significa que o estímulo ativou uma área da retina de 2 graus. A distribuição de bastonetes e cones sobre a superfície da retina não é uniforme, uma vez que os valores tristímulus obtidos em 1931 são somente válidos para observações feitas sob condições de visualização de 2 graus.

Isto é equivalente a visualização de uma moeda de 1 centavo a uma distância de 18 polegadas ou à distância do comprimento de um braço, o que não corresponde às condições de visualização frequentemente utilizadas na indústria de colorantes.

Devido ao fato de o observador padrão 1931 de 2 graus não ser apropriado para julgamento visual de cores em áreas maiores, em 1964, a CIE definiu um segundo jogo de funções de observador, conhecido como dado suplementar de observador. Para tal, baseou-se em experimentos de igualação de cores com um campo de 10 graus, equivalente à visualização de uma amostra de 3 polegadas de diâmetro a uma distância de 18 polegadas (ITG, 2010).

5.3.2 Fatores psicológicos

Segundo Urland (1999), muitos são os fatores psicológicos que alteram a percepção da cor de um objeto. A relação entre estímulo físico e sensação da cor não é direta e nem constante. Muitas vezes, a mesma percepção da cor pode ser formada por estímulos diferentes, assim como estímulos constantes podem corresponder a várias percepções da cor em situações diversas.

Entre eles:

- a) adaptação: ajuste do sistema visual à intensidade ou qualidade do estímulo luminoso. Quando o olho é exposto a um nível de iluminação por um tempo x , ele aceita este nível como normal e as outras intensidades são processadas em relação a ele;
- b) metamerismo: situação em que duas amostras de cores parecem iguais sob uma condição de iluminação, por exemplo, mas diferente sob outra. Existem ainda o metamerismo geométrico e o metamerismo do observador;
- c) constância das cores: consiste na tendência das cores de um objeto permanecerem constantes quando a cor da fonte de iluminação, por exemplo, é mudada (contrário de metamerismo);
- d) contraste das cores: a tendência do olho de intensificar a diferença entre cores quando estas são colocadas lado a lado;
- e) memória de cor: a percepção de cor que um objeto familiar sob condições normais de iluminação irá suscitar no julgamento do observador;
- f) efeito de área: mudança na aparência da cor gerada pelo tamanho da amostra.

5.3.3 Fachadas históricas

São diversas as condicionantes que interferem nos dados finais de aparência das cores e como consequência na sua reprodução quando se trata da medição das cores *in situ* de fachadas históricas.

- a) Ambiência lumínica: são as condições de iluminação no local e no momento da medição, como quantidade de luz e qualidade da fonte luminosa, que podem variar segundo as condições do dia, como: horário, luz natural ou artificial, céu aberto ou encoberto de nuvens, reflexo das ruas molhadas pela chuva, etc;
- b) Entorno: influência das cores das fachadas vizinhas determinando outras inter-relações, contraste figura-fundo, sombreamento da vegetação ou de edifícios mais altos, etc;

- c) Alterações químicas pontuais: resultantes da reação da tinta com outras substâncias químicas;
- d) Estado de conservação: do substrato, quando exposto às ações degradantes do meio, a poluição e a umidade;
- e) Envelhecimento da cor: resultado, principalmente, do tempo de exposição das tintas aos raios ultravioleta;
- f) Periódica repintura das fachadas;
- g) Outros: catálogo de tinta não compatível com as cores tradicionais, diferença entre terminologias e nomenclaturas dos elementos construtivos onde estão anotadas as cores de prospecções realizadas em outras fases (LOURENÇO e ANDRADE, 2009).

5.3.4 Complexidades da pintura à base de cal

Conforme mencionado anteriormente, a pintura tradicional à base de cal, assim como os revestimentos antigos, possuem características peculiares do ponto de vista da aparência e que podem influenciar na identificação e na medição das cores.

A lixiviação causada pela água da chuva desgasta a pintura, uma vez que o carbonato de cálcio - CaCO_3 - é solúvel, causando, por vezes, o empalidecimento da cor.

Tradicionalmente, a pintura a cal apresenta certa variação cromática entre as amostras coletadas, causada por manchas, áreas esbranquiçadas e alterações de naturezas diversas, produzindo várias nuances. Isso resulta no fato de que cada área pintada, mesmo se semelhante a uma cor média, é, em realidade, constituída de um mapa muito diversificado de valores cromáticos (FEIFER, 2000).

As texturas e o grau de rugosidade dos rebocos antigos refletem a luz de forma variável, influenciando a aparência da cor e gerando resultados muito diversificados. As pinturas à base de cal são antigas e, portanto, envelhecidas e alteradas pelos agentes degradantes do meio, como a poluição, não sendo possível “imaginar” qual era a cor originalmente empregada.

5.4 MÉTODOS COLORIMÉTRICOS

A especificação das cores por nomes é a maneira mais comum de identificação das cores, que com o passar do tempo ganharam métodos mais elaborados de designação, como os atlas de cores citados anteriormente. Além deles, a colorimetria se vale de outros métodos para medir, analisar e comunicar as cores, que podem ser tanto visuais

quanto instrumentais. Especificamente, para as superfícies arquitetônicas, as medições podem ser realizadas *in situ*, em laboratório ou então em estúdios de trabalho, quando feitas a partir de amostras coletadas.

Ao escolher o método, é importante ter em mente o grau de precisão que se deseja obter para determinado estudo. Obter resultados precisos na medição da aparência da cor é ainda um problema sem solução pela colorimetria, especialmente em se tratando de situações com muitas variáveis, como é o caso da pintura à base de cal.

5.4.1 Métodos visuais

Os métodos visuais, apesar de menos precisos que os métodos instrumentais, são os únicos que dão informações sobre a aparência da cor. A caracterização da cor - identificação, medição e descrição - é feita pela observação usando dois tipos de método: sem ou com amostras de referência.

O método visual de descrição da aparência das cores sem amostra de referência é uma ferramenta conceitual. Neste caso, a discriminação das cores pode ser realizada apenas utilizando um atlas ou escala de cores. Pode ser aplicado em projetos de recuperação das cores em escala urbana. Quando se trata de discriminar a cor de uma amostra por comparação visual entre cores cujas especificações são conhecidas, buscando similaridades entre elas, o método utilizado é o *colour matching*.

5.4.1.1 *Colour matching*

É um procedimento visual usado para decidir se duas cores diferem perceptivamente ou não. Pode ser utilizado para determinar se duas cores são idênticas e não distinguíveis em suas três variáveis ou pode-se focar em apenas um atributo das cores comparadas, julgando, por exemplo, se a matiz ou se a saturação são as mesmas (URLAND, 1999).

Colour matching é um método útil tanto na identificação quanto na reprodução das cores. É realizado a partir da observação direta da amostra da cor a ser medida e de uma referência, como ilustra a Figura 32.

Na prática, frequentemente as cores são obtidas com base em testes feitos diretamente *in situ*, utilizando lápis coloridos ou tintas para a reprodução da cor. Nesse caso, não é necessário um atlas de cores ou

uma paleta de referência, mas se requer experiência do profissional para “acertar” a cor.



Figura 32 - Identificação da cor de uma amostra por *colour matching*. Fonte: Studio Wellspring, 2010

Para estudos mais aprofundados, este método não é recomendado, visto que nenhum sistema de ordenação de cores é utilizado para comunicar as cores. A abordagem mais indicada, entretanto, é utilizar referências de cores conhecidas para registrar a cor da amostra. Por serem leves e fáceis de se carregar são ideais para ser utilizadas em campo.

Podem ser:

- a) tintas de diferentes fabricantes (pedaços de tinta ou catálogos que possuem apenas uma dimensão variável da cor) (Figura 33);
- b) coleção de cores ou atlas dos sistemas de ordenação de cores (que representam as cores em suas três dimensões).

As referências de cores (a) podem ser colocadas diretamente sobre a superfície das amostras para comparação.

Nos casos dos atlas de cores (b), existem duas possibilidades: ou a comparação visual é feita a distância ou então se utilizam máscaras de auxílio (branca, preta, ou cinza) que ajudam a limitar a área de comparação. Alguns atlas, ainda, possuem as referências de cores destacáveis, permitindo o direto contato com a amostra, facilitando a comparação (URLAND, 1999), como é o caso do atlas Munsell (Figura 43).

A abordagem preferida para estudos de cores é aquela baseada nos sistemas de ordenação e codificação das cores, principalmente os padronizados.

Os critérios a ser considerados para a escolha da ferramenta adequada são:

- a) alcance da paleta em relação aos parâmetros da cor a ser especificada;
- b) para superfícies arquitetônicas, a matiz, a saturação e a luminosidade são certamente atributos a ser considerados;
- c) relação da amostra de referência utilizada com os sistemas de ordenação de cores;
- d) compatibilidade das variáveis sob as quais o sistema é construído com a proposta de trabalho;
- e) possibilidade de comparação entre os dados obtidos com outros estudos relacionados;
- f) custo do sistema de referência de cores relacionado com o objetivo e grau de precisão exigido pelo trabalho, seu contexto e outras condições.

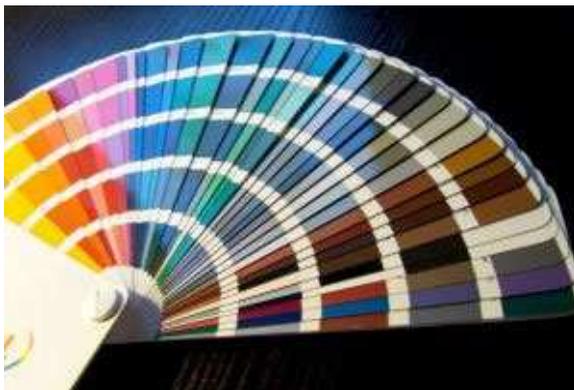


Figura 33 - Catálogo de cores de tintas.

Fonte: Web, Design e CSS, 2010.

5.4.2 Métodos instrumentais

Existem dois tipos principais de instrumentos para medir a cor em superfícies opacas: os colorímetros e os espectrofotômetros de refletância. Existem ainda os telefotômetros, que têm a vantagem de operar à distância.

Diferentemente dos métodos visuais, que medem as cores com base na aparência, os métodos instrumentais medem as cores com base em estímulos físicos. Segundo Urand (1999), desenvolvem-se basicamente em três fases:

- a) *matching* (combinação, comparação): revelam se dois estímulos combinam entre si;
- b) diferença: quantificam a diferença entre as cores;
- c) aparência: comparam estímulos sob diferentes condições visuais.

5.4.2.1 Espectrofotometria e colorimetria

A partir da espectrofotometria ou “medição do espectro”, é possível determinar o modo pelo qual um feixe de luz se subdivide em vários comprimentos de onda. O espectrofotômetro desdobra a radiação refletida ou transmitida pela superfície do objeto em comprimentos de onda, desde ondas curtas (aproximadamente 400 nm) até ondas longas (aproximadamente 700 nm), resultando em um espectro de refletância (URLAND, 1999).

O espectro de refletância de uma amostra pode ser usado em conjunto com a função do observador padrão da CIE e a distribuição relativa da energia espectral do iluminante, para calcular os valores tristímulos XYZ (Figura 34). Ele basicamente compara a luminosidade da superfície colorida em teste com a de outra, virtual e perfeita no espectrofotômetro, ambas iluminadas por um feixe de luz de cada comprimento de onda por vez. As diferenças em suas relativas refletâncias através do espectro são visualizadas como curva. Por meio de cálculos de computador, a curva de refletância pode ser traduzida em termos colorimétricos e representada graficamente no diagrama cromático CIELAB. Estes instrumentos também são capazes de converter as medições em notações de sistemas de ordenação de cores conhecidas, como as do Munsell.

A colorimetria, por sua vez, trabalha a partir das três cores primárias, correspondendo aos aspectos fisiológicos que condicionam a percepção da cor, principalmente a natureza tricromática dos olhos. Os resultados medidos são expressos em quantidades dessas radiações refletidas das superfícies dos objetos, conhecidas como especificação da cor por tristímulos (Figura 35).

Em outras palavras, os colorímetros empregam três filtros de banda larga para obter três números, que podem ser convertidos diretamente para valores tristímulos. Consequentemente, os colorímetros não podem providenciar dados de refletância espectral e também não produzem um acerto visual satisfatório quando as condições de visualização da cor diferem.

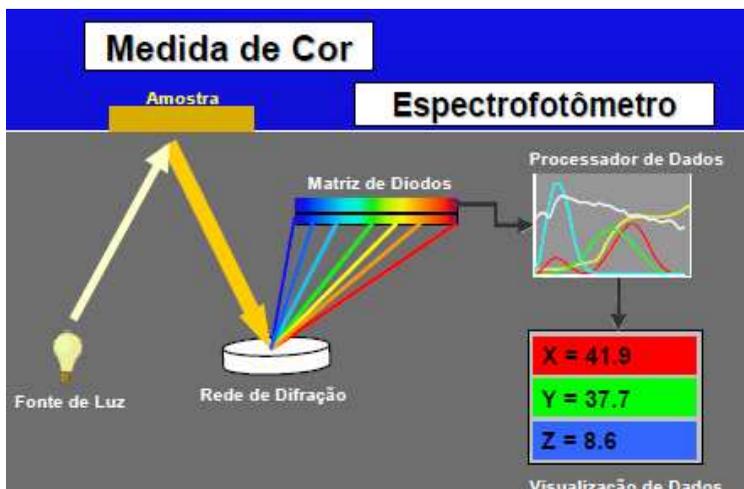


Figura 34 - Funcionamento da medição da cor com espectrofotômetro. Fonte: Farkas, 2008.

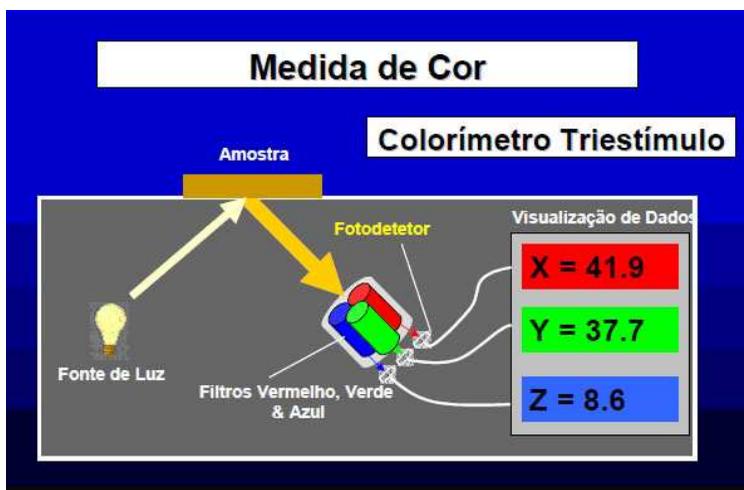


Figura 35 - Funcionamento da medição da cor com colorímetro. Fonte: Farkas, 2008.

5.4.3 Métodos empíricos

À parte os métodos científicos existentes, na prática, os profissionais utilizam métodos próprios para medição e identificação das cores de fachadas, com base nas ferramentas e instrumentos disponíveis.

A fim de levantar estes métodos, foram consultados profissionais da área da ciência da conservação dos estados de Paraná e Santa Catarina. Entre eles: restauradores e arquitetos dos setores público e privado, comerciantes de tintas sintéticas e um químico responsável por uma indústria de tintas para restauração.

Para identificação das cores *in situ*, o método de comparação visual com base nos catálogos de cores comerciais é, sem dúvida, o mais utilizado e difundido, mesmo para pinturas à base de cal.

Questionados sobre a possibilidade da cor não ser encontrada no catálogo disponível, os profissionais afirmam que o resultado é aproximado. Quando se requer um resultado mais preciso, procura-se em paleta antiga ou de outro fornecedor de tintas. Os sistemas de codificação de cores como o atlas de cores Munsell são pouco utilizados entre os profissionais que operam em campo.

Para a reprodução da pintura a cal, a operação mais comum é a realização de testes diretamente sobre uma área selecionada da fachada. (Figura 36). À mistura, feita a partir da hidratação artesanal da cal ou da pintura em pó pronta para uso, são adicionados pigmentos para se obter a cor desejada. Os pigmentos mais utilizados são os óxidos de nome comercial Xadrez da Lanxess. O acerto da cor é feito por meio da tentativa e da comparação visual. A desvantagem deste método é que as dosagens feitas “a olho” não constituem registros comunicáveis. Quando anotadas, as receitas são aproximadas e pouco precisas.



Figura 36 - Acerto da cor em canteiro.

Fonte: IPHAN (20--)

Os métodos instrumentais de medição das cores são ainda menos utilizados pelos profissionais em campo, pois geralmente são de

propriedade de pessoas jurídicas (instituições de ensino, centros de pesquisas, laboratórios, empresas, comércio de tintas, etc.).

No comércio, o espectrofotômetro, apesar de ser um equipamento portátil, é acoplado ao tintômetro das marcas de tintas comercializadas. Suas inúmeras funções são reduzidas à leitura de amostras para serem convertidas em cores do fabricante já formuladas pelo sistema tintométrico (software, computador e máquina dosadora), ilustrado pela Figura 37.



Figura 37 - Sistema tintométrico de fabricante de tintas.
Fonte: Mil Tintas, 2010

A indústria de tintas consultada não opera com o acerto instrumental das cores. Este processo é feito “a olho”, por um profissional especializado, chamado de colorista, que compara visualmente a amostra enviada pelo cliente com a paleta de cores formulada pela indústria, cuja composição é conhecida.

O método utilizado pelas restauradoras é a reprodução das cores em papel. Coleta-se uma amostra em canteiro e em seguida procede-se com a análise visual em laboratório sob luz mais próxima da natural, com uma lupa de pala a fim de investigar indícios de alguma substância estranha à cor. Em seguida, as cores são reproduzidas visualmente com tinta sobre papel e então são coladas sobre fichas onde é possível analisá-las comparativamente. A partir daí faz-se a escolha da amostra a ser reproduzida em tinta.

Essa técnica pode ser útil quando não é possível medir as cores em campo, em casos em que as cores não sejam identificadas em paletas comerciais e, principalmente, quando é necessária uma visão global de todas as fases cromáticas pela qual passou o edifício, porém, requer um

profissional experiente e com boa propensão para visualização das cores.

É opinião comum a todos os profissionais que os métodos de caracterização e reprodução de cores ainda é uma questão a ser investigada e aprimorada, visto a dificuldade da padronização de um método simples e eficaz.

6 MÉTODO PROPOSTO

O método proposto para a caracterização das cores divide-se em duas etapas. A primeira refere-se às observações realizadas em campo e a segunda, às medições da cor do objeto de estudo escolhido.

6.1 OBSERVAÇÃO EM CAMPO

O percurso descrito a seguir é uma sugestão de abordagem do tema caracterização das cores de fachadas de edificações históricas, que pode ser aplicado em eventuais trabalhos práticos e/ou acadêmicos.

É um roteiro adaptado da metodologia italiana desenvolvida para a identificação das cores da cidade de Bolonha, que consente na obtenção de resultados preliminares sobre a coloração de um edifício ou de inteiros centros históricos a partir da observação *in situ* (SANTOPUOLI, 2000).

Antes de realizar a medição das cores, orienta-se que o profissional se dedique a conhecer o objeto em estudo, traduzindo em documentos escritos e desenhos as impressões geradas pela observação em campo da edificação e do seu entorno.

O objetivo da observação em campo é, portanto, orientar os profissionais na coleta de dados preliminares sobre a coloração das fachadas, identificando os fatores que podem interferir na medição das cores.

As ferramentas necessárias são: trena comum ou eletrônica, prancheta portátil, material de desenho, máquina fotográfica, escala de cores e lupa manual. Serão descritos os nove passos sugeridos, dando-se ênfase aos aspectos importantes que são comumente negligenciados em obras de restauração.

6.1.1 Delimitação do objeto de estudo

Esta etapa possibilita a delimitação do objeto de estudo, seja ele um exemplar ou toda uma rua ou quarteirão. A primeira observação do objeto de estudo deve ser conduzida de um ponto de vista capaz de enquadrá-lo por inteiro, permitindo a avaliação dos seus aspectos singulares em relação ao todo. Este ponto estratégico será, quase sempre, do nível da rua, porém não se deve eliminar a possibilidade de uma visão do alto, aproveitando, por exemplo, um edifício vizinho.

Em se tratando de conjunto urbano, a análise pode ser realizada por meio de fotografias aéreas, através das quais é possível delimitar áreas ou edificações com características comuns, pela observação do alinhamento predial, das cores e formas dos telhados, da dimensão dos terrenos, etc.

6.1.2 Levantamento fotográfico

O objetivo desta etapa é formar um banco de dados digital por meio do qual seja possível individualizar todas as fachadas e detalhes construtivos. No caso de várias edificações, as fotografias devem ser identificadas e organizadas em pastas no computador.

É importante que as tomadas fotográficas, a câmera e a configuração da mesma sejam padronizadas e as condições do clima e o horário, anotados. Indica-se o uso de baixa sensibilidade para se obter cores mais reais.

Ao fotografar áreas do revestimento, pormenores da pintura e amostras coletadas, o ideal é que as fotografias sejam acompanhadas por uma escala de cores, como a *Kodak Color Control Patches*²⁴, visualizada na Figura 28, que serve de auxílio, posteriormente, no acerto das cores em computador.



Figura 38 - Escala de cores *Kodak Color Control Patches*.

Fonte: Robin Myers Imaging, 2010

6.1.3 Levantamento geométrico das fachadas

A representação gráfica da geometria das fachadas ajuda o observador a compreender o sistema construtivo e as fases construtivas da edificação. Contribui também para a identificação de intervenções posteriores como chaminés, tubulações, fiação e outras.

O levantamento pode ser realizado pelo processo tradicional, em forma de croqui a mão, com trena manual ou eletrônica, sobre uma prancheta portátil. Nos casos em que tecnologias mais atuais de registro

²⁴ A *Kodak Color Control Patches* pode ser importada por *sites* de venda pela *internet* pelo valor de aproximadamente US\$ 135,00.

são acessíveis, as ortofotos, obtidas com fotogrametria digital, garantem um resultado mais preciso.

6.1.4 Análise do entorno

Esta etapa refere-se à análise visual do entorno da edificação com o intuito de identificar os mecanismos de degradação (poluição, umidade, insolação, etc.) e elementos (árvores, edificações mais altas) que possam vir a alterar a percepção das cores e que, portanto, interfiram na caracterização das mesmas.

É possível, ainda, simular o comportamento do sol sobre a edificação, em diversos horários do dia, por meio de softwares de computação gráfica em três dimensões, como o Google Sketchup.

6.1.5 Reconhecimento do sistema de coloração

De acordo com Santopuoli (2000), por meio do estudo das manifestações patológicas, é possível obter pistas sobre o sistema de coloração empregado, diferenciando, no caso do patrimônio arquitetônico brasileiro, o sistema tradicional a cal das pinturas sintéticas.

As manifestações podem ser identificadas diretamente em campo ou com base em fotografias. Caso as dúvidas persistam, é necessário proceder com a coleta de amostras, para análises químicas em laboratório (item 4.3.2), a fim de identificar os veículos e pigmentos, sugerindo o tipo de tinta empregado.

6.1.6 Avaliação do estado de conservação da pintura

A avaliação do estado de conservação da pintura pressupõe assinalar as áreas que apresentam danos e, portanto, aquelas cuja coloração pode ter sofrido alterações. Contribui, também, para a identificação de áreas homogêneas do ponto de vista cromático. A partir desta avaliação, é possível delinear as intervenções sucessivas para obras de conservação.

6.1.7 Levantamento da tipologia cromática

Esta etapa deve levantar, *in situ* ou com base no arquivo de imagens, as principais tipologias cromáticas das fachadas em estudo, contendo toda a gama de cores que as compõem.

Sugere-se que os resultados sejam transcritos em fichas contendo a identificação da edificação e o desenho da fachada com a demarcação

de seus componentes suscetíveis de ser coloridos: paramento, esquadrias, sóclo, lesena, capitel, etc., elencados pela sua correta terminologia técnica.

É importante que os termos utilizados para nomear tanto os elementos arquitetônicos quanto suas cores sejam universais, para que não haja distorção e dubiedade na compreensão da leitura por outras pessoas ou em outras épocas.

6.1.8 Seleção de pontos

Com a observação visual das fachadas, é possível individualizar pontos sobre os quais realizar análises macroscópicas com lupa, ensaios estratigráficos (conforme item 4.3.1), coleta de amostras (conforme item 4.3.3) e a medição das cores propriamente ditas.

A lupa manual pode ser de auxílio na obtenção de dados adicionais sobre a composição dos revestimentos e tecnologia empregada, tais como: cores, textura, brilho, número de camadas, espessura das camadas, constituição e eventual presença de aditivos.

Os pontos escolhidos devem ser representativos do todo, ou seja, não devem apresentar intervenções anteriores e manifestações patológicas e devem possuir cromaticidade uniforme. Devem ser identificados na fachada, numerados e registrados com fotografias.

Quando se trata da pintura à base de cal, a análise prévia é essencial para definir o tom e proceder com a medição em vários pontos, pois, segundo Welsh (1982), quando a cor é analisada isoladamente, pode não trazer resultado.

6.1.9 Escolha do método colorimétrico

O método colorimétrico deve ser escolhido com base no tipo de resultado, na complexidade do trabalho, na disponibilidade financeira, no grau de precisão requerido e em outros fatores que serão avaliados no decorrer desta pesquisa, mais precisamente, no capítulo referente à comparação dos métodos.

A preferência deve ser dada aos métodos e técnicas realizáveis *in situ*, “...visto que as amostras removidas do lugar de origem, para análise em laboratório, geralmente não representam a cor histórica verdadeira” (PERRAULT, 1978, p. 7). Além disso, as amostras coletadas devem ser reduzidas, ao mínimo possível, quando se trata de bem patrimonial.

6.2 MEDIÇÃO DAS CORES

Para esta dissertação são adotados quatro métodos colorimétricos para ser testados em um objeto de estudo: dois visuais e dois instrumentais.

O objetivo é avaliar a viabilidade destas técnicas em projetos de restauração cromática do patrimônio histórico. Para isso, serão descritos os seus procedimentos, resultados, facilidades e obstáculos encontrados. No Capítulo 7, os métodos serão comparados, visando-se as vantagens e desvantagens de cada um.

Entre as ferramentas e os instrumentos utilizados estão o *Munsell Soil Color Charts*, cedido pelo Laboratório de Tecnologia do Restauro da Universidade Federal de Santa Catarina, e a Paleta de tintas sintéticas da marca Coral de 2010, como referência para medição visual das cores. Para as medições instrumentais são utilizados o Analisador de Cor ACR 1023, do fabricante Instrutherm, emprestado pelo Laboratório de Análises de Materiais e Rochas da Universidade Federal do Paraná, e o espectrofotômetro MiniScan XE Plus da Hunter Lab, de propriedade do Laboratório de Alimentos, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná.

O nível de iluminação incidente nas fachadas foi medido com o Luxímetro Digital MLM-1333, do fabricante Minipa, pertencente ao Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, e com a própria câmera fotográfica Canon Digital Rebel XTI EOS.

Para as medições visuais e instrumentais, as condições de mensuração são fixadas, quando possível: ângulo do observador, distância do observador, geometria do equipamento, iluminante padrão.

As medições foram propositalmente realizadas pela manhã e à tarde para verificar a eventual interferência da luminosidade nos equipamentos e na aparência das cores. As áreas ou pontos selecionados foram medidos três vezes, com cada técnica, para se obter uma média.

6.2.1 Medição da luz incidente

O objetivo é certificar se os dados levantados na análise do entorno, sobre a incidência de luz, coincidem com os dados levantados pelos equipamentos. Pretende-se, também, obter o nível de iluminância incidente nas fachadas, para avaliar sua interferência na percepção das cores.

Será realizada neste texto uma comparação entre os resultados obtidos com a câmera fotográfica (em f/stops) e aqueles obtidos com o

luxímetro (em lux), a fim de verificar a possibilidade de uso da câmara fotográfica como instrumento para medição de luz.

6.2.1.1 Luxímetro Digital

O Luxímetro Digital MLM-1333, visualizado na Figura 39, é um equipamento portátil, compacto e leve (210g). Funciona à bateria de 9V e é de fácil utilização. Seu sensor de medição pode ser separado do corpo do aparelho para facilitar a medição.

Possui um leitor em *display* LCD de 3 ½ dígitos. Proporciona medidas em Fc (*footcandles*), nas faixas 20fc, 200fc, 2000fc e 20kfc, e em Lux (quantidade de luz incidente), nas faixas 20 Lux, 200 Lux, 2000 Lux e 20 K Lux (ou 20000 Lux).

6.2.1.2 Câmera fotográfica

A câmara fotográfica Canon Digital Rebel XTI EOS, ilustrada na Figura 40, é uma câmara dotada do recurso de fotometragem manual.

O fotômetro é um aparelho que mede a intensidade da luz existente no ambiente e que fornece as regulagens necessárias para a câmara capturar a imagem. Toda câmara possui um fotômetro interno.

As lentes das câmeras fotográficas possuem um diafragma, que funciona como a íris do olho humano, controlando a quantidade de luz que passa através da lente. Os pontos utilizados para medir, numa escala numérica, a quantidade de luz que passa pelo diafragma são chamados de f/stops. Ao contrário do que parece, quanto menor o número de f/stop, mais luz passa pela lente e mais escuro é o ambiente.



Figura 39 - Luxímetro MLM-1333. Fonte: Minipa, 2010



Figura 40 - Canon Digital Rebel XTI EOS. Fonte: BlipsPhoto, 2010

6.2.2 Medição visual

O objetivo consiste em comparar a cor do embasamento das fachadas frontal e lateral com referências conhecidas - *colour matching* - a fim de encontrar a cor equivalente ou mais próxima possível.

6.2.2.1 Paleta de tintas

A Paleta de tintas da marca Coral 2010, ilustrada na Figura 41, é uma das mais completas do mercado de tintas imobiliárias e possui 2016 cores, separadas pelas matizes principais. Cada cor possui um nome comercial e um código numérico.

A notação da Paleta de tintas da marca Coral é desenvolvida pela empresa *Akzo Nobel* e é baseada nos atributos de cor - matiz, luminosidade e saturação -, todavia, é uma notação única, não podendo ser comparada com outras escalas de cores baseadas nos mesmos atributos.



Figura 41 - Paleta de cores Coral 2010.

6.2.2.2 *Munsell Soil Color Charts*

Este atlas de cores, visualizado na Figura 42, é uma versão reduzida do *Munsell Color of Books* específica para identificação das cores de solos, o que a torna ideal para identificação das cores a cal, cujos pigmentos são de origem terrosa. Seu custo em sites de venda pela internet é de aproximadamente US\$ 200,00.

Suas 9 cartelas organizam 322 diferentes cores padrão, em páginas destacáveis de acordo com a notação Munsell (Figura 43). As

cores dispostas em cada cartela são de matiz constante, designadas por um símbolo no alto da página, do lado direito. Verticalmente, as cores iniciam em baixo, com as mais escuras, e sobem até as mais claras, designando a escala de luminosidade. Horizontalmente, elas crescem em saturação (ou pureza), da esquerda para a direita.

Neste livro o sistema de nomeação das cores de solos é complementar à notação Munsell e igualmente importante para sua caracterização. Porém, será dada preferência à notação Munsell pela dificuldade de tradução e, principalmente, porque a identificação de solos não interessa a esta dissertação.



Figura 42 - *Munsell Soil Color Charts.*



Figura 43 - Páginas destacáveis do *Munsell Soil Color Charts.*

6.2.3 Medição instrumental

O objetivo da prática instrumental é obter dados colorimétricos com os equipamentos disponibilizados e compará-los, para avaliação de sua viabilidade e eficiência no processo de medição de cores de superfícies arquitetônicas e históricas.

6.2.3.1 Analisador de cor ACR-1023

O Analisador de cor ACR-1023 (Figura 44) é um colorímetro portátil, de fabricação nacional, leve (478g), ideal para ser usado em campo. Ele pode funcionar com um cabo de energia ou com bateria de 9V. Possui leitor digital, com mostrador LCD de cristal líquido e um sensor de cor externo.

O aparelho foi projetado principalmente para medir a cor de amostras não luminosas. Nesse caso, uma fonte de luz ilumina a amostra e a luz refletida pela superfície é analisada pelo método espectral, cuja escala de operação varia de 400 nm a 700 nm.



Figura 44 - Analisador de cor ACR-1023.
Fonte: Instrutherm, 2010

A calibração, que antecede a medição da cor, é um procedimento que visa zerar o equipamento em relação à influência de medições precedentes. As medições são obtidas nas escalas RGB (*red, green e blue*), de 0 a 1023, e HSL (*hue, saturation, luminance*), de 0 a 1,000. Sua geometria óptica de medição é 45/0, ou seja, a amostra é iluminada em 45 graus na superfície e a luz refletida é medida em 0 grau.

Este instrumento é incomparavelmente mais simples do que um espectrofotômetro e é limitado em termos de precisão, iluminantes, ângulo do observador e outras características. Seu custo atual no mercado é aproximadamente R\$2.000,00.

6.2.3.2 Espectrofotômetro

O Mini Scan XE Plus fabricado pela HunterLab, ilustrado na Figura 45, faz parte da família dos instrumentos de medição de cor compactos e portáteis. Pode ser utilizado em campo, em inspeções de materiais e controle de cor, abrangendo a indústria têxtil, alimentícia, de colorantes, de papel, plásticos, metal e materiais de construção.

Pesa 1,3kg, seu alcance espectral vai de 400nm a 700nm e a precisão em comprimento de onda é de 1nm. Possui lâmpada Xenon e um mostrador LCD (6,4cm x 6,4cm.). Suas medidas aproximadas em comprimento, altura e largura são respectivamente (10,2 cm x 12,7 cm x 25,4 cm).



Figura 45 - MiniScan XE Plus da HunterLab.
Fonte: HunterLab, 2010

A geometria óptica pode ser de 45/0 ou D/8. Todavia, não é uma opção a ser escolhida, é uma característica da manufatura do equipamento. O espectrofotômetro disponibilizado pela Universidade Federal do Paraná possui geometria de 45/0.

Visto que as aplicações diferem, é possível rotacionar o mostrador na tela LCD para facilitar a leitura estando em qualquer

posição: 0°, 90°, 180° e 270°. Diferente de outros equipamentos, tanto os dados de medição quanto as unidades de processamento podem ser lidos diretamente na tela.

Dispositivos para posicionar as amostras na porta do sensor e opções de acessórios facilitam o uso do MiniScan XE Plus, tornando-o adaptável a vários tipos de situação.. Ele pode ser acoplado a um computador ou a uma impressora externa, fixo em bancada como é possível visualizar na Figura 46 e adaptado para medir substâncias líquidas ou têxteis.

O custo atual do equipamento gira em torno de US\$ 10.000,00. No Brasil, o MiniScan XE Plus custa cerca de R\$ 50.000,00 para compra junto a importadores especializados. As opções de configuração que o instrumento oferece são muitas: as amostras podem ser numeradas na sequência e os resultados, memorizados, o modo de visualização das medições, as escalas e os índices podem ser escolhidos, etc.



Figura 46 - Adaptação do MiniScan XE Plus para bancada. Fonte: HunterLab, 2010

Frequentemente, na indústria, espectrofotômetros são utilizados para analisar se duas amostras diferem ou não. Nesse caso são estabelecidos, previamente, limites de tolerância aceitáveis e os resultados são medidos em índices delta, que fornecem a diferenças entre duas medições.

Aqui serão elencados apenas os modos de configuração que interferem nas medições desta pesquisa.

- a) Iluminantes: as opções são A, C, D65, F e TL84;
- b) Observador: observador padrão 2° ou 10°. O observador padrão 10° é recomendado para a maior parte das aplicações;
- c) Escalas de cor: XYZ, Yxy, Hunter Lab, CIELAB, LCh e Rdab;
- d) Modo de configuração padrão: alguns modelos de configurações padrão já estão gravados na memória do equipamento.

7 APLICAÇÃO PRÁTICA

Uma edificação foi escolhida como base para as observações em campo e para a experimentação dos métodos colorimétricos.

7.1 OBJETO DE ESTUDO: A CASA DO VIGÁRIO

A Casa do Vigário é uma edificação histórica, situada na encosta do morro da Lagoa da Conceição, acima da Igreja Nossa Senhora da Conceição, em Florianópolis. A Figura 47 mostra sua localização.

O principal motivo que levou à sua escolha é que a edificação ainda conserva a pintura à base de cal com toda a sua complexidade já citada. Seu revestimento está em estado de degradação avançado, o que pode interferir na caracterização de suas cores. Trata-se de um bem tombado e uma das edificações mais antigas da Ilha de Santa Catarina, construída provavelmente no século XVIII. Figuras 48 e 49.



Figura 47 - Localização da Casa do Vigário. Florianópolis, SC. Fonte: Google Earth, 2010.

Foi construída como residência do vigário da igreja. Originalmente possuía planta retangular composta por duas salas, um

quarto, uma alcova, um corredor e uma cozinha. Ao longo do tempo sofreu alterações e o acréscimo de corredor lateral, modificando seu acesso principal e volumetria, que da elevação lateral direita passou à elevação frontal. (Ver levantamento cadastral na Figura 50). Hoje a edificação encontra-se sem uso.



Figura 48 - Casa do Vigário.



Figura 49 - Casa do Vigário.

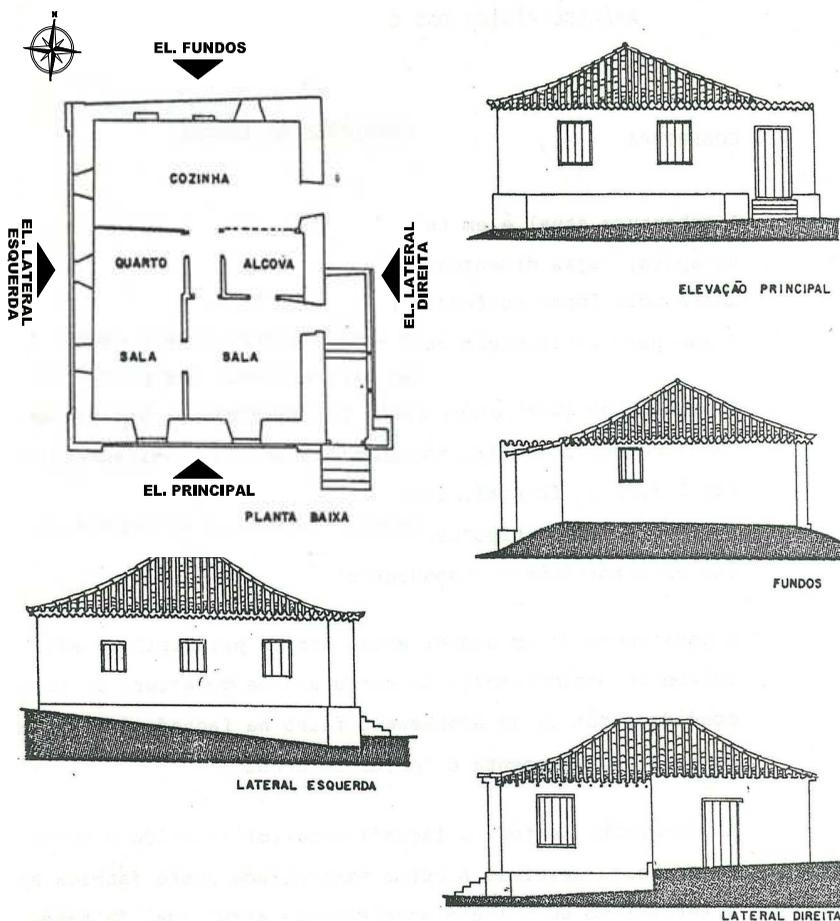


Figura 50 - Levantamento cadastral da Casa do Vigário.
 Fonte: ADAMS; ALBERS, 1992.

7.2 RESULTADOS DA OBSERVAÇÃO EM CAMPO

7.2.1 Delimitação do objeto de estudo

Na Casa do Vigário, a primeira abordagem foi realizada da edificação globalmente e de todos os pontos de vista possíveis, procurando individualizar os detalhes construtivos e relacioná-los com a fachada correspondente e com a inteira edificação.

Devido à dificuldade de acesso às fachadas posterior e lateral direita e, principalmente, à configuração destas últimas, que não possuem o embasamento de coloração avermelhada, decidiu-se por limitar a aplicação prática às fachadas frontal e lateral esquerda. As duas fachadas podem ser visualizadas na Figura 51.

Outro motivo da escolha de duas fachadas para a realização da experimentação prática foi o confronto dos dados, que podem resultar diferentes em função da influência do entorno.



Figura 51 - Vista das fachadas lateral e frontal da Casa do Vigário.

7.2.2 Levantamento fotográfico

Na Casa do Vigário, as fachadas escolhidas foram fotografadas formando um arquivo digital de 99 imagens por meio do qual foi possível tanto visualizar os aspectos particulares de cada fachada quanto compreender sua inserção no contexto.

As fotografias foram realizadas com câmara profissional digital Canon EOS Rebel XTI, em duas condições adversas de iluminação: de manhã (por volta das 10 horas) e à tarde (por volta das 16 horas), em dias ensolarados, com céu aberto.

Não foi possível encontrar a escala de cores *Kodak Color Control Patches* nos revendedores nacionais de material fotográfico, portanto, sua contribuição na caracterização das cores de revestimentos não foi avaliada.

7.2.3 Levantamento geométrico

Considera-se que o levantamento geométrico do percurso proposto em nada interfere no objetivo desta dissertação (medição das

cores), portanto, não foi realizado. Caso se tratasse de um projeto de restauração cromática das superfícies, esta etapa seria essencial.

7.2.4 Análise do entorno

A Casa do Vigário está afastada do centro urbano e situada na encosta do morro, lateralmente a uma via local. A única influência que poderia sofrer, devido à alteração do meio ambiente, seria do tráfego de veículos, capaz de provocar fissuras, desestabilizar a edificação e gerar danos por poluição. Entretanto, o tráfego local apenas de moradores, aparentemente não é responsável por qualquer dano considerável.

Comparativamente, a fachada lateral (Figura 52) parece estar menos sujeita à ação das intempéries do que a fachada frontal (Figura 53), pois faceia a rua que corre paralela a uma massa de vegetação de altura similar à edificação. Já a fachada frontal está totalmente exposta e não possui barreira de proteção vegetal ou outra.



Figura 52 - Fachada lateral.



Figura 53 - Fachada frontal.

Sobre a incidência de luz nas fachadas, a fachada lateral, orientada a oeste, sofre o efeito causado pelo sombreamento da vegetação à tarde. Já na fachada frontal, face sudeste, possivelmente a incidência de luz em todos os horários do dia é maior, pois não possui barreira contra a luz.

Sobre a percepção das cores, a luminosidade do branco das paredes destaca-se em meio ao entorno e o embasamento vermelho contrasta com sua cor complementar²⁵, o verde da grama e da vegetação circundante, ressaltando ainda mais sua vivacidade. Não existem edificações vizinhas mais altas que possam causar sombreamento, contraste de cores ou que barrem a luminosidade do céu, conforme ilustram as Figuras 54 e 55.



Figura 54 - Entorno da Casa do Vigário.



Figura 55 - Entorno da Casa do Vigário.

²⁵ O par de cores complementar refere-se às cores opostas no Círculo Cromático.

7.2.5 Reconhecimento do sistema de coloração



Figura 56 - Manchas características da degradação da pintura a cal.

Na Casa do Vigário, são evidentes os sinais que revelam uma pintura à base de cal: a lenta desagregação da película pictórica com a perda de pigmento e sem a formação de bolhas, deixando transparecer pinturas anteriores e a variação cromática das superfícies (manchas), conforme ilustra a Figura 56.

7.2.6 Avaliação do estado de conservação da pintura

Os revestimentos das duas fachadas estão igualmente em péssimo estado de conservação. São raras as áreas de coloração homogênea.

Além da desagregação da pintura em toda a extensão das superfícies, possuem danos como fissuras, abaulamento com destaque do reboco, incrustação, pátina biológica e outros (Figura 57). As causas mais prováveis da sua degradação são a ação das intempéries, a umidade ascendente e a falta de manutenção.

Verificou-se que as manifestações patológicas alteram a aparência da cor das fachadas. Rente ao solo, provavelmente devido à umidade, a coloração é amarelada ou negra e, em vários pontos da fachada, ela é escurecida pela incrustação de agentes biológicos. A água da chuva também causa manchas em alguns pontos.



Figura 57 - Danos que alteram a aparência das cores da Casa do Vigário.

7.2.7 Levantamento da tipologia cromática

Pelo fato da edificação em estudo ser uma tipologia típica do período colonial, possui poucos elementos decorativos que podem ser coloridos. Os elementos assinalados são os que seguem acompanhados de um código de referência da cor da paleta de tintas da Coral, exceto o branco.

Embasamento - vermelho-alaranjado - Ruivo Profundo 60 YR 13/371

Esquadrias - vermelho-escuras - Carmim Aveludado 30 YR 11/393

Paramento - branco²⁶

Para a realização das medições, foi escolhido apenas o embasamento, que é pintado à cal com pigmentos, diferente das paredes, pintadas a cal, porém brancas.

7.2.8 Seleção de pontos

Na Casa do Vigário é raro encontrar áreas uniformes do ponto de vista cromático, pois praticamente toda a extensão do embasamento das fachadas é coberta por pintura de coloração descontínua.

Para as medições das cores foram individualizados, porém, quatro pontos considerados homogêneos e isentos de danos. Estes quatro

²⁶ Na teoria das cores, o branco não é cor, e sim a mistura de todas as cores-luz, porém para este estudo será utilizado o termo coloquial “cor branca”.

pontos, dois na fachada lateral esquerda e dois na fachada frontal, representam a cor do embasamento como um todo.

Eles foram identificados com sinalizador adesivo (Figuras 58 e 59), com números e registrados com fotos e desenhos. Os pontos da fachada lateral esquerda foram denominados P1 e P2 (Figura 49) e os da fachada frontal, P3 e P4 (Figura 60).



Figura 58 - Sinalizador adesivo.



Figura 59 - Marcação dos pontos sobre a fachada.

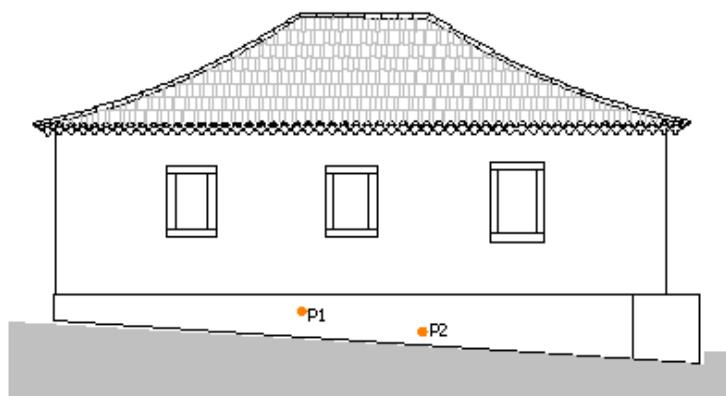


Figura 60 - Pontos 1 e 2 da Fachada Lateral.

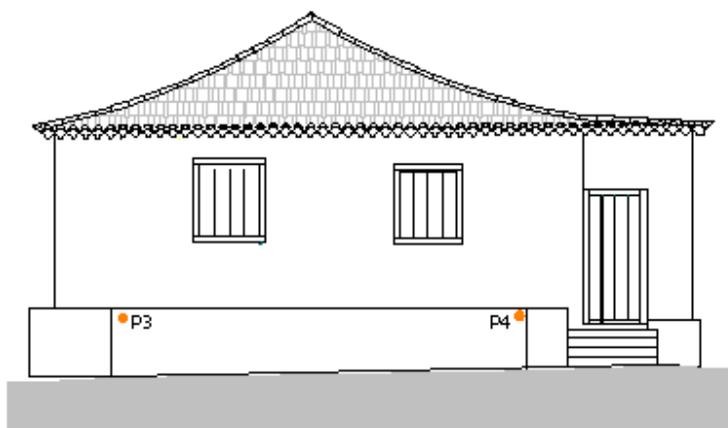


Figura 61 - Pontos 3 e 4 da Fachada Frontal.

7.3 PROCEDIMENTOS E RESULTADOS DA MEDIÇÃO DAS CORES

7.3.1 Luxímetro Digital

Para obter o nível de iluminação incidente nos Pontos 1, 2, 3 e 4, foram realizadas medições no período da manhã e da tarde, em dias de céu aberto, ensolarados. Durante as medições, a iluminação sobre as fachadas era difusa e homogênea, sem incidência direta dos raios de sol sobre o equipamento.

Foi selecionada a chave 20K-Lux (1 K-Lux = 1.000 Lux) do aparelho, já que a medição foi feita durante o dia em lugar aberto. O sensor foi desconectado do instrumento, colocado paralelamente à fachada e segurado firmemente sobre o ponto a ser medido, conforme é possível visualizar na Figura 62. Tomou-se cuidado para que a pessoa ficasse longe do sensor, em posição a evitar o sombreamento.

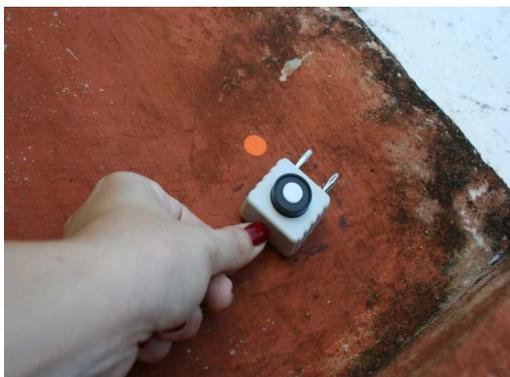


Figura 62 - Medição com o Luxímetro Digital MLM - 1333

Os resultados do período da tarde, representados pela Tabela 3, apontam que a luminosidade é praticamente igual entre os pontos da mesma fachada e cresce na sequência. Os Pontos 1 e 2 da fachada lateral possuem um nível de iluminância 85 por cento mais baixo do que os Pontos 3 e 4 da fachada frontal (aproximadamente 1,46 Klux contra 2,7 Klux).

Durante a manhã, a Tabela 4 mostra que a fachada frontal possui nível de iluminância maior, cerca do dobro, ou 100 por cento (4,8 Klux contra 2,4 Klux) a mais que a fachada lateral. Nesse caso os números não crescem na sequência: o Ponto 1 é maior que o Ponto 2, e o Ponto 3 é maior que o Ponto 4.

Tabela 3 - Resultados da medição com luxímetro digital realizada à tarde.

PONTO	K-Lux
1	1,46
2	1,47
3	2,7
4	2,73

Data: 25/05/2010 Horário: 16:30 h

Tabela 4 - Resultados da medição com luxímetro digital realizada pela manhã.

PONTO	K-Lux
1	2,5
2	2,41
3	4,94
4	4,8

Data: 26/05/2010 Horário: 9:30 h

7.3.2 Câmera fotográfica

Alguns parâmetros das tomadas fotográficas foram fixados: a distância do observador até o ponto a ser medido (1 metro), a distância focal ($DF=55$ mm), a sensibilidade ISO (800) e a velocidade do obturador (1/9 s). Para cada um dos quatro pontos medidos, a abertura do diafragma foi anotada.

Tabela 5 - Resultados da medição com câmera fotográfica digital, à tarde.

Ponto	Diafragma (f/stop)
1	5.6
2	5.6
3	6.3
4	6.3

Data: 25/05/2010 Horário: 16:30 h

Tabela 6 – Resultados da medição com câmera fotográfica digital, pela manhã.

Ponto	Diafragma (f/stop)
1	5.6
2	5.6
3	7.1
4	7.1

Data: 26/05/2010 Horário: 9:45 h

Nota-se que tanto na Tabela 5 quanto na Tabela 6, ou seja, pela tarde e pela manhã, a abertura do diafragma ($f/stop$) é igual para os pontos da mesma fachada. Os Pontos 1 e 2 mantêm sempre o mesmo valor tanto de manhã quanto à tarde.

Ainda no período da tarde (Tabela 5), as medições realizadas na fachada frontal (Pontos 3 e 4) apresentam resultados maiores que a fachada lateral (Pontos 1 e 2), sendo ainda maiores no período matutino (Tabela 6).

7.3.3 Paleta de tintas

A visualização da paleta de cores foi padronizada: sempre em 45 graus em relação à fachada, (Figuras 63 e 64), por não mais de 20 segundos, tomando-se cuidado para não haver interferência de sombras. Foram adotadas três condições de iluminação diferentes - em campo de manhã e à tarde e em escritório sob luz artificial, a partir de amostra coletada, conforme procedimentos descritos no item 7.3.6.



Figura 63 - Colour matching com paleta de tintas.



Figura 64 - Colour matching com paleta de tintas.

Os resultados representados pela Tabela 7 indicam que durante o período da tarde foram levantadas quatro alternativas de cores diferentes, visto que a pouca iluminação dificultou a visualização das cores. Na manhã, Tabela 8, as cores dos Pontos 1 e 2 (que possuem índice de iluminância menor) pareciam ser ligeiramente mais escuras que as dos outros pontos.

Das quatro cores escolhidas anteriormente, foram selecionadas apenas duas, que ao serem comparadas a uma amostra da fachada em local fechado, sob luz artificial, optou-se pela cor com o nome comercial de Ruivo Profundo (Tabela 9).

Tabela 7 - Resultados de *colour matching* com paleta de tintas, à tarde em campo.

Nome Comercial	Código	Matiz
Cobre alaranjado	Cartela 61 - 53YR 17/504	
Vermelho Oleiro	Cartela 67 - 50YR 15/377	
Ruivo Profundo	Cartela 73 - 60 YR 13/371	
Tesouro Valioso	Cartela 76 - 80 YR 17/406	
Data: 25/05/2010 Horário: 17:30 h Local: em campo		

Tabela 8 - Resultados de *colour matching* com paleta de tintas, pela manhã em campo.

Nome Comercial	Código	Matiz
Vermelho Oleiro	Cartela 67 - 50YR 15/377	
Ruivo Profundo	Cartela 73 - 60YR 13/371	
Data: 26/05/2010 Horário: 11:00 h Local: em campo		

Tabela 9 - Resultados de *colour matching* com paleta de tintas, em local fechado.

Nome Comercial	Código	Matiz
Ruivo Profundo	Cartela 73 - 60YR 13/371	
Data: 27/05/2010 Horário: 18:00 h Local: escritório		

7.3.4 *Munsell Soil Color Charts*

A maior dificuldade no uso desta coleção consistiu em encontrar a cartela adequada. Optou-se pelas cartelas de matiz amarelo-avermelhada (*yellow redish*): 2.5, 5, 7.5 e 10YR. Em seguida, descartaram-se aquelas que menos se assemelhavam e a visualização foi sendo realizada sobre cada ponto da fachada, com cada cartela, em diferentes horários do dia, anotando-se sempre os resultados.

Seguiram-se os procedimentos prescritos no próprio atlas. Utilizou-se a máscara preta, indicada para cores escuras em vez da máscara cinza, para cores claras (Figuras 65 e 66).

Conforme é possível visualizar na Tabela 10, a cor dos Pontos 1 e 2 aproxima-se da notação 2.5YR 4/6 e a dos Pontos 3 e 4, da notação 2.5YR 4/8. Interpolando os resultados, conforme indicação do atlas, obtém-se a cor 2.5YR 4/7 (Figura 67).

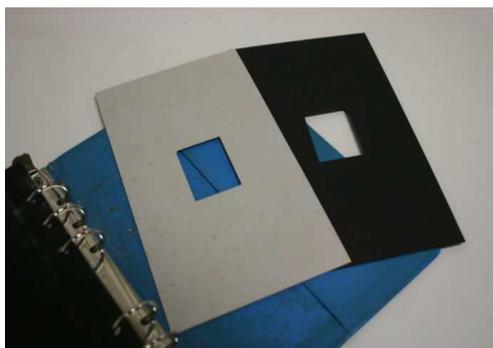


Figura 65 - Máscara cinza e preta do *Munsell Soil Color Chart*.

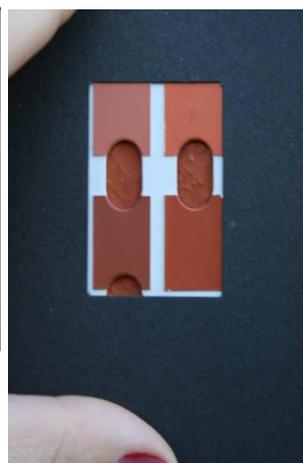
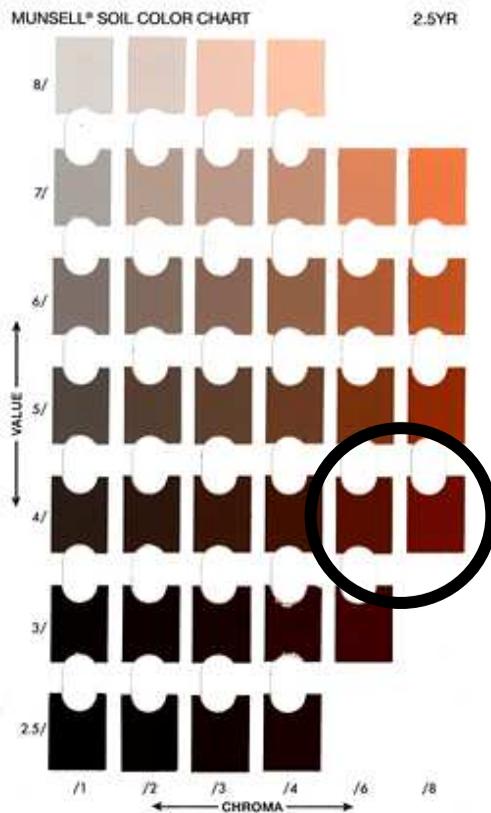


Figura 66 – Detalhe da cartela 2.5YR do *Munsell Soil*.

Tabela 10 - Resultados de *colour matching* com *Munsell Book*, em campo.

Ponto	Código Munsell	Matiz
1 e 2	2.5YR 4/6	
3 e 4	2.5YR 4/8	
Interpolação	2.5YR 4/7	
Data: 25 e 26/05/2010 Horário: 10:30h e 17:30 h Local: em campo		

**Figura 67** - Cartela 2.5YR do *Munsell Soil Color Charts*.
Fonte: P.J Colour Resources, 2010

7.3.5 Colorímetro

A calibração é um procedimento comum aos equipamentos de medição de cores. Foi realizada conforme indicação do fabricante: deve-se segurar o sensor pelo corpo sobre o cartão branco e pressionar a função de calibração. O display mostrou as letras R, G e B autocalibrando-se em sequência (Figura 68).

Em seguida, a medição foi realizada de ponto a ponto, tomando-se cuidado para que o instrumento se ajustasse perfeitamente à superfície rugosa do reboco. Para impedir a eventual entrada de luz, foi usado massa de modelar, na cor preta, em torno do sensor.

Foram consideradas que duas medições em cada ponto, com e sem a massa vedante (Figuras 69 e 70), de manhã e à tarde, forneceriam dados suficientes. As medidas foram obtidas na escala RGB 1023 e anotadas.



Figura 68 - Processo de calibração do Analisador de cor ACR-1023.



Figura 69 - Medição com o ACR-1023, com massa vedante.



Figura 70 - Medição com o ACR-1023, sem massa vedante.

Para análise dos resultados, as medidas obtidas na escala RGB 1023, que significa que os valores R (*red*=vermelho), G (*green*=verde) e B (*blue*=azul) variam de 0 a 1023, foram transformadas para a escala RGB 255. Esta última é mais difundida e usual nos programas de computação gráfica. As duas escalas são diretamente proporcionais, sendo que a RGB 1023 é quatro vezes maior que a RGB 255. A transformação, portanto, foi feita dividindo-se os valores obtidos pelo número quatro.

As Tabelas que se seguem representam as médias obtidas entre três medições. A Tabela 11 refere-se às medições realizadas à tarde, com massa e sem massa vedante. A Tabela 12 refere-se às medições realizadas pela manhã, com massa e sem massa vedante.

Analisando-se os resultados das Tabelas 11 e 12, percebe-se que os valores de R são crescentes na sequência dos pontos (salvo o Ponto 4, da Tabela 11, e o Ponto 3, da Tabela 12) e crescentes em relação às medições realizadas sem massa e maiores ainda pela manhã.

Detalhadamente, para as medições realizadas à tarde (Tabela 11), os valores de R, para os Pontos 1, 2 e 3, com massa vedante, são menores que os valores sem massa para os mesmos pontos. Da mesma maneira, para as medições realizadas pela manhã (Tabela 12), os valores de R para os Pontos 1, 2 e 4, com massa vedante, são menores que os valores de R para os mesmos pontos, sem massa vedante.

Tabela 11 - Resultados da medição com o colorímetro, à tarde, com massa e sem massa vedante.

Ponto	Escala	0 - 1023	0 - 255	0 - 1023	0 - 255
1	R	224,5	56	227	57
	G	109,5	27	113	28
	B	72,5	18	74	19
2	R	241,5	60	246	62
	G	109	27	111	28
	B	72	18	74	19
3	R	253	63	257	64
	G	105,5	26	106	27
	B	68	17	67	17
4	R	265,5	66	243	61
	G	116	29	110	28
	B	73,5	18	72	18
Medição realizada:		com massa vedante		sem massa vedante	

Tabela 12 - Resultados da medição com o colorímetro, pela manhã, com massa e sem massa vedante.

Ponto	Escala	0 - 1023	0 - 255	0 - 1023	0 - 255
1	R	235	59	243,5	62
	G	120	30	122	26
	B	79	20	77	20
2	R	247,5	61	251	62
	G	109,5	27	113,5	24
	B	72	18	75,5	19
3	R	263	66	261	65
	G	109,5	27	112,5	24
	B	68,5	17	72,5	18
4	R	280	70	287,5	71
	G	123	31	127	27
	B	78	20	81	20
Medição realizada:		com massa vedante		sem massa vedante	

7.3.6 Espectrofotômetro

A Tabela 13 mostra a configuração adotada: o padrão Luz do dia, cuja posição é denominada Setup 1. O tipo working significa que é possível realizar várias medições em sequência sem que o mostrador volte para o menu principal. O mostrador dá o resultado em números absolutos com valores para (L,a,b). A opção de obter as médias entre várias medições está desligada. Ainda a configuração mostra as opções iluminante D65 e observador padrão 10°.

Tabela 13 - Configuração padrão do MiniScan XE Plus adotada

Configuração	Posição	Tipo	Mostrador
Luz o dia	Setup 1	Working	Absoluto
Média	Iluminante	Observador	Escala de cor
Desligada	D65	10°	L*a*b*

A medição com o espectrofotômetro só foi permitida nas dependências do Laboratório de Alimentos da Universidade Federal do Paraná. Foi autorizado pelo proprietário da Casa do Vigário, a Casa dos Açores de Santa Catarina, coletar apenas uma amostra. O Ponto 2 foi escolhido e os procedimentos seguiram aqueles descritos no item 4.3.3, conforme ilustram as Figuras 71 e 72.



Figura 71 – Coleta da amostra.



Figura 72 – Acondicionamento da amostra.

Antes de realizar a medição, o instrumento foi calibrado segundo as instruções do fabricante. A calibração regula a parte inferior e superior da escala com o eixo neutro. Primeiramente simulou-se o que ocorre quando a amostra absorve totalmente a luz, acertando a parte inferior da escala. Para isso, a placa preta foi colocada sob a porta. Em seguida, o mesmo procedimento foi feito com a placa branca, simulando a luz refletida (Figura 73).

O procedimento de medição é ilustrado pelas Figuras 74 e 75. A amostra foi colocada sob a porta do equipamento e em seguida o botão central foi pressionado. Foram realizadas três medições sobre a mesma amostra, em pontos diferentes, a fim de obter repetibilidade. Ao final, obteve-se uma média entre os resultados L^* , a^* e b^* .



Figura 73 - Calibração sendo realizada com a placa cerâmica branca. Fonte: HunterLab, 2010



Figura 74 - Amostra a ser analisada em espectrofotômetro. Fonte: HunterLab, 2010



Figura 75 - Escala de cores $L^*a^*b^*$.
Fonte: HunterLab, 2010

Analisando-se a média obtida entre as três medições, representadas na Tabela 14, o $L^* = 46,24$ significa que a cor está praticamente na metade da escala entre o preto e o branco, sendo ligeiramente mais escura do que clara. O valor positivo de $a^* = 19,94$ significa que a cor tende ao vermelho e o valor positivo de $b^* = 21,24$, que a cor tende ao amarelo quase na mesma proporção.

Tabela 14 - Resultados em $L^*a^*b^*$ da medição da amostra com espectrofotômetro

Escala	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média
L^*	45,70	47,06	45,95	46,24
a^*	20,54	19,22	20,06	19,94
b^*	21,74	20,72	21,27	21,24

Data: 01/06/2010 Local: Laboratório de Alimentos UFPR

8 CONCLUSÕES

8.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

8.1.1 Luxímetro digital

O índice de iluminância mais baixo incidente no período da tarde, sobre a fachada lateral, confirma o sombreamento da fachada causado pela vegetação, pois, sendo orientada a oeste, deveria possuir índice maior.

O fato da fachada frontal, orientada a sudeste, possuir índice de iluminância maior, principalmente pela manhã, confirma, também, a observação do entorno realizada em campo: sem barreira contra luz, os raios incidem diretamente e com maior intensidade sobre a superfície. Conclui-se que o item Análise do Entorno, da Etapa 1, é eficiente, uma vez que as hipóteses levantadas em campo, com base na observação, foram verificadas e confirmadas pelo equipamento.

8.1.2 Câmera fotográfica

A medição da luz com a câmera fotográfica trouxe resultados similares aos obtidos com o luxímetro, no que se refere à sequência da intensidade da luz incidente nos pontos: à tarde a fachada frontal possui índices de abertura do diafragma maiores que a fachada lateral, sendo ainda maiores pela manhã.

Não é possível afirmar, entretanto, que os resultados são idênticos, pois os pontos da fachada lateral quando medidos com a câmera fotográfica são sempre iguais. Já os pontos da fachada frontal, durante a manhã, não são 100 por cento maiores que os da fachada lateral, como na medição com o luxímetro.

Conclui-se, portanto, que as câmeras fotográficas digitais, dotadas do recurso de fotometragem manual, também podem ser utilizadas como instrumento de medição de luz. Entretanto, para trazer resultados tão precisos quanto os obtidos com o luxímetro, alguns procedimentos deveriam ser adotados. Entre eles, o uso de sensibilidade baixa, que proporciona melhor definição das cores. Sabe-se, também, que é possível fazer um procedimento para obter os resultados em lux, a fim de comparar os dois instrumentos.

8.1.3 Paleta de tintas

Mesmo não possuindo uma notação universal, pode-se concluir que, na paleta de tintas, o primeiro número acompanhado de duas letras (60YR) refere-se à matiz, que de 0 a 99 corresponde a 60 numa escala do amarelo para o vermelho.

Os números que seguem 13 / 371 referem-se à luminosidade e à saturação na mesma ordem. A luminosidade varia de 0 a 99 numa escala do preto ao branco e a saturação da cor varia de cinza neutro para o croma intenso, porém não foi possível obter sua escala junto ao fabricante.

Entende-se, portanto, que o Ruivo Profundo é uma cor 60 por cento mais vermelha que amarela, de baixa luminosidade (13) e de intensidade possivelmente média (371), pois, quanto mais alto o número mais intensa é a cor.

Conclui-se que, mesmo sendo uma paleta de cores comerciais e, portanto, de notação própria, foi possível interpretá-la a partir dos atributos das cores. Entretanto, foi preciso pesquisar a variação das escalas de cores, acessando o fornecedor.

8.1.4 *Munsell Soil Color Charts*

Interpretando a notação 2.5YR 4/7: significa que a matiz 2.5YR indica uma cor mais avermelhada do que amarelada numa escala de 0 a 10 YR, o valor 4 (luminosidade) indica que é uma cor ligeiramente mais escura, numa escala de 0 a 10, 40 por cento do caminho do preto para o branco, e o valor 7 (saturação) indica que a cor é mais “limpa” do que “suja” numa escala de 0 a 20.

Da mesma forma que com a paleta de tintas comerciais, a notação Munsell é fácil de interpretar e exige o conhecimento básico da teoria das cores pelos profissionais. Sua vantagem está no fato de ser uma notação universal, com infinitas possibilidades de interpolação das cores, sendo impossível não encontrar a cor similar.

8.1.5 Colorímetro

A maior dificuldade no uso do Colorímetro ACR-1023 consistiu em compreender a escala de medição RGB 1023, muito pouco difundida entre os profissionais da área de cores.

Sobre os resultados, quanto maior o valor de R (*red*), significa que a cor é mais clara, ou mais luminosa. Visto que os valores de R são crescentes em relação aos pontos que possuem maior índice de

iluminância e que, ainda, são maiores nas medições realizadas sem vedação, confirma-se a hipótese de que a luz vaza para dentro do sensor do colorímetro, interferindo nos resultados da medição.

Em se tratando de um equipamento de medição de cor, a luminosidade externa não deveria influenciar nos resultados e os valores de R (*red*) deveriam ser constantes em qualquer horário do dia, com ou sem vedação. Questiona-se, entretanto, se entre as matizes de menor e maior valor de R encontradas existe variação significativa em aparência de cor. Segue comparação visual na Tabela 15.

Tabela 15 - Comparação visual entre as matizes de menor e maior valor de R (*red*) obtidas com o colorímetro.

Escala	0 - 255	Matiz com menor valor de R (<i>red</i>)
R	59	
G	30	
B	20	
Escala	0 - 255	Matiz com maior valor de R (<i>red</i>)
R	71	
G	27	
B	20	

As matizes observadas na Tabela 15 são diferentes, uma vez que a primeira é mais escura e “amarronzada” que a segunda. Tal diferença pode interferir consideravelmente nos resultados de trabalhos desta natureza.

Conclui-se que o Colorímetro ACR-1023 - indicado para medir as cores de superfícies lisas - teve seu desempenho prejudicado pela rugosidade do revestimento e que o artifício usado para impedir a entrada de luz no equipamento não foi eficiente. Não é descartada, porém, a possibilidade do seu uso em situações cuja precisão não está entre os quesitos requeridos.

8.1.6 Espectrofotômetro

Segundo a interpretação do espaço de cores $L^*a^*b^*$, a cor obtida apresenta luminosidade média e possui praticamente as mesmas proporções de amarelo e vermelho.

Levanta-se a hipótese de que o resultado não seja preciso, devido ao tamanho da amostra. Esta é menor do que a abertura do sensor. Justifica-se que não foi possível coletar amostra maior, pois o revestimento de cal não tinha coesão.

A maior dificuldade encontrada no uso deste equipamento foi compreender as muitas configurações e possibilidades que oferece. Certamente, em usos industriais e por profissionais especialistas, suas opções seriam melhor desfrutadas.

8.2 COMPARAÇÃO VISUAL DOS RESULTADOS

Os resultados das medições foram comparados visualmente por meio do software de computação gráfica *Corel Draw X4*, como é possível visualizar na Tabela 16.

A paleta de tintas não foi comparada, pois não é possível transcrever sua notação em computador, visto que não é uma referência universal.

Para os resultados obtidos com o colorímetro, foi realizada a média entre as medições efetuadas com a massa de modelar na escala RGB 255 e em seguida representados em computador. A média obtida é RGB (63 – 28,5 – 18,5).

A média dos valores obtidos na escala $L^*a^*b^*$ (46 – 20 – 21) pelo espectrofotômetro foi diretamente representada em *Corel Draw*.

A notação Munsell (2,5YR 4/7) foi convertida na escala $L^*a^*b^*$ por meio do software *Munsell Conversion - Version 10.0 8ª* antes de ser representada em *Corel Draw*. Este software converte as notações Munsell nos espaços de cores XYZ, $L^*a^*b^*$, RGB (0 a 255) e CMYK e vice-versa, com a opção de escolha do iluminante e do observador padrão, conforme é possível visualizar na Figura 76. Foram obtidos os resultados $L^*a^*b^*$ (41 – 28 – 32).

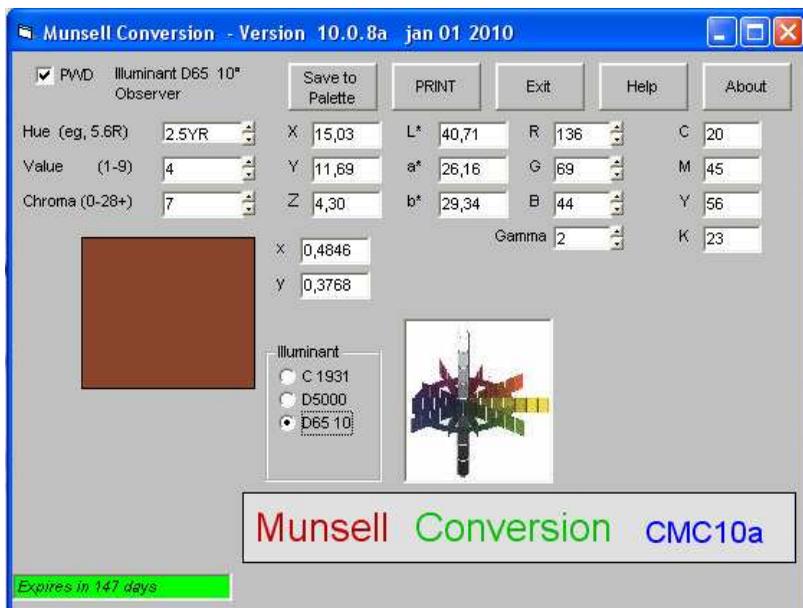


Figura 76 - Conversão da notação Munsell pelo software *Munsell Conversion*.

Visualmente na tela do computador, dentre os resultados expressos pela Tabela 16, a cor que melhor representa aquela do embasamento das fachadas da Casa do Vigário (Figura 77) é a da notação Munsell. A cor com o colorímetro apresenta um tom vermelho mais escuro, quase marrom. Já a cor do espectrofotômetro é pouco saturada e, portanto, menos viva que a cor percebida.

Tabela 16 - Quadro de comparação visual das cores.

<i>Munsell Book of Soils</i>	Colorímetro ACR 1023	Espectrofotômetro MiniScan XE Plus
2,5YR 4/7 L*a*b* (41 - 28 - 32)	RGB (63 - 28,5 - 18,5)	L*a*b* (46 - 20 - 21)
		

**Figura 77** - Cor “real” do embasamento da Casa do Vigário.

As hipóteses levantadas para a diferença entre as cores são:

- o fato do colorímetro não ter bom funcionamento sobre superfícies rugosas, permitindo a entrada de luz;
- o fato da amostra utilizada para a medição com o espectrofotômetro ser muito pequena e não cobrir totalmente a entrada do sensor.

8.3 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS

As coleções de cores e os instrumentos utilizados na experimentação prática são, a seguir, comparados a fim de verificar as vantagens e desvantagens de cada método. Foram estabelecidos sete conceitos considerados imprescindíveis para a viabilidade destes métodos. No quadro comparativo da Tabela 17, para cada conceito foram atribuídos os valores positivo (+), negativo (-) e médio (+-), conforme os graus de avaliação.

Base do método: nesse único caso, o quadro comparativo indica se o método fornece resultados em estímulos de luz ou aparência de cores.

Portabilidade: indica se a ferramenta é portátil e o seu grau de facilidade para ser operada em campo.

O sinal (+) indica uma ferramenta portátil, leve e apta a ser manuseada em campo. O sinal (+-) indica que a ferramenta, apesar de ser portátil, possui complicadores que impossibilitam que seja levada a campo. O sinal (-) indica que não é uma ferramenta portátil.

Operacionalidade: refere-se ao grau de interface da ferramenta com o usuário e a facilidade de operação durante o procedimento de medição.

O sinal (+) indica se a interface com o usuário é fácil. O sinal (+-) significa que a interface com o usuário é média. O sinal (-) indica que operar a ferramenta é difícil e exige pessoa capacitada.

Custo de aquisição: refere-se ao custo da ferramenta e à facilidade de aquisição pelo usuário.

O sinal (+) refere-se a um custo alto (acima de R\$ 10.000,00). O sinal (+-) refere-se a uma ferramenta de custo médio (de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00). O sinal (-) indica uma ferramenta relativamente econômica (abaixo de R\$ 1.000,00).

Interpretação dos resultados: indica se a ferramenta exige profissional capacitado, com conhecimentos específicos para sua interpretação.

O sinal (+) indica que, para aquela ferramenta, os resultados são facilmente interpretados. O sinal (+-) indica facilidade de interpretação média. O sinal (-) refere-se a uma ferramenta cujos resultados são de difícil interpretação e necessitam de usuário com conhecimentos específicos.

Confiabilidade nos resultados: indica se, para a finalidade de medição de cores em fachadas de edificações históricas, a confiabilidade nos resultados da ferramenta é alta, média ou baixa.

O sinal (+) indica uma ferramenta precisa na avaliação das cores, cuja confiabilidade nos resultados é alta. O sinal (+-) indica uma ferramenta cuja confiabilidade nos resultados é média. O sinal (-) refere-se a uma ferramenta que não trouxe resultados confiáveis quando aplicada em fachadas de edificações históricas.

Escala universal: aponta se os resultados das medições são expressos em escala ou notação universal, possibilitando sua comunicação e a conversão em outras escalas.

O sinal (+) indica uma ferramenta cuja notação é universal, sendo possível convertê-la em outras escalas. O sinal (+-) quer dizer uma ferramenta cuja notação é universal, porém pouco difundida. O sinal (-) indica a ferramenta cuja notação é única, não podendo ser comparada com ou transformada em outras escalas.

Tabela 17: Comparação entre os métodos colorimétricos.

Ferramenta / Instrumento	Base do Método	Portabilidade	Operacionalidade	Custo de Aquisição	Interpretação Resultados	Confiabilidade resultados	Escala Universal
Paleta de Tintas	Aparência da cor	+	+	+	+-	+-	-
<i>Munsell Books of Soils</i>	Aparência da cor	+	+	+	+	+	+
Colorímetro ACR 1023	Estímulos da cor	+	+-	+-	+-	+-	+-
Espectrofotômetro Mini Scan XE Plus	Estímulos da cor	+-	-	-	-	+	+

A partir da interpretação da Tabela 17, conclui-se, que nas pesquisas de medição de superfícies arquitetônicas, os métodos visuais, cujos resultados são expressos em aparência das cores, não podem ser dispensados.

O espectrofotômetro, mesmo sendo portátil, apresenta portabilidade média. Devido a seu alto custo, raramente é um instrumento de posse de pessoa física. É mais utilizado por indústrias, universidades e centros de pesquisa, sendo assim, de acesso limitado aos profissionais que o utilizariam em campo.

Sua operacionalidade é difícil, pois necessita de profissional familiarizado com o equipamento, capaz de operar as suas funções. Já a operacionalidade do colorímetro em campo foi considerada média em comparação às ferramentas visuais, pois como todo instrumento, requer calibração, alimentação a bateria, etc.

No quesito custo, os métodos visuais são mais acessíveis. Já no quesito interpretação dos resultados, a paleta de tintas exige o conhecimento da notação própria da marca, o que não é acessível aos profissionais.

O colorímetro apresentou dificuldade em relação à interpretação das escalas nas quais expressa seus resultados e apresentou confiabilidade média nos resultados, pois a luminosidade interferiu significativamente nas medições.

O espectrofotômetro é o equipamento cujos resultados são mais detalhados e precisos, porém pela complexidade na interpretação, requer um profissional com vasto conhecimento da área de colorimetria e controle de cores.

A escala universal é um quesito muito importante para pesquisas deste teor, uma vez que os projetos de restauração cromática devem constituir registros compreensíveis a outros profissionais. Neste sentido, a paleta de tintas não é indicada, pois sua notação é própria do fornecedor. Já o colorímetro apresentou resultado médio, pois tanto a escala RGB 1023 quanto a HSL são universais, porém, não são comumente utilizadas.

O método que mostrou mais resultados positivos foi o *Munsell Color Soil Charts*, como pôde ser observado na Tabela 18. Ele é uma ferramenta ideal para avaliação das cores das fachadas históricas pintadas a cal: é compatível com as cores a cal, é portátil e de baixo custo.

8.4 CONCLUSÕES E NOVAS PESQUISAS

Sabe-se que nas medições das cores das fachadas é impossível obter uma cor dita “correta”, pois são muitas as variáveis que interferem na aparência das cores e, portanto, na sua caracterização, o que se agrava em pinturas à base de cal.

As conclusões desta pesquisa transcritas aqui limitam-se, portanto, a servir como orientação aos profissionais atuantes na área de conservação na escolha do método colorimétrico que mais se adapte aos projetos de restauração cromática do patrimônio histórico.

A aplicação do roteiro proposto de observação em campo à Casa do Vigário e ao seu meio circundante mostrou-se eficaz, uma vez que contribuiu para levantar algumas das variáveis que interferem na aparência das cores e na sua caracterização.

Confirma-se, portanto, que a visita ao local e a análise do objeto de estudo, antes de se iniciar o trabalho, ajudam o profissional a traçar uma metodologia de pesquisa, com base nas informações coletadas *in situ*. Neste ponto, por exemplo, o profissional estará apto a escolher os pontos da fachada que serão medidos, a selecionar o método colorimétrico mais adequado ao fim proposto e a selecionar as análises químicas para o reconhecimento do sistema de coloração, caso sejam necessárias.

Sobre os métodos visuais, sabe-se que, para superfícies arquitetônicas, a avaliação das cores por comparação com referências conhecidas (*colour matching*), universais com base nos atributos é uma ferramenta que não deve ser desconsiderada. O conhecimento destes atributos por parte dos profissionais, assim como do círculo cromático e da teoria das cores, é útil na descrição e na interpretação das cores.

Durante as conversas informais com os profissionais para levantamento dos métodos empíricos, notou-se, por exemplo, que, quando o atlas Munsell é conhecido, raramente sabe-se interpretar sua notação. A comparação dos métodos realizada nesta pesquisa apontou que o Sistema Munsell foi o que apresentou mais resultados positivos e, portanto, poderia ser melhor aproveitado para pesquisas deste cunho.

Sobre a medição da luz incidente nos pontos a serem medidos, os pontos com maior incidência de luz aparentam ter uma cor mais clara (ou luminosa), o que deve ser levado em consideração no momento da avaliação visual das cores *in situ*. O horário do dia e a iluminação do entorno também interferem na aparência das cores.

Os equipamentos de medição da luz foram utilizados nesta pesquisa para confirmar as hipóteses levantadas em campo. Eles podem

ser utilizados, mas não acrescentam dados diferentes daqueles obtidos preliminarmente com a observação visual.

Conclui-se que a medição instrumental para este tipo de trabalho é de maior complexidade, pois implica fatores como a coleta de amostras em bens históricos, o alto custo de alguns equipamentos e, contraditoriamente, não traz resultados superiores, visto que a precisão não está entre os quesitos mais necessários. Além disso, a superfície rugosa dos revestimentos tradicionais é um complicador nas medições instrumentais, interferindo negativamente nos resultados.

Se, ainda assim, a opção for por um método instrumental, deve-se avaliar, antes de tudo, se a escala de cor, na qual o equipamento expressa seus resultados, é uma escala universal, visto que em pesquisas deste teor, a cor deve ser compatível com outras escalas, comunicável a outros profissionais, em outras localidades e em outros tempos.

Deve-se avaliar, também, a possibilidade e o tamanho da amostra a ser coletada em campo.

Recomenda-se o uso de espectrofotômetros, apesar do seu alto custo, para projetos de recuperação cromática de áreas de maior extensão, na escala urbana.

REFERÊNCIAS

ABRAFATI. Estabelecidos limites máximos de emissão de VOCs para tintas imobiliárias. Abrafati: Tintas Imobiliárias de Qualidade, São Paulo, n. 77, p.10-10, abr. 2008. Disponível em:<http://www.abrafati.com.br/bnews3/images/multimedia/revista_abrafati/revista%20abrafati%2077%20site.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2010.

AGUIAR, José. **Estudos Cromáticos nas Intervenções de Conservação em Centros Históricos:** bases para a sua aplicação à realidade portuguesa. 754 f. Tese de Doutorado - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Universidade de Évora, Évora, 1999.

AGUIAR, José. **Planear e Projectar a Conservação da Cor na Cidade Histórica:** experiências havidas e problemas que subsistem. Comunicação ao III Encore, Lisboa, 2003.

ALTMANN. Disponível em: < <http://www.altmann.com.br> >. Acesso em: 23 ago. 2010.

ARCHDAILY. Disponível em: < <http://www.archdaily.com.br> >. Acesso em: 13 ago. 2010.

BIAZIN, Cristiane Galhardo. **Cor e Lugar:** uma contribuição para projetos cromáticos em recuperação de sítios e centros históricos. 170 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BLIPSPHOTO. Disponível em: <<http://www.blipsphoto.com/about/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

BRAGA, Márcia. **Conservação e restauro:** arquitetura brasileira. Rio de Janeiro: Rio, 2003. 129 p.

BRANDI, Cesare. **Teoria del restauro.** 2. ed. Torino: Einaudi, 2000. 154 p.

BROOS, Hans. Construções Antigas em Santa Catarina. Blumenau: Cultura em Movimento; Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.

CEREGATO, Alessandro. **I sistemi moderni di coloritura**. Dossier: Idee, strumenti e materiali per il profetto, Perugia, n. 2, p.19-21, 2000.

CINCOTTO, M. A. **Estudo da composição química da cal hidratada produzida no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da USP, São Paulo. 1977. 57p.

CODELLO, Renata. **Gli intonaci**: conoscenza e conservazione. Firenze: Alinea, 1996. 239 p.

ECOCASA. Disponível em: < <http://www.ecocasa.com.br> >. Acesso em: 20 ago. 2010.

FARKAS, Celso. **Tecnologia da Cor e Aparência**. São Paulo: Apostila Desenvolvida pela Tecnocor Serviços, 2008. 171 p.

FEIFFER, Cesare. **La conservazione delle superfici intonacate**: il metodo e le tecniche. Milano: Skira, 2000. 317 p.

FLEURY, Paul. **Novo tratado usual da pintura de edificios e decoração**. Rio de Janeiro; Paris: Garnier, 1903. 280 p.

FONSECA, Daniele Baltz da; NAOUMOVA, Natália. **Estudo cromático da antiga sede da Faculdade de Medicina da UFRGS. Anais XVII Congresso Abracor Preservação do Patrimônio: Ética e Responsabilidade Social**, Porto Alegre, p.77-82, Abril de 2009.

FRANTZ, Milton. **Arquitetura Brasileira**: Elementos, Materiais e Técnicas Construtivas. S. Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1982. 103 p.

GASPAROLI, Paolo. **La conservazione dei dipinti murali**: affreschi, dipinti a secco, graffiti. Firenze: Alinea, 1999. 345 p.

GASPAROLI, Paolo. **Le superfici esterne degli edifici**: degradi, criteri di progetto, tecniche di manutenzione. Firenze: Alinea, 2002. 499 p.

GEOLOGY OUTFITTERS. Disponível em: <<http://www.geology-outfitters.com>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

GRILLINI, Gian Carlo; SANTOPUOLI, Nicola. **Alterazioni macroscopiche di malte e di intonaci**: lessico ed esemplificazioni fotografiche. Dossier: Idee, strumenti e materiali per il profetto, Perugia, n. 2, p.15-18, 2000.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **A Cal**: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil. 2. ed. São Paulo: Pini, 2002. 341 p.

HUNTERLAB. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

IPHAN. **Manual Prático**: uso da cal. Programa Monumenta, (20--). 15 p.

ADAMS, Betina ; ALBERS, Susane Araújo. **Projeto de Restauro Casa do Vigário**. Florianópolis, Instituto de Planejamento de Planejamento Urbano de Florianópolis, 1992.

INSTRUTHERM. Disponível em: <www.instrutherm.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2010.

ITG SOLUÇÕES NA COR (Org.). **Glossário sobre Cor e Colorimetria**: algumas perguntas frequentes. Disponível em: <http://www.itgcom.com/cor_colorimetria.html>. Acesso em: 28 jun. 2010.

KANAN, Maria Isabel C. **Manual de argamassas**: rebocos e tintas para uso em conservação. Florianópolis, 1996.

KANAN, Maria Isabel C. **Lime as paint in Brasil**: tradition and progress in conservation. Florianópolis, (20--).

KANAN, Maria Isabel C. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2008. 174 p. - (Cadernos Técnicos; 8)

KROTZER, Dorothy S. **Architectural Finishes**: Research and Analysis. Bulletin of the Association for Preservation Technology, v. 39 n.2/3, p.1-6. 2008. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25433950>>. Acesso em: 26 ago. 2009.

KÜHL, Beatriz Mugayar. O Tratamento das superfícies arquitetônicas como problema teórico da restauração. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, São Paulo, v. 12, n. 012, p.309-330, 2004.

LABCON. Modelo de Triestímulos. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5656/Curso_Iluminacao/07_cores/mo delo_Yxy.htm>. Acesso em: 26 set. 2009.

LOURENÇO, Bettina Collaro G.; ANDRADE, Inês El-jaick. **Condicionantes que interferem nas prospecções cromática:** Palácio Itaboraí em Petrópolis (Rio de Janeiro). **Anais Congresso Abracor. Preservação do Patrimônio: Ética e Responsabilidade Social**, Porto Alegre, p.29-34, Abril de 2009.

MANFROI, Eliz P. Defeitos mais comuns na aplicação de tintas em alvenaria. Florianópolis: 2008.

MASCARELLO, Sonia Nara P.R. **Arquitetura Brasileira:** elementos, materiais e técnicas construtivas. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1982.

MASCARENHAS, Alexandre F.; FRANQUEIRA, Márcia. **Estuque Ornamental:** história e restauro. Rio de Janeiro: Programa Monumenta (20--).

MAYER, Ralph. **Manual do artista.** 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

MILTINTAS. Disponível em: <<http://www.miltintas.com.br/selfcolor.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

MINIPA. Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

MOREIRA, Bruno Teixeira; MACEDO, Emídio Augusto G. **Mudanças de Coordenadas em Sistemas de Cores.** (2010) Disponível em: <http://www.mat.ufmg.br/gaal/aplicacoes/sistemas_de_coordenadas_de_cores.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2010.

NAOUMOVA, Natália. **Esquemas cromáticos dos centros históricos:** tipologias de pintura e estratégias de coloração. Pelotas, 2009. 33 p.

NORBERG-SCHULZ, Christian. **Genius Loci:** towards a phenomenology of architecture. London: Academy, 1980. 213 p.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **As fortificações portuguesas de Salvador:** quando Cabeça do Brasil. Salvador: Fundação Gregório de Mattos, 2004. 264 p.

PEDROSA, Israel. **O Universo da Cor.** Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2006. 160 p.

PERRAULT, Carole L. **Techniques Employed at the North Atlantic Historic Preservation Center for the Sampling.** Bulletin of the Association for Preservation Technology, v.10 n.2, p. 6-46. 1978. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1493611>>. Acesso em: 26 set. 2009.

P.J.COLOUR RESOURCES. Disponível em: <http://www.pj-color.com/Munsell/Munsell_Soil_Color.html>. Acesso em: 26 ago. 2010.

RATAZZI, Andrea. **Conosci il grassello di calce?:** origine, produzione e impiego del grassello in architettura, nell'arte e nel restauro. Monfalcone: Edicom, 2007. 221 p.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. As cores da cidade na América Portuguesa: um estudo iconográfico. Anais XXIV Colóquio do Comitê Brasileiro de História da Arte, Belo Horizonte, 2005.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. Técnicas construtivas tradicionais das alvenarias no Brasil. In: BRAGA, Márcia **Conservação e restauro:** arquitetura brasileira. Rio de Janeiro: Rio, 2003. Cap. 3, p. 53-79.

ROBIN MYERS IMAGING. Disponível em: <http://www.rmimaging.com/information/kodak_color_control.html>. Acesso em: 20 ago. 2010.

ROME ART LOVER. Disponível em: <<http://www.romeartlover.it/Stones.html>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

ROSENFELD, Lenora Lerrer. **Glossário Técnico de Conservação e Restauração em Pintura**. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 1997. 152 p.

SANTOPUOLI, Nicola. **Pompei: l'immagine e i colori della città storica**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Ana Luisa Furquim Bezerra>. em: maio 2005.

SANTOPUOLI, Nicola. **I colori delle facciate della quinta urbana: indagine sulle coloriture dell. Dossier: Idee, strumenti e materiali per il progetto**, Perugia, n. 2, p.6-14, 2000.

SEGURADO, João Emilio dos Santos. **Materiais de Construção**. 5. ed. Lisboa: Livraria Bertrand, 558 p, [19--] (Biblioteca de Instrução Profissional).

TEUTONICO, Jeanne Marie. **A Laboratory Manual for Architectural Conservators**. Roma: Iccrom, v. 5.1988.168 p. Disponível em: <http://www.iccrom.org/pdf/ICCROM_11_LabManual_en.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2009.

TRÍPLICE COR. Disponível em: <<http://www.triplice.com.br/corantes/pigmentos/pigmentos-oxidado-de-ferro/attachment/oxido-de-ferro/>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

UEMOTO, Kai Loh. **Pintura à base de cal**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993. 69 p.

URLAND, Andrea; BORRELLI, Ernesto. **Colour: specification and measurement**. Roma: Iccrom, 1999. 24 p. (ARC Laboratory Handbook). Disponível em: <http://www.iccrom.org/pdf/ICCROM_14_ARCLabHandbook03_en.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2009.

VEIGA, M. Rosário; TAVARES, Martha. **Características das paredes antigas. Requisitos dos revestimentos por pintura**. Atas do Encontro *A indústria das tintas no início do século XXI*. Lisboa, APTETI, Outubro de 2002.

WEB, DESIGN E CSS. Disponível em:
<http://wdcss.blogspot.com/2008/08/geradores-de-esquemaspaletas-de-cores_04.html>. Acesso em: 25 ago. 2010.

WELSH, Frank S. **Paint Analysis**. **Bulletin of the Association for Preservation Technology**, v. 14, n. 4, p. 29-30. 1982. Disponível em:
<<http://www.jstor.org/stable/1493901>>. Acesso em: 26 ago. 2009.

STUDIO WELLSRING. Disponível em:
<<http://studiowellspring.blogspot.com/>>. Acesso em: 26 ago. 2009.