

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MINERAL**

RENATA BARRÊTO SANTOS

ESTÉTICA E APLICABILIDADE DO MATERIAL PÉTREO PRETO SÃO MARCOS

**RECIFE
2012**

Renata Barrêto Santos

ESTÉTICA E APLICABILIDADE DO MATERIAL PÉTREO PRETO SÃO MARCOS

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mineral, na área de concentração de Rochas Ornamentais, ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Pernambuco ã UFPE.
Orientadora: Professora Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira
Coorientador: Professor Dr. Evenildo Bezerra de Melo

Recife
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

Renata Barrêto Santos

**ESTÉTICA E APLICABILIDADE DO MATERIAL PÉTREO PRETO SÃO
MARCOS.**

Área de concentração rochas ornamentais

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo sob a presidência da Profa Dra.
Felisbela Maria da Costa Oliveira, considera a candidata.

RENATA BARRÊTO SANTOS, Aprovada.

Recife, 20 de dezembro de 2012.

Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira
Orientadora - UFPE

Dra. Maria Angélica Batista Lima
Examinador Externo - CPRM

Dr. Evenildo Bezerra de Melo
Examinador Interno UFPE

Dr. Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros
Examinador Interno UFPE

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter mantido as portas abertas e ter me concedido equilíbrio e serenidade, permitindo que eu completasse mais essa importante etapa em minha vida.

Agradeço a toda a minha família por estar sempre presente, pelo incentivo, por todo o apoio, amor e carinho.

Agradeço a Prof^a. Dr^a. Felisbela Maria da Costa Oliveira, e especialmente ao Prof. Dr. Evenildo Melo, pela orientação, paciência e, sobretudo, pela liberdade para criação e desenvolvimento dessa Dissertação de Mestrado.

A todos os Professores da Pós-Graduação em Engenharia Mineral e de Geologia que contribuíram com seus conhecimentos para engrandecer o trabalho.

Aos amigos, MSc. Miguel Arraes, MSc. Suely Andrade, MSc. Thaíse Kalix, Lamartine Araujo Melo, MSc. Farah Diba por suas amizades, incentivos e contribuições.

A todos os funcionários da Universidade Federal de Pernambuco, especialmente Voleide Barros Ferreira Gomes e Edna Maria Araujo dos Santos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço os 24 meses de bolsa concedidos.

Enfim agradeço a todos os amigos que acreditaram e contribuíram para o desenvolvimento e conclusão desta Dissertação de Mestrado.

Estudar não é um ato de consumir ideias, mas de criá-las e recriá-las.
Paulo Freire

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Representação do Ciclo das rochas.....	18
Figura 1.2	Variação do índice de reflexão da luz (R) em função do índice de refração (N) dos minerais.....	22
Figura 1.3	Reflexão da luz sobre superfícies lisas ou reflexão especular (1) e superfícies irregular ou reflexão difusa (2).....	23
Figura 1.4	1) Colunas de capitel papiriforme do Pátio do Templo de Amón 1.402 a 1364 a.C. Luxor; 2) Pirâmide de Khefren c. 2560-2475 a.C. - Gizé; 3) Templo de Nerfetiti 1290-1294 a.C. Abu Simbel.....	28
Figura 1.5	1) Templo E. de Selonite Dedicado a Hera século V a.C. Sicília; 2) Tribuna das Cariátides do Erecteion 421/05 a.C. Acrópole de Atenas; 3) Fachada Ocidental do Partenão 447/37 a.C. Acrópole de Atenas.....	29
Figura 1.6	1) Arco de Tito 80-85 Edificado pelo Imperador Domiciano Colina da Rua Santa de Roma 2) Pórtico Octástilo do Panteão 118-28 Roma 3) Aqueduto de Segóvia século I.....	29
Figura 1.7	1) Fachada da Igreja de S. Domingos final do século XII início do séc. XIII Soria; 2) Portada da Igreja de Saint-Thophime. c. 1190 Arles; 3) Lateral do Cruzeiro da catedral. iniciada em 1063 e concluída em 1180, Torre Inclinada - iniciada em 1174 Pisa.....	30
Figura 1.8	Espectro eletromagnético.....	36
Figura 1.9	Espectro visível resultante da incidência da luz branca no prisma.....	37
Figura 1.10	Reflexão da luz pelo objeto em forma de cor.....	38
Figura 1.11	O espectro visível, e as cores percebidas pelos cones.....	40
Figura 1.12	Natureza linear e não-linear.....	41
Figura 1.13	Sistema aditivo (Cor-luz) vermelho(Red), verde(Green) e azul(Blue).....	43
Figura 1.14	Sistema subtrativo ciano, magenta e amarelo.....	43
Figura 1.15	Temperatura da cor.....	46
Figura 1.16	Localização da variável Matiz e representação da variável valor (L*), e da variável croma (b)) no sólido de Munsell.....	47
Figura 1.17	1) Variação do matiz vermelho no sistema Munsell 2) sólido de Munsell	48
Figura 1.18	Triângulo equilátero inicial que deu origem ao sistema CIE.....	49
Figura 1.19	Diagrama CIE XYZ em 2 dimensões.....	50
Figura 1.20	Diagrama CIE XYZ em 3 dimensões.....	50
Figura 1.21	Sistemas L*a*b* e L*C*h.....	51
Figura 2.1	Mapa Geológico da área estudada.....	57
Figura 2.2	Espectrofotômetro Spectro-Guide da BYK.....	71
Figura 3.1	Localização aérea das Cavas estudadas.....	74
Figura 3.2	Imagem do topo ou do bloco de partição das cavas I, II e Terceiro Ponto...	75
Figura 3.3	Triângulo de Streickeisen, classificação do material pétreo estudado.....	83
Figura 3.4	Triângulo mostra com as setas o sentido das alterações da rocha.....	84
Figura 3.5	Triângulo apresentando indicações de usos para os materiais pétreos.....	85

LISTA DE FOTOS

Foto 2.1	Vista frontal do maciço rochoso mostra fratura sub-horizontal, indicada pela linha amarela.....	58
Foto 2.2	Vistas aproximadas do maciço mostram inúmeras famílias de fraturas entre elas a sub-horizontal (linha amarela), a de cisalhamento (linha verde) e linhas de corte por fio diamantado (linhas vermelhas).	58
Foto 2.3	Detalhe no topo do maciço onde é possível ver a continuidade da fratura de cisalhamento (linha verde) que cruza o corte produzido pelo fio diamantado (linha vermelha).....	59
Foto 2.4	Microscópio óptico de luz refratada.....	60
Foto 2.5	Estufa Ventilada.....	63
Foto 2.6	Balança para pesagem de amostras secas e saturadas.....	63
Foto 2.7	Bandeja com amostras submersas.....	63
Foto 2.8	Balança Hidrostática para pesagem de amostras submersas.....	64
Foto 2.9	Prensa Hidráulica para ensaio de compressão uniaxial simples.....	65
Foto 2.10	Estufa ventilada para secagem das amostras e Prensa Hidráulica.....	67
Foto 2.11	Máquina de Amesler.....	68
Foto 2.12	Placas polidas com dimensões de 10cm x 10cm x 2cm.....	69
Foto 3.1	Vista da face do maciço cortado com fio diamantado, com presença de inúmeras fraturas e veios que impossibilitam a continuidade da exploração (Cava I).....	76
Foto 3.2	Vista mostra espessura do capeamento na área, e fraturas representadas pelas linhas verdes (cisalhamento) amarelas (sub-horizontais), assim como os cortes com fio diamantado, representados pelas linhas vermelhas, aproveitando o máximo o maciço em detrimento das fraturas (Cava II).....	77
Foto 3.3	Vista de matacão mostra o processo de furação, por do corte em costura com aplicação da massa expansiva até o tombamento de uma prancha, que esquadrejada em blocos (Cava II).....	78
Foto 3.4	Abertura das faces livres apresenta o uso de tecnologias de corte em costura, e por meio do fio diamantado (Cava I).....	78
Foto 3.5	Vista da face do maciço no terceiro ponto.....	79
Foto 3.6	Visualização macroscópica do Preto São Marcos, onde é possível perceber a textura e a granulometria dos minerais na rocha.....	80
Foto 3.7	Cristais de plagioclásio, com intercrescimentos exibindo inclusões de piroxênio, anfibólio e biotita. (nicóis // e nicóis #) (4x).....	82
Foto 3.8	Cristal de Plagioclásio (Pl) com inúmeras inclusões de minerais opacos (Op) provavelmente, óxido de ferro, piroxênio (Px), anfibólio (Anf) e biotita (Bt). (nicóis // e nicóis #) (4x).....	82
Foto 3.9	Imagem representando inclusões de minerais opacos (Op) provavelmente, óxido de ferro, piroxênio (Px), anfibólio (Anf) e biotita (Bt). (nicóis // e nicóis #) (10x).....	82
Foto 3.10	Amostras durante ataque químico.....	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1	Comparativo dos índices de densidade obtidos nos ensaios e ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995).....	87
Gráfico 3.2	Comparativo dos índices de porosidade obtidos nos ensaios e valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995).....	88
Gráfico 3.3	Comparativo dos índices de absorção d'água obtidos nos ensaios, na ASTM e no valor sugerido por Frazão & Farjallat, 1995.....	88
Gráfico 3.4	Relação entre os resultados da resistência à compressão uniaxial da amostra do Lote I, e os valores estabelecidos na norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat.....	90
Gráfico 3.5	Relação entre os resultados da resistência à compressão uniaxial das amostras do Lote II, e os valores estabelecidos pela norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat.....	91
Gráfico 3.6	Modelo de Ruptura ñ Lote I.....	92
Gráfico 3.7	Módulo de Ruptura - Lote II.....	93
Gráfico 3.8	Relação entre os valores médios obtidos em ensaios e os sugeridos como limites do Desgaste de <i>Amsler</i> por Frazão & Farjallat (1995).....	94
Gráfico 3.9	Curva Espectral ñ Amostra I (Medição inicial ñ <i>in natura</i>)....	96
Gráfico 3.10	Curva Espectral ñ Amostra I (Medição 10 dias).....	97
Gráfico 3.11	Curva Espectral ñ Amostra I (Medição 20 dias).....	97
Gráfico 3.12	Curva Espectral ñ Amostra I (Medição 30 dias).....	98
Gráfico 3.13	Curva Espectral ñ Amostra I (Medição 40 dias).....	99
Gráfico 3.14	Curva Espectral ñ Amostra II (Medição inicial ñ <i>in natura</i>)....	99
Gráfico 3.15	Curva Espectral ñ Amostra II (Medição 10 dias).....	100
Gráfico 3.16	Curva Espectral ñ Amostra II (Medição 20 dias).....	101
Gráfico 3.17	Curva Espectral ñ Amostra II (Medição 30 dias).....	102
Gráfico 3.18	Curva Espectral ñ Amostra II (Medição 40 dias).....	103
Gráfico 3.19	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição inicial ñ <i>in natura</i>)...	104
Gráfico 3.20	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição 10 dias).....	104
Gráfico 3.21	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição 20 dias).....	105
Gráfico 3.22	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição 30 dias).....	106
Gráfico 3.23	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição 40 dias).....	107
Gráfico 3.24	Curva Espectral ñ Amostra III (Medição 50 dias).....	107
Gráfico 3.25	Representação do comportamento das médias da variável (L^*) relação ao tempo de ataque.....	110
Gráfico 3.26	Representação do comportamento das médias da variável (a^*) nas etapas dos ataques químicos.....	111
Gráfico 3.27	Representação do comportamento das médias da variável (b^*) relação ao tempo de ataque.....	112
Gráfico 3.28	Valores médios das diferenças de cor entre as variáveis (a^*) e (b^*) em relação ao tempo de ataque.....	113
Gráfico 3.29	Valores médios percentuais do brilho das amostras com a utilização de vários reagentes, em relação ao tempo de ataque.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1	Ordem de alteração química de rochas	34
Quadro 2.1	Lista dos ensaios realizados e suas respectivas Normas.....	61
Quadro 2.2	Valores especificados pela ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat, para os ensaios de Caracterização Tecnológica.....	62
Quadro 2.3	Insumos/ reagentes utilizados no ensaio de alterabilidade ã ataques químicos.....	69
Quadro 2.4	O valor estabelecidos pela Norma DIN 6174 para a diferença absoluta das três coordenadas L^* , a^* e b^*	72
Quadro 3.1	Ficha petrográfica do granito Preto São Marcos.....	81
Quadro 3.2	Média dos valores referente aos índices físicos, obtidos nos ensaios com granito Preto São Marcos.....	87
Quadro 3.3	Valores Médios do desgastes de <i>Amsler</i> referente aos ensaios com granito Preto São Marcos.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A ,B, e D65	- Iluminantes Padrões
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
+a*	- Variação para Vermelho
- a*	- Variação para Verde
+b*	- Variação para Amarelo
-b*	- Variação para Azul
Bt	- Biotita
C	- Saturação (croma)
CIE	- <i>Commission Internationale d'Éclairage</i> ã Comissão Internacional de Iluminação
CMC	- Comitê de Medição de Cor da Sociedade de tingidores e colorista da Inglaterra.
f	- Frequência
h	- Ângulo de Tonalidade (ângulo de matiz)
L*	- Luminosidade
L*, a* e b*	- Coordenadas no sistema CIELAB
v	- Velocidade
!!	- Comprimento de Onda
ΔE^*_{ab}	- Diferença de cor no sistema CIELAB
KN	- Kilo Newton
MPa	- Mega Pascal
N	- Índice de refração
nm	- Nanômetro
N.e	- Não especificado
NBR	- Normas Brasileiras
Nicóis //	- Nicóis paralelos
Nicóis +	- Nicóis cruzados
Op	- Minerais opacos
Pl	- Plagioclásio
Px	- Piroxênio
R	- Índice de reflexão
R, G, e B	- Cores primárias
T	- Período
X, Y, e Z	- Valores tristimulus do sistema CIE XYZ 1931
x, y, e z	- Coordenadas reduzidas no sistema CIE XYZ 1931

RESUMO

Este trabalho abordou mudanças no padrão estético através do uso de ferramenta quantificadora de luz refletida, inclusive para cada espectro visível. É possível perceber mudanças que associadas à descrição petrográfica e às características tecnológicas, orientarão uma escolha consciente e precisa do material pétreo e a monitoração do seu uso. Com a diversidade de tipos de rocha ofertados hoje no mercado, percebe-se a necessidade de preparo de profissionais para identificar a rocha mais adequada para um determinado uso. Outrossim, as características e efeitos dos produtos de limpeza precisam ser sistematicamente acompanhados, de modo que a percepção estética deve ir além da beleza momentânea, inclusive servir de referência para perceber e prever suas mudanças e respectivos desdobramentos sobre propriedades mecânicas do material no decorrer do tempo e do uso estimado e, naturalmente, sua durabilidade otimizada. A permanência da estética e preservação dos parâmetros físicos e mecânicos da rocha passam a depender do aprofundamento teórico para prever a finalidade da indicação da rocha. Os estudos realizados, neste trabalho, abordam a aplicação da espectrometria e luminosidade até a implementação prática do gerenciamento de cores e do brilho, passando pela análise conceitual da cor, sistema visual humano, fontes de luz, temperatura de cor, modelos de cores, espectro eletromagnético, espectrometria, espectro-radiometria, dispositivo para aferir a cor, além de análises petrográfica e tecnológicas do material estudado. A fim de implementar o gerenciamento de cores, foi necessário equipamento de medição, cartelas de referência para calibração e *software* para ler os dados captados pelo equipamento de medição. Para a implementação do sistema, em caráter experimental, foram utilizadas amostras no material pétreo Preto São Marcos, e os resultados obtidos, mostram que houve alteração do índice colorimétrico e do brilho entre o material original e o sujeito a ataque químico, embora não fossem percebidas a olho nu, devido à composição mineral da rocha.

Palavras-chave: Preto São Marcos. Colorimetria. Estética das Rochas. Gerenciamento de cores. Cor e brilho.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate that through aesthetic standards it is possible to verify changes associated to petrographic description and technological features, resulted in a conscious and accurate choice of the stone material and its use. With the diversity of lithological offered in trade today, it is possible to verify the lack of professionals prepared to identify the stone most suitable for a particular use. The aesthetic perception must go beyond the momentary beauty, it is needed to understand and predict the aesthetic and mechanical changes and the properties of the material over time and its estimate use. The permanence of the aesthetics and mechanics of the rock becomes dependent on the theoretical development that provides an indication of the rock. The studies conducted in this work, address the principle, the formation of light to the practical implementation of color management and shine, through conceptual analysis of color, human visual system, light sources, color temperature, color models, electromagnetic spectrum, spectrometry, spectroradiometry, device to measure the color, and petrographic analysis of the technological material studied. In order to implement color management, measurement equipment was necessary, reference cards for calibration and Softwaer to read the data captured by the measuring equipment. To implement the system, as experimental phase, it was used samples in a stone material Preto São Marcos and the results show that there was a change in the colorimetric index and brightness between the original material and the material exposed to chemical attack, most were not perceived with the naked eye due to mineragilogica composition of the rock.

Keywords: Black Mark. Colorimetric. aesthetics rocks. color management. color and gloss.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	14
1	ROCHAS.....	17
1.1	O Ciclo das Rochas.....	17
1.2	Rochas Ígneas.....	19
1.2.1	Cor das rochas ígneas.....	21
1.2.2	Brilho das rochas	21
1.3	Rochas Ornamentais.....	25
1.3.1	Definição e Conceito.....	25
1.3.2	Tipologia de exploração.....	26
1.4	A Rocha na Arquitetura.....	27
1.5	Alteração e Alterabilidade das Rochas.....	30
1.5.1	Considerações sobre a alteração da rocha.....	31
1.6	Colorimetria.....	35
1.6.1	Compreendendo a cor	35
1.6.2	Percepção das cores.....	39
1.6.3	Formação das cores.....	42
1.7	Sistemas Colorimétricos.....	47
1.8	Iluminantes - CIE.....	52
1.9	Medição das Coordenadas Colorimétricas.....	54
2	MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS.....	55
2.1	Caracterização Geológicos.....	55
2.2	Análise Petrográfica.....	60
2.3	Caracterização Tecnológica.....	61
2.3.1	Índices físicos.....	62
2.3.2	Resistência à compressão uniaxial.....	65
2.3.3	Modelo de Ruptura (Flexão por carregamento em três pontos).....	66
2.3.4	Desgaste abrasivo <i>Amsler</i>	67
2.4	Ensaio de Alterabilidade ã Ataque Químico.....	69
2.5	Determinação da Cor e do Brilho.....	70
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
3.1	Geometria Estrutural da Área Explotada.....	73
3.2	Descrição Petrográfica.....	79
3.2.1	Visão Macroscopica e Petrografica.....	79
3.3	Índices Físicos.....	85
3.4	Compressão Uniaxial.....	89
3.5	Resistência à Flexão (Módulo de Ruptura)	92
3.6	Desgaste <i>Amsler</i>	93
3.7	Medição da Cor.....	94
3.7.1	Análise dos gráficos espectrais.....	95
3.7.2	Medição colorimétrica.....	108
	CONCLUSÕES.....	115
	REFERÊNCIAS.....	118
	GLOSSÁRIO.....	123
	APÊNDICES.....	129

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios a rocha faz parte da história do homem, e tem sido caracterizada em cada momento da evolução humana por sua resistência e durabilidade. Por essas características, as rochas são utilizadas até hoje na construção civil, como agregado e elementos estruturais, bem como ornamentos (revestimentos, esculturas, decoração).

Hoje o mercado oferece uma notável diversidade de tipos de rochas, que apresentam padrões estéticos distintos, baseados na cor, na textura, no brilho e na estrutura das rochas. Porém, o uso adequado do material pétreo para fins ornamentais não está relacionado apenas a sua beleza estética, mas a fatores intrínsecos da rocha, tais como heterogeneidade textural, propriedades mecânicas e químicas, alterabilidade, fraturas, veios e dureza. Contudo, há outros fatores importantes a serem analisados, fatores estes que vem desde a extração dos blocos até o beneficiamento.

Devido à sua diversidade e versatilidade, as rochas vêm sendo utilizadas no decorrer da história em diversas situações por Engenheiros, Arquitetos e Artesãos. Contudo, o amplo leque de rochas ofertados no mercado, possibilita uma grande variedade de escolhas, estimulando à criatividade dos profissionais ligados a área. Todas essas possibilidades podem trazer consequências não satisfatórias ao uso destinado do material, resultando na deterioração precoce, no desgaste, na alterabilidade, na perda de características de sua singulares, tais como mudanças de cor e perda de brilho, que afetam diretamente a beleza estética do material.

É importante lembrar que quando se fala de rochas não está se referindo a um material homogêneo, mas, sim, heterogêneo, principalmente porque rocha é, não raro, um agregado de minerais de tipologias diferentes. Portanto, acrescentando a textura e a granulométrica dos minerais, as rochas podem apresentar características estéticas e físico-mecânicas muito diferentes, o que aponta, já a princípio, a não possibilidade de uma padronização de uso. Destaca-se, então, a importância de, na escolha da

rocha, aliarem-se ao padrão estético, as características tecnológicas e o uso previsto.

Assim, é necessário determinar em laboratório as características físicas e mecânicas das rochas, assim como as propriedades químicas como composição mineralógica e descrição petrográfica do material pétreo e também os aspectos estéticos brilho, cor e textura. O conhecimento destas qualidades do material rochoso facilita sua adequação ao uso.

Diante disso, o presente trabalho tomou como tema de pesquisa: **A Estético e Aplicabilidade do material Pétreo Preto São Marcos**. Que trata do estudo das características tecnológicas e estéticas da rocha, com o intuito de identificar e perceber modificações estéticas e/ou mecânicas do material, de modo a limitar seu uso e aplicação. Além de focar a importância da aquisição do conhecimento técnico, por parte dos profissionais de Engenharia e Arquitetura.

O objetivo geral desse estudo é aliar a visão arquitetônica de padrão estético, às características tecnológicas e o uso previsto do material pétreo no espaço físico. De modo que, faz-se necessária uma abordagem simplificada dos conceitos, à luz de facilitar o entendimento e despertar o interesse ao conhecimento específico e a integração multidisciplinar entre as áreas de Arquitetura, Engenharia e Geologia. Resultando assim em profissionais mais preparados na escolha e indicação do material.

Tal objetivo se desdobra nas seguintes etapas mais tangíveis:

- a) Determinação dos índices físicos, características mecânicas, e descrição petrográfica do litotipo Preto São Marcos;
- b) Avaliação das características estéticas (brilho, cor) após ataque químico;
- c) Indicação da aplicação do material rochoso estudado.

Para uma melhor compreensão o trabalho foi dividido em 5 seções.

Na primeira seção, é feita uma revisão da literatura sobre as rochas, envolvendo seu histórico na arquitetura, tipos, características, alterabilidade e a colorimetria.

Na segunda seção são apresentados os materiais e métodos empregados na pesquisa. Nas seções 3 e 4, são mostrados e discutidos os resultados das análises e ensaios realizados e as conclusões decorrentes da pesquisa, além de algumas sugestões para futuros trabalhos, que contribuíram para um melhor entendimento da percepção na escolha e no uso do material pétreo.

1 ROCHAS

As rochas são divididas em três grandes grupos: ígneas, sedimentares e metamórficas. Estes três grupos de rochas são caracterizados com base nos processos envolvidos em sua formação. (TEIXEIRA, 2009).

1.1 O Ciclo das Rochas

Em virtude da dinâmica interna e externa da formação da Terra, as rochas estão em constante transformação, seja na superfície da crosta terrestre através do intemperismo e da erosão (Figura 1.1).

Diante disso, as rochas se dividem em 3 grandes grupos:

- a) rochas ígneas ou magmáticas não são formadas pela cristalização do magma fundido, proveniente do interior da terra. São exemplos desse tipo de rocha, os granitos, gabros, basaltos e litotipos pórfiros;
- b) rochas sedimentares não são o produto da consolidação de sedimentos na superfície terrestre (TEIXEIRA, 2009). E podem ser sedimentos clásticos (argilitos ou pelitos, siltitos, arenitos, conglomerados e brechas), evaporíticos (principalmente carbonáticos, os sais menos solúveis, inclusive travertino, etc) e sapropelíticos, importantes pelo conteúdo em matéria orgânica, cuja energia de ligação é a fonte para a produção de recursos energéticos combustíveis;
- c) rochas metamórficas - são produtos da transformação de rochas ígneas ou magmáticas, e sedimentares pela ação de altas pressões e temperatura. São exemplos desse tipo de rochas, os metaconglomerados, metabrechas, paragneisses, xistos, quartzitos, ardósias e filitos, todas formadas a partir de metamorfismo de sedimentos clásticos. Os mármore cristalinos equivalem aos metacarbonatos e resultam do metamorfismo em sedimentos evaporíticos carbonáticos, que

1.2 Rochas Ígneas

As rochas ígneas (do latim *ignis*, fogo) formam-se pela cristalização do magma, uma massa fundida que se origina em profundidade na crosta terrestre e no manto superior (PRESS, 2006).

À luz de Press (2006), essa formação pode ocorrer de duas maneiras, referentes ao processo de resfriamento, lento ou rápido, do magma, o que definirá o tamanho dos seus cristais e por consequência da textura da rocha. Assim, é possível definir dois grandes tipos de rochas ígneas: intrusivas e extrusivas:

- a) rochas ígneas intrusivas ou plutônicas não originam-se quando o magma cristaliza em profundidade na crosta terrestre, 4 a 8 Km, aproximadamente, proporcionando um resfriamento lento do magma e tempo necessário para a formação e crescimento dos cristais, característicos das rochas ígneas;
- b) rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas - originam-se em profundidades inferiores a 4 Km, culminando com a situação em que a lava é expelida dos vulcões e o seu contato com a atmosfera, sob condições diferentes do interior da Terra, resulta em resfriamento rápido, comprometendo a formação e crescimento de cristais que ficam pequenos e imperceptíveis, compondo a textura afanítica, extensiva na forma de matriz, que pode hospedar alguns cristais maiores chamados pórfiros.

É oportuno compreender que afloramentos de rochas ígneas correspondem a acentuado nível de erosão, pois em sua maioria formam-se em profundidades da ordem de 4 a 8Km, no interior da Terra.

Outrossim, conforme Press (2006), é possível classificar as rochas ígneas, pela textura e pela composição mineral e química:

- a) textura não está ligada diretamente com a forma como ocorre o resfriamento do magma, pois é dela que depende a formação e o crescimento dos cristais que podem ser grandes, médios, pequenos e tão minúsculos que não seja

possível ser identificado a olho nu, nem no microscópio óptico;

- b) composição química e mineralógica ã as rochas ígneas são também denominadas como rochas silicáticas, por apresentar em sua composição química um alto teor de sílica (SiO_2), distribuída em proporções relativas à fórmula molecular dos minerais silicosos que as compõem.

Segundo Press (2006), há minerais félsicos, com cores claras e geralmente ricas em sílica e máficos, com cores escuras e pobres em sílica. Ambos os grupos de minerais aparecem nas rochas intrusivas e extrusivas, o que leva a subclassificá-las como:

- rochas félsicas ã são pobres em ferro e magnésio e rica em minerais que tem alto teor de sílica. Tais minerais são o quartzo, feldspato potássico e plagioclásio, os quais contem cálcio e sódio. Os minerais e as rochas félsicas tendem a ser de cor mais clara;
- rochas intermediárias ã estão a meio caminho entre os extremos félsico e máfico da série. Podem apresentar cores claras ou escuras tendendo ao equilíbrio volumétrico, conforme os minerais em abundância em sua composição;
- rochas máficas ã São ricas em piroxênio e olivinas. Esses minerais são relativamente pobres em sílica, mas ricos em magnésio e ferro, elementos que lhes conferem suas cores escuras;
- rochas ultramáficas ã consiste fundamentalmente em minerais máficos e contêm menos de 10% de feldspato. E são raramente extrusivas;

1.2.1 Cor das rochas ígneas

Segundo Teixeira (2009), as variedades das rochas ígneas refletem a composição dos próprios magmas a partir dos quais se consolidam. Esse índice define a porção entre minerais máficos e félsicos, e é expresso pelo número puro correspondente ao percentual de minerais máficos. Segundo este parâmetro, as rochas ígneas podem ser subdivididas em Hololeucocráticas ($M < 10\%$), Leucocráticas (M entre 10% e 30%), mesocráticas (M entre 30% e 60%), melanocráticas ou máficas (M entre 60% e 90%), e ultramelanocráticas ou ultramáficas.

1.2.2 Brilho das rochas

Em Geologia, rocha é um agregado sólido e natural, formado por um ou mais minerais ou mineralóides. Os minerais são frequentemente encontrados na natureza em forma de cristais, na maioria dos casos sem contornos cristalográficos gerando grãos que apresentam propriedades morfológicas singulares, entre elas o brilho e a cor.

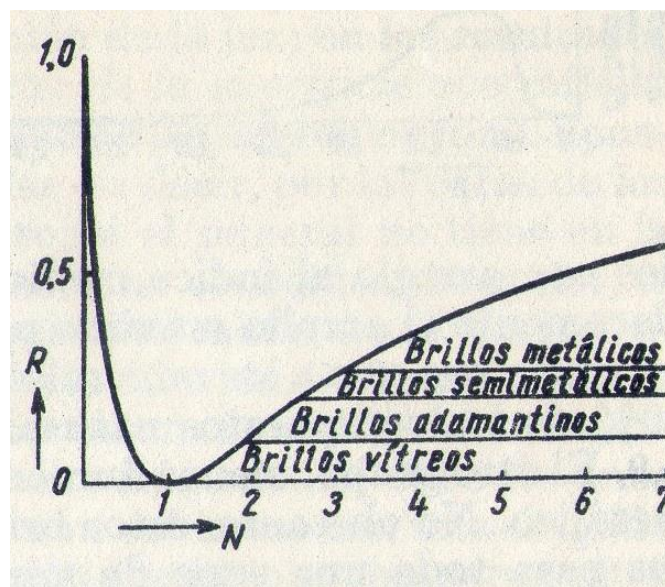
Segundo Betejtin (1977 ã pag. 82), o fluxo luminoso que incide em um mineral reflete em parte sem que as frequências das oscilações sofram mudança alguma. Esta luz refletida é a que dá a impressão do brilho do mineral.

O brilho é o resultado dos fenômenos de refração e reflexão da luz nas faces dos cristais, nos planos de clivagem e nas fraturas. Quanto maior for à intensidade da luz incidente no mineral mais evidente será a observação do seu brilho. Que pode ser demonstrado graficamente através da escala que estabeleci o índice de refração (N) dos minerais e da formula de Fresnel: $R = (N - 1 / N + 1)^2$, como indica a Figura 1.2.

O grau de intensidade do brilho segue a escala de refração descrita a seguir:

- a) brilho vítreo ã presentes nos minerais com índices de refração $N=1,3 \tilde{a} 1,9$;
- b) brilho diamantino ã próprio dos minerais com $N= 1,9 \tilde{a} 2,6$;
- c) brilho semi-metálico ã presentes nos minerais transparentes e semitransparentes, com $N= 2,6 -3,0$;
- d) brilho metálico ã é próprio dos metais com índices de refração superiores a três.

Figura 1.2 - Variação do índice de reflexão da luz (R) em função do índice de refração (N) dos minerais



Fonte - Bertejtin, 1977.

Se o mineral for opaco apresentará brilho metálico como os sulfetos (pirita e galena, por exemplo) ou os óxidos, dos quais os mais comuns são os de ferro, pelo seu mais elevado potencial de oxidação e abundância (hematita, magnetita e limonita, por exemplo).

Se for transparente apresentará brilho não-metálico, com uma variedade de tipos, como:

- a) diamantino;
- b) leitoso;
- c) sedoso;

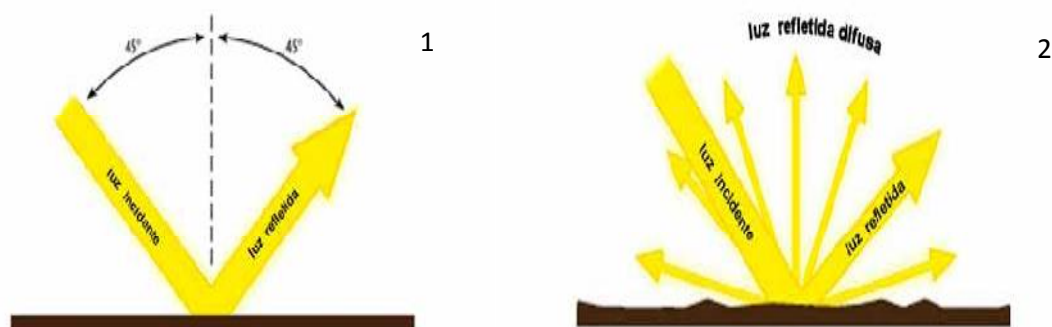
- d) resinoso;
- e) oleoso;
- f) vítreo.

Como o brilho é facilmente perceptível, tem importância fundamental na estética da rocha.

Contudo, é importante lembrar que, o poder de reflexão dos minerais está diretamente relacionado ao índice de refração do mineral. O que pode aumentar ou diminuir a intensidade da luz refletida pelo mineral.

Outro fator importante que influi no resultado da reflexão (independente da refração) é o caráter da superfície do objeto (lisas ou ásperas), conforme figura 1.3.

Figura 1.3 - Reflexão da luz sobre superfícies lisas ou reflexão especular (1) e superfícies irregular ou reflexão difusa (2)



Fonte: Leão, 2005, p. 28 e 29.

As rochas ornamentais são materiais heterogêneos e apresentam uma estética múltipla, ligada diretamente a sua composição mineralógica, onde seu brilho pode ser apresentado de duas formas:

- a) no material in natura - É possível observar brilho natural dos minerais, muitas vezes não atraente;
- b) por meio de polimentos, que intensificam o brilho dos minerais, ressaltando a beleza, não só do mineral em si, mas da composição e do conjunto como um todo.

O processo de polimento de uma rocha ornamental se dá a partir de rebolos abrasivos fixados em cabeçotes, (...), que realizam um movimento circular sobre a superfície da chapa, (...) (CHIODI FILHO 2004, apud RIBEIRO, 2005 e DORIGO, 2012 ã p.01). É realizado através de elementos abrasivos que vão desgastar a superfície das amostras em um movimento de atrito até que se chegue ao polimento desejado (DORIGO, 2012 ã P.01). O termo abrasivo pode ser definido como sendo uma partícula ou grão capaz de causar rápido ou eficiente desgaste em uma superfície sólida (Stachowiak e Batchelor, 1993 apud SILVEIRA, 2008 e DORIGO, 2012), tornando-a plana.

Os abrasivos possuem diferentes granulométricas, cada uma denominada gramatura. Produzem sucessivamente o alisamento da superfície plana já citada. Sua variação é tal que à medida que cresce a especificação do valor da gramatura, decresce o grão do abrasivo, de maneira que todos os espaços vazios da superfície plana vão sendo eliminados, culminando com mais notável polimento.

Certamente a presença de minerais mais abrasivos, como o exemplo do quartzo, encarece o custo da operação de polimento. Em suma, o polimento vai envolvendo uma variável sequência decrescente de gramaturas, para que o brilho seja otimizado, à medida que o desgaste da chapa a torne uma superfície plana e lisa, aumentando a refletância.

Segundo Ribeiro (2004, apud DORIGO, 2012 ã p.01), a qualidade final do polimento ainda é determinada somente por métodos empíricos. Como regra geral, tal parâmetro é inferido pela granulométrica dos abrasivos utilizados durante as etapas de polimento, havendo medição de porcentual de refletância de luz natural, com o auxílio de um medidor de brilho, utilizado ainda por poucas empresas do setor,

De acordo com Artur (2002; apud DORIGO, 2012 ã p.01), fatores como a composição mineral, a dimensão dos grãos, a presença de quartzo, a estrutura da rocha e sua cor, controlam a manutenção ou a perda do lustro. Logo, a interação entre as propriedades intrínsecas da rocha, as variáveis operacionais da politriz e o tipo de abrasivo utilizado configuram um sistema de desgaste, que (...) terá influência no resultado final, conforme Ribeiro et al. (2004; apud DORIGO, 2012 ã p.02).

1.3 Rochas Ornamentais

A rocha sempre esteve presente no cotidiano da sociedade, tendo o seu uso destacado na construção civil, através do uso de agregados, elementos estruturas e, sobretudo de rochas ornamentais.

1.3.1 Definição e conceito

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), rocha ornamental é uma substância rochosa natural que, submetida a diferentes graus de modelamento ou beneficiamento, pode ser utilizada como uma função estética qualquer.

O órgão normatizador americano, a American Society for Testing and Materials (ASTM) define *dimension stone* (pedra ornamental) como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Ainda nesse contexto, explica Chiodi Filho (1995), as rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, compreendem os materiais geológicos naturais que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados por meio de esquadrejamento, polimento, lustro, etc.

1.3.2 Tipologia de exploração

Uma pedreira pode ser definida, quanto à sua tipologia, com base nos parâmetros seguintes:

a) forma - A forma da pedreira é determinada pela morfologia do corpo rochoso e pela acessibilidade ao mesmo. Esta característica pode influir de um modo notável no tipo de equipamentos mecânicos utilizáveis, no custo, nos valores e nas características de produção. A tipologia da jazida será determinada durante a fase de prospecção e pesquisa, essencialmente básica ao planejamento, já que é de extrema importância saber se o maciço rochoso possui características ideais para ser lavrado. Para tanto, é necessário verificar o seu estágio de deformação e bloco de partição natural, através de marcadores ou elementos estruturais, lineares ou planares, tais como trincas, foliações e falhas. Outrossim, também são indispensáveis as coletas de dados referentes a alterações, topografia local etc.;

b) tipos de exploração - A exploração pode ser feita de 3 formas:

- céu aberto - geralmente feita através de bancada e cava, ou encosta e piso, respectivamente; depende das condições topográficas do terreno, onde o decapeamento e a profundidade máxima da cava dependerão diretamente da relação estéril/minério,

- subterrânea - lavra desenvolvida no subsolo em função de dois condicionantes, um é a geometria do corpo (inclinação e espessura) e o outro são as características de resistências e estabilidade dos maciços que consistem o minério e suas encaixantes,

- e em alguns casos mista;

c) localização geomorfológica - é função do ambiente geomorfológico onde se implanta a pedreira. Esta localização pode ter lugar num terreno mais ou menos plano (planície) ou numa zona de relevo mais ou menos acentuado (montanha). As pedreiras de planície desenvolvem-se em fossa (*Open Pit*) ou poço, apresentando

vantagens em termos ambientais, devido ao fato das cavidades serem pouco visíveis, mas são penalizadas devido aos impactos causados pelas suas escomboreiras, sobretudo acentuadas pelo maior confinamento natural do corpo rochoso e a consequente maior presença de fraturas de alívio que danificam pranchas e blocos, aumentando a possibilidade de perdas. A localização de uma pedreira numa montanha pode assumir três situações distintas; no sopé da montanha, no meio da sua encosta ou no seu topo, assumindo, qualquer delas, diferentes condições de acesso, transporte, colocação de escombros, impactos ambientais, impactos na produção, entre outros;

1.4 A Rocha na Arquitetura

Durante milhares de anos, desde os primórdios, o homem utilizou-se de materiais da Terra (palha, ramagens, barro, rochas), para garantir a sua sobrevivência, seja, através do desenvolvimento de artefatos para caça, utensílios domésticos, construções de moradias ou de elementos voltados ao culto aos deuses e aos mortos.

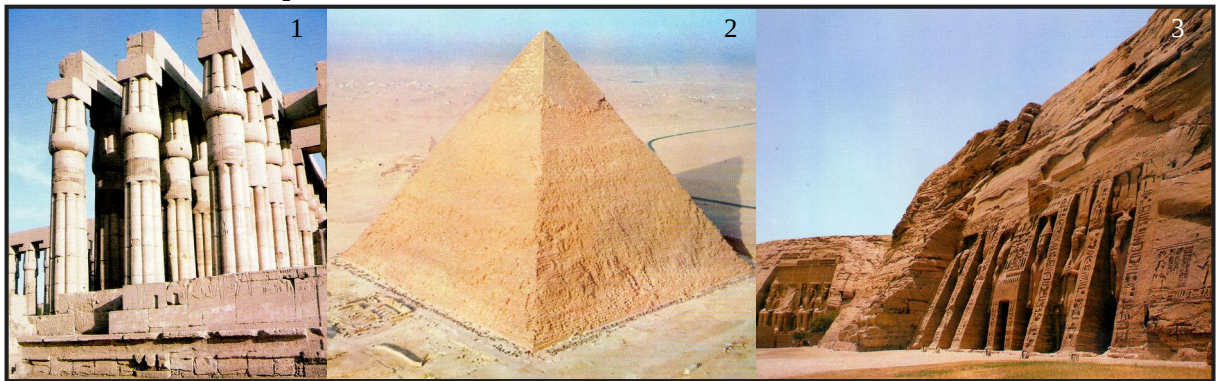
Mas, com o passar dos tempos, o homem evoluiu e junto com ele nasceram novas formas de expressões artísticas, construtivas e aplicação dos materiais.

Basta um rápido olhar sobre a História e a Arquitetura, para observar que as técnicas construtivas foram produtos de manipulações e aplicações de materiais geralmente locais. Assim, no decorrer de milhares de anos, civilizações ergueram-se, deixando relatos de sua existência, força e poder, enquanto que outras tiveram suas expressões artísticas apagadas pelo tempo.

O império Egípcio foi um exemplo de força e poder, expressos em uma arquitetura poderosamente e influenciada por sua localização geográfica. No Egito, a carência de grandes bosques e a abundância de pedras

favoreceram a criação de uma arquitetura pétrea, com base na utilização de calcário branco, alabastros e materiais pétreos de cores diversas (como o arenito castanho e vermelho), granitos vermelhos e negros, o basalto, o pórfiro, o diorito, entre outros que proporcionaram beleza e cor às construções das pirâmides, templos e esfinges, marcando assim, um panorama histórico. (Figura 1.4).

Figura 1.4 - 1) Colunas de capitel papiriforme do Pátio do Templo de Amón ã 1.402 a 1364 a.C. ã Luxor; 2) Pirâmide de Khefren c. 2560-2475 a.C. Gizeh; 3) Templo de Nerfetiti ã 1290-1294 a.C. Abu Simbel.



Fonte ã Goitia, 1995.

Um outro destaque foi o império grego, que também trouxe consigo a beleza de óelementos arquitetônicos racionais, em virtude de sua funcionalidade tornaram-se belos em si mesmos e como integrantes de um conjuntoô (GÓITIA, 1995).

As construções gregas tiveram o material pétreo como preferência, ainda que tenham feito uso do tijolo. As rochas que costumavam ser utilizadas eram o mármore branco, um mármore mais escuro, assim como o calcário e o arenito. As rochas eram extraídas de enormes pedreiras com grande técnica e, transportadas com muita perícia.

Os gregos trabalharam e utilizaram as rochas com grande maestria, sabendo trabalhar as proporções, encaixes, aparelhando-as com regularidade e firmeza, dispensando por muitas vezes o uso de argamassa entre as pedras. (Dorica, Jônica e Coríntia) (Figura 1.5).

Figura 1.5 ã 1) Templo E. de Selonite Dedicado a Hera ã século V a.C. ã Sicília; 2) Tribuna das Cariátides do Erecteion ã 421/05 a.C. ã Acrópole de Atenas; 3) Fachada Ocidental do Partenón ã 447/37 a.C. ã Acrópole de Atenas.



Fonte ã Goitia, 1995.

Com a queda do Império Grego e a ascensão do Império Romano, muitos foram os elementos e elementos e técnicas assimiladas pelos romanos

Conforme Goitta (1995), dada a enorme extensão do Império, compreende-se que os arquitetos romanos empregavam todo tipo de materiais na suas construções, aproveitando o que tinham mais a mão em cada província. Na própria Roma, (...) a partir de Augusto utilizo-se sistematicamente o mármore. (...) Mas a parede romana mais típica foi a construída com concreto ã argamassa com pedras irregulares ã revestido depois de cantaria ou silhares de mármore ou de pedra (Figura 1.6).

Figura 1.6 ã 1) Arco Tito ã 80-85 a.C. Edificado pelo Imperador Domiciano Colina da Rua Santa de Roma; 2) Pórtico Octastilo do Panteão ã 118-28 a.C.- Roma; 3) Aqueduto de Segóvia ã Século I.



Fonte ã Goitia, 1995.

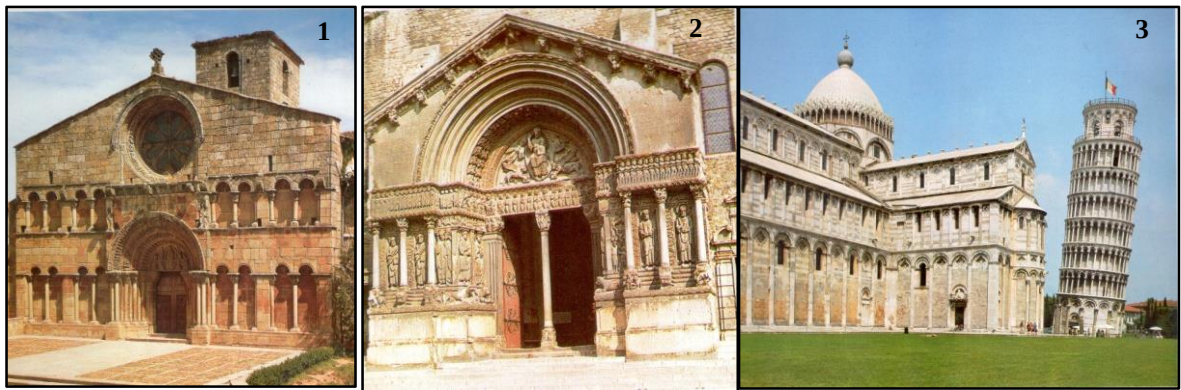
Com o fim do Império Romano, restou apenas os legados, culturais e artísticos, que vieram a influenciar outros períodos da história.

Na segunda metade do século XI d.C., surge na Europa ocidental um novo estilo arquitetônico, que vem corresponder a um ressurgir da Europa, assimila e imprime um novo caráter às múltiplas formas e técnicas de uma arquitetura sólida, útil e funcional.

Os edifícios desta nova arte românica tinham suas paredes construídas em pedras, com silhares bem lavrados e esquadrejados. A decoração escultórica está totalmente incorporada na arquitetura e regida pela linha construtiva, tanto a de caráter geométrico como a vegetal e a historiada. (Figura 1.7).

Dessa forma, a rocha mostrou presente em todos os momentos da História do homem, seja de uma forma grandiosa, seja nos pequenos detalhes.

Figura 1.7 1) Fachada da Igreja de S. Domingos ã Final do Século XII ã principio do séc. XIII ã Soria; 2) Portada da Igreja de Saint-Thophime. ã C. 1190 ã Arles; 3) Lateral do Cruzeiro da catedral. ã iniciada em 1063 e concluída em 1180, Torre Inclinada - iniciada em 1174 ã Pisa.



Fonte ã Goitia, 1995.

1.5 Alteração e Alterabilidade das rocha

A utilização de rochas como material na construção cível são práticas bem antigas em nossa civilização. A durabilidade e resistência às agressões do meio ambiente são fatores que alteram as características e a estética da rocha e comprometem sua estabilidade e beleza.

1.5.1 Considerações sobre a alteração de rochas

Segundo Maia (2001, p.51), o fenômeno da alteração de rochas depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são relativos à natureza da rocha, isto é, à composição mineralógica, às características químicas e ao estado das microfissuras. Os fatores extrínsecos são relativos ao meio ambiente, ou seja, às condições climáticas.

Barros (1971, apud Maia, 2001 p.52) sugere que a alteração de uma rocha seja função, também, do tempo de exposição. Os fatores intrínsecos e os extrínsecos atuam como promotores da alteração que ocorre em um determinado período de tempo.

A alteração de rochas ocorre, naturalmente, num intervalo geológico de tempo, ou seja, de centenas a milhares de anos. Todavia, alterações significativas também podem, em alguns casos, ocorrer num intervalo muito menor, isto é, de alguns anos ou mesmo meses.

De acordo com Minette (1982, apud Maia, p.52, 2001). Os mecanismos de alteração ocorrem de modo gradativo. Através destes mecanismos, as rochas e seus minerais constituintes reagem ao meio ambiente exógeno em que se encontram, transformando e originando produtos de alteração estáveis nas novas condições de temperatura e pressão do meio

Os mecanismos de alteração são atribuídos a processos físicos ou processos químicos. Pode-se considerar, ainda, os processos gerados por agentes biológicos, que são consequências de processos químicos e físicos e não são fundamentalmente diferentes dos anteriormente citados (Ollier, 1979, apud Maia, p.52, 2001).

Conforme Maia (2001) na evolução da alteração da rocha, tais processos ocorrem simultaneamente. No entanto, um destes processos pode se impor ao outro, de acordo com as condições do meio. As reações químicas, que podem provocar a alteração da rocha, ocorrem, preferencialmente, em meios úmidos. Os principais mecanismos de alteração de natureza química são:

- a) Hidrólise : causada pela reação, em um meio aquoso, entre os íons H^+ e OH^- da água e os íons ou elementos dos minerais da rocha. A entrada destes íons na rede cristalina dos minerais da rocha provoca a retirada de outros íons, como, por exemplo, o Na^+ , o K^+ e o Ca^{+2} no caso de minerais silicatados. Assim, o carregamento dos íons causa o desgaste da rocha e eventualmente, a abertura de fissuras pela expansão dos minerais. Este mecanismo implica no enfraquecimento progressivo da estrutura do mineral e consequentemente da rocha;
- b) Hidratação: é a adição de água ao mineral. É uma reação exotérmica e envolve consideráveis variações de volume dos minerais. A variação de volume dos minerais pode causar a desintegração da rocha;
- c) Solubilização: é um mecanismo correspondente à perda dos minerais constituintes da rocha para água. Este processo é função das características físicas e químicas do meio aquoso;
- d) Oxido redução: é a reação dos minerais da rocha com o oxigênio. Os produtos da oxida-redução são os óxidos e hidróxidos, que constituem elementos de fácil lixiviação;
- e) Carbonatação: é a reação dos íons CO_3^{-3} ou HCO_3^{-2} com os minerais da rocha. Os produtos da carbonatação são os carbonatos de fácil lixiviação;
- f) Complexação: é a reação onde ocorre uma forte ligação entre um íon, normalmente um metal, e a estrutura anelar do composto químico dos agentes da complexação. Os principais agentes da complexação são a matéria orgânica e o húmus.

Ainda segundo Maia (2001, p.53), a alteração física da rocha é caracterizada pela fragmentação em virtude de agentes mecânicos, sem que

ocorra variação química. Espera-se que a alteração física seja marcante nas regiões onde a umidade é muito baixa. Os principais mecanismos de alteração de natureza física são:

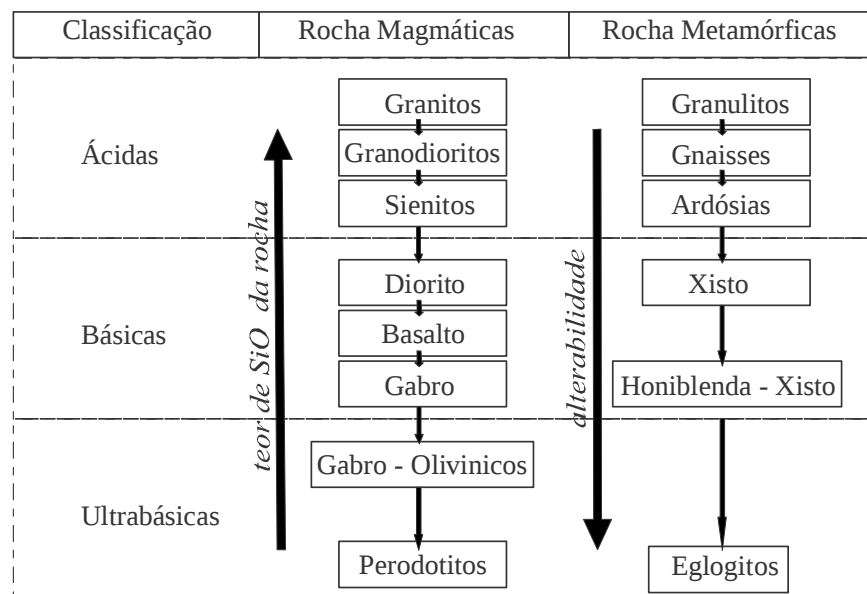
- a) fraturamento por alívio de tensões: a descompressão de maciços rochosos pode provocar a microfissuração e o desenvolvimento de fraturas na rocha. Este alívio de tensões pode ser causado por diversos fatores, como por exemplo, escavações subterrâneas, cortes de grandes taludes, erosão de extratos superficiais, etc.;
- b) expansão devido a efeitos térmicos (insolação): a variação da amplitude térmica diurna e noturna (variação sazonal) gera a expansão e a contração da rocha. Tendo em vista que as rochas são constituídas por diferentes minerais, com diferentes coeficientes de dilatação, a expansão e a contração dos minerais podem causar o desenvolvimento de tensões, que podem gerar microfissuras e, posteriormente, a desagregação da rocha;
- c) abrasão: é provocada pelo atrito ou impacto entre partículas. Este mecanismo causa o desgaste da rocha;
- d) desagregação por crescimento de cristais: o crescimento de cristais no interior da rocha pode ser provocado principalmente por três fatores: o congelamento da água, a cristalização de sais e as alterações químicas com expansão. A variação de volume, ocasionada pelo crescimento de cristais no interior da rocha, gera tensões que podem causar o fraturamento.

óBaseada nessas séries e no conhecimento peculiar dos principais minerais silicatados, Minette (1982) apresenta uma sequência de rochas, em função da susceptibilidade à alteração dos minerais constituintesô (Quadro 1.1) (MAIA, 2001- p.47).

Para Viles (1997, apud Frascá, 2003), as causas da deterioração estão ligadas tanto aos fatores ambientais como arquitetônicos, esses compreendendo o posicionamento e modo de colocação da rocha, defeitos inerentes (propriedades intrínsecas a algumas rochas, que reduzem a sua durabilidade), projeto e técnicas inadequadas de manutenção.

Outros aspectos a serem levado em consideração no processo são as técnicas empregadas na extração e no beneficiamento do material pétreo, as quais podem levar ao aumento do fissuramento, porosidade e outros aspectos que possam contribuir para a acessão dos efeitos prejudiciais causados pelos agentes intempéricos ou antrópicos (manutenção e limpeza inadequadas, entre outras).

Quadro 1.1: Ordem de alteração química de rochas.



Fonte: Maia, 2001, p. 48.

Assim, a degradação ou deterioração das rochas, provocam no decorrer do tempo, mudanças físicas e químicas, que resultam na diminuição da resistência da rocha e modificações na aparência estética, desde incipientes alterações cromáticas, de brilho até esfoliações de camadas superficiais (Frascá, 2003).

1.6 Colorimetria

Em seu livro - Da cor a cor inexistente, Israel Pedrosa (1977, p.20), publicou que a cor não tem existência material: são apenas sensações produzidas por certas organizações nervosas sob a ação da luz - mais precisamente, é a sensação provocada pela luz sobre o órgão da visão.

1.6.1 Compreendendo a Cor

O aparecimento da cor, portanto, está condicionado a existência de dois elementos: a luz (objeto físico, agindo como estímulo) e o olho (aparelho receptor, funcionando como decifrador do fluxo luminoso, decompondo-o ou alterando-o através da função seladora da retina).

A cor pode ser estudada através de três aspectos básicos importantes: o primeiro é o aspecto físico da cor, relacionado ao fenômeno luminoso, que ocorre independente da nossa vontade e trata-se de um aspecto crucial para que a percepção visual cromática aconteça, tendo em vista que, se não há luz, não há como a cor aparecer e ser interpretada.

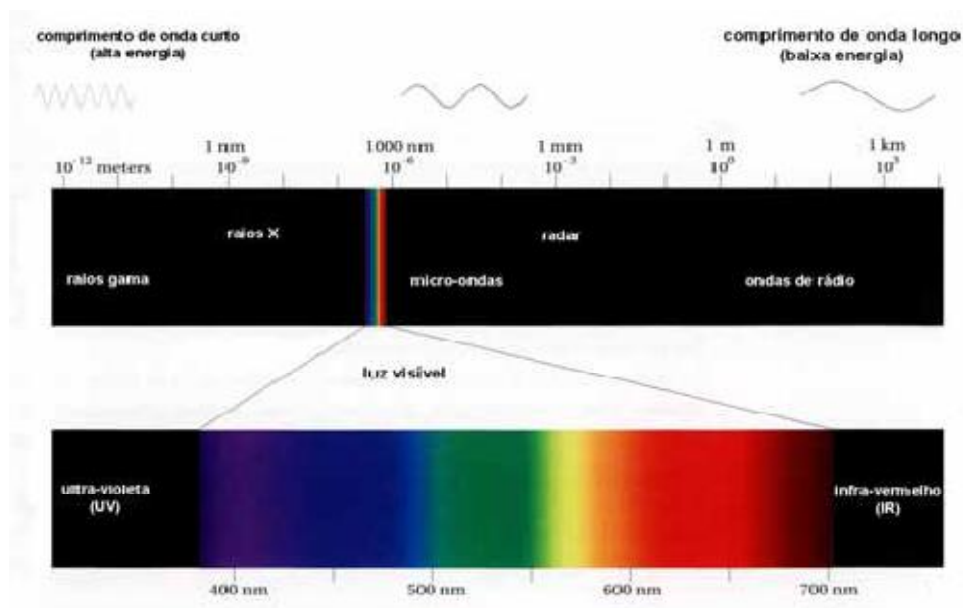
Os outros dois aspectos dizem respeito ao fenômeno fisiológico e aos aspectos culturais simbólicos da percepção cromática (SILVEIRA, 2011-p.17). Assim, o fenômeno da percepção da cor é bem mais complexo que o da sensação, produzida pela mesma (PEDROSA, 1977). Considerando que o fenômeno da sensação faz uso dos elementos físicos (luz) e fisiológico (o olho), enquanto o fenômeno da percepção agrega os dados culturais simbólicos, que alteram substancialmente a qualidade do que se vê, resulta que, os três aspectos devem ser pensados juntos, isto é, um está inevitavelmente ligado ao outro (SILVEIRA, 2011 p. 18).

Assim, segundo Aurélio (1988), a cor é definida como a característica de uma radiação eletromagnética visível de comprimento de onda situado num pequeno intervalo de espectro eletromagnético, a qual depende da intensidade do fluxo luminoso e da composição espectral da luz, e

provoca no observador uma sensação subjetiva independente de condições espaciais ou temporais homogêneas. [Contrapõem-se ao branco, que é a síntese dessas radiações e ao preto que é a ausência de luz].

ÓA luz é uma forma de energia que consiste das ondas eletromagnéticas que vibra em diferentes frequências a aproximadamente 300.000 km por segundo, no vácuo. O comprimento de onda de uma radiação eletromagnética pode ser medida de quilômetros ã Km (10^3 m) a angstroms - Å (10^{-10} m), conforme Grandis (1986). No entanto, o olho humano percebe somente os comprimentos de onda compreendidos entre 400 nm (cor violeta) e 700 nm (cor vermelha), presentes no espectro eletromagnético. Assim, a soma das radiações compreendidas entre estes dois valores resulta na percepção da luz brancaô (LEÃO, 2005 ã p.19) (Figura 1.8).

Figura 1.8 ã Espectro eletromagnético



Fonte - Leão, 2005, p.20.

No ano de 1676, Isaac Newton apresentou importantes descobertas no campo da ótica, envolvendo aspectos relacionados à luz e a cor. Através, de seu experimento, Newton observou que ao incidir um feixe de luz do sol sobre um prisma de vidro, os raios são refratados pelo prisma numa tela. Assim, foi possível observar diferentes radiações monocromáticas (espectros - indecomponíveis), resultante da refração da luz. (Figura 1.9). ÓDe acordo com

a definição das regras de refração pela Lei de Snell, o comprimento de onda curto resulta no maior desvio e o comprimento de onda longo resulta no menor desvio. Através desta regra, foi derivada e fixada a organização das sete cores, na ordem de maior desvio, nomeada violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho (LEÃO, 2005 p.35).

Logo, a luz branca do sol é composta de radiações de diferentes comprimentos de onda, e cada um correspondendo a uma cor particular (LEÃO, 2005).

Figura 1.9 - Espectro visível resultante da incidência da luz branca no prisma



Fonte - Pedrosa, 2010, p.60.

Ao identificar as radiações monocromáticas resultantes da decomposição da luz, Newton desenvolveu um círculo com as cores do arco-íris e verificou que ao girar o círculo em alta velocidade, as cores se misturavam e retornavam a cor branca. Assim, foi possível afirmar que a luz é a detentora das cores e que os objetos, substâncias ou pigmentações, absorvem e refletem as cores que são captadas por nossos olhos (Figura 1.10). Concluindo-se assim, óque a cor depende totalmente da absorção e da reflexão da luz (SILVA, 2008 apud TAVARES, 2006).

Até hoje os fundamentos de Newton são referência para os estudos de óptica física da cor. Contudo, no final do século XVIII, suas ideias foram confrontadas por Johann Wolfgang Von Goethe (1749-1832), e o universo das pesquisas cromáticas tiveram suas discussões aquecidas, com base em pontos de vista totalmente diferentes.

Figura 1.10 ã Reflexão da luz pelo objeto em forma de cor



Fonte ã Fraser, 2007, p.27.

Enquanto Newton se preocupava em estabelecer critérios para a produção da cor enquanto fenômeno físico. [...]. Acreditava ser a natureza um grande sistema, regulamentado por leis precisas, baseando suas propostas na descoberta de algumas dessas leis. Ao contrario, Goethe defendia a ideia de que a cor também existia enquanto fenômeno além da física. Para ele não bastava concluir que a cor surgia da luz branca, mas também a influência dos espectros fisiológicos na visão cromática. Acreditava na observação mais direta dos fenômenos naturais. Se a luz branca era uma sensação simples e única, então ele deveria ser um fenômeno simples e único. Portanto, as cores eram, em primeiro lugar, ideias subjetivas ou coisas que existiam apenas em nossa percepção (SILVEIRA, 2011).

Segundo Goethe (1993, apud SILVEIRA, 2011), existem três formas de manifestação do fenômeno cromático: as cores filosóficas, as cores físicas e as cores químicas. Para ele, o branco, ao escurecer, tornava-se amarelo, e o preto, ao clarear, tornava-se azul e se intensificavam na medida em que se saturavam.

Diante disso, Goethe criou um círculo cromático, para representar parte de seus fundamentos. óNele o azul e o amarelo, o verde e o púrpura estabelecem entre si uma relação de complementaridade e indicam as possibilidades de combinação entre as cores básicas, formando as cores intermediárias. Outro ponto de diferenciação entre as opiniões de Newton e Goethe diz respeito à cor verde. Goethe concordava com a visão dos meios

artísticos de sua época, os quais tinham o verde como uma cor composta pela combinação do amarelo e do azul, e não uma cor simples, espectral como Newtonô (SILVEIRA, 2011- p. 32)

Na verdade, os dois estavam corretos em suas afirmações. Por um lado, Newton discorria sobre as cores espectrais ou cores-luz explicadas pela síntese aditiva, enquanto Goethe explicava as cores-pigmento, que sob a síntese subtrativa, têm o amarelo e o azul produzindo o verde. (SILVEIRA, 2011, p. 33).

1.6.2 Percepção das cores

Além de Newton e Goethe, outros estudiosos contribuíram para os estudos das relações cromáticas, da visão cromática e da definição de um método de medida das coresô (SILVEIRA, 2011).

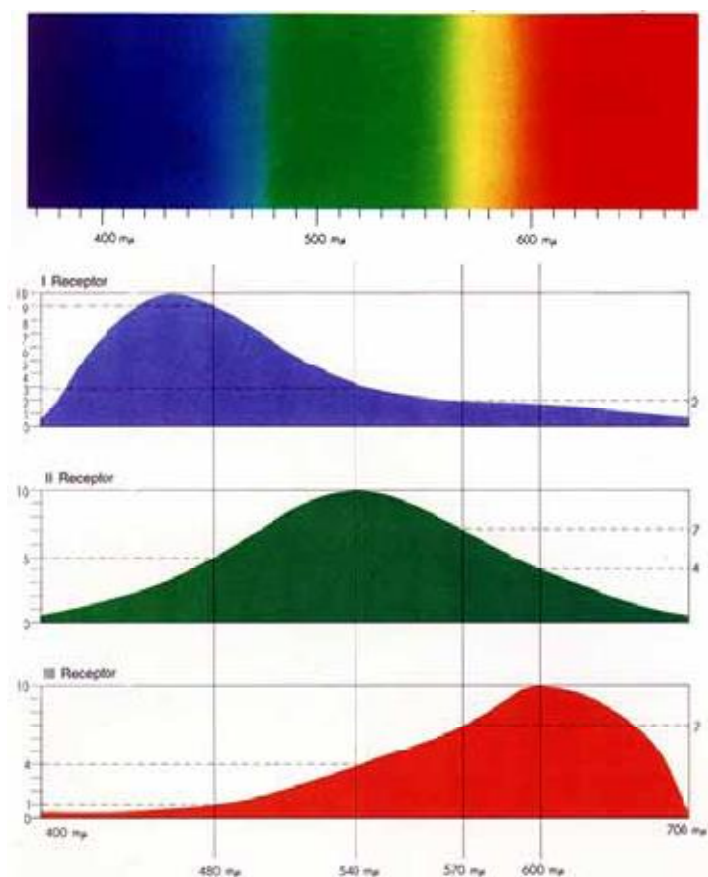
Em 1802, o fisiologista Thomas Young desenvolveu a teoria da tricromática, com base na hipótese de que a visão cromática é baseada na presença de três diferentes órgãos sensíveis a luz. Surgiu assim, a chamada óptica fisiológica. Entretanto, só em 1852, o físico e fisiologista Hermann Ludwig Von Helmholtz e Arthur König, determinaram as três espécies de fibras nervosas presentes na retina (cones). A retina é uma membrana fotossensível à luz, situada no fundo do olho, funcionando como um anteparo (onde a imagem se forma). Possui células fotossensíveis que são denominadas de cones e bastonetes, que levam ao cérebro todos os estímulos elétricos percebidos através da luz:

- a) bastonetes - são responsáveis pela visão noturna, isto é, pela percepção claro/escuro na carência de luminosidade. Não detectam cores, só percebem o preto e o branco;
- b) cones - são responsáveis pela visão diurna, isto é, pela percepção das cores. Existem três tipos de cones diferentes: o primeiro é estimulado principalmente pelas ondas longas (vermelho); o

segundo pelas ondas medias (verde) e o terceiro pelas ondas curtas (azul-violeta). (Figura 1.11)

O sistema visual humano não responde de forma proporcional à intensidade de luz, como em relação à intensidade de brilho. Isto porque, quando se duplica a intensidade da luz (os cones é que estão em atividade, pois são mais sensíveis à luz e às cores), não se percebe o dobro de brilho da luz. Mas, quando a intensidade da luz baixa (os bastonetes estão em plena atividade), e o brilho se evidencia. Isso quer dizer que o sistema visual humano possui a característica de ser não-linear.

Figura 1.11 - O espectro visível, e as cores percebidas pelos cones



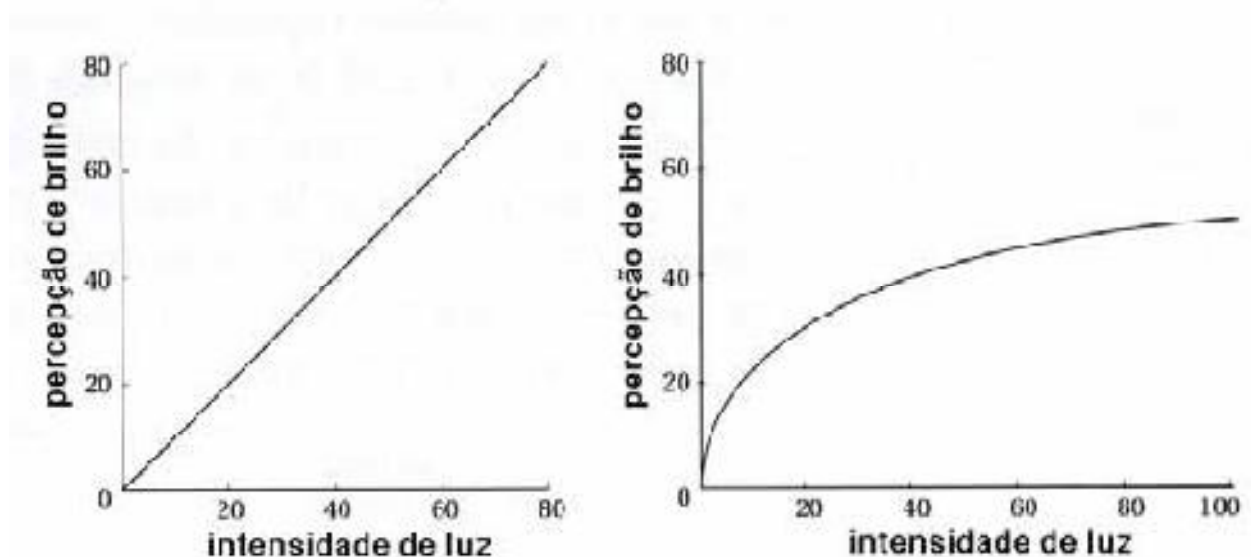
Fonte - Leão, 2005, p.32.

A natureza não-linear da resposta à luz pelo ser humano influencia de várias maneiras o gerenciamento de cores, mas o mais importante é que os vários dispositivos utilizados para medir a luz trabalham com a resposta linear. Para relacionar os instrumentos com a percepção humana é necessário

traduzir as informações do campo linear para o não-linear (LEÃO, 2005 p.39). (Figura 1.12)

Com relação aos ótrês atributos da luz ã brilho, cor e saturação ã existe uma tendência de diferenciar o brilho dos outros, em parte, porque pode-se detectar variações no brilho até mesmo quando não se tem luz suficiente para ver a cor. Por exemplo, numa noite escura a visão humana é produzida pelos bastonetes, os quais não possuem resposta às cores, mas podem perceber diferenças no brilhoô (LEÃO, 2005 p.39).

Figura 1.12 ã Natureza linear e não-linear



Fonte ã Leão, 2005, p.38.

O brilho descreve a quantidade de luz, enquanto a cor e a saturação descrevem a qualidade da luz (LEÃO, 2005 p.39).

Por definição, luminosidade é o brilho relativo, ou seja, luminosidade é o brilho de um determinado objeto tendo o branco absoluto com referência. A luminosidade varia de escuro a claro tendo como limites definidos o preto e o branco, respectivamente; enquanto brilho varia de escuro (turvo) a claro. É importante distingui-los, pois pode-se medir a luminosidade e associar um valor numérico a ela, enquanto o brilho é uma sensação subjetiva na mente do ser humano (LEÃO, 2005 p.39).

Tonalidade é o comprimento de onda dominante, pois todas as cores contêm vários comprimentos de onda, alguns em maior intensidade do que outros (LEÃO, 2005 p.39).

A definição mais usada para tonalidade é a cor da cor, ou seja, uma cor que possui nome específico, tal como o vermelho, laranja, violeta, azul, amarelo e outros, de acordo com algumas regiões do espectro. Por exemplo, o vermelho é uma cor pura, enquanto o rosa não, pois ele é considerado um vermelho pálido ou sem saturação (LEÃO, 2005 p.39).

Saturação é determinada pela pureza da cor. Como a tonalidade é resultante do comprimento de onda dominante, a saturação resulta da menor extensão que o comprimento de onda dominante abrange. Amostras de cores que abrangem muitos comprimentos de onda produzem cores sem saturação, enquanto outras com o espectro parecendo um pico são mais saturadas (LEÃO, 2005 p.39).

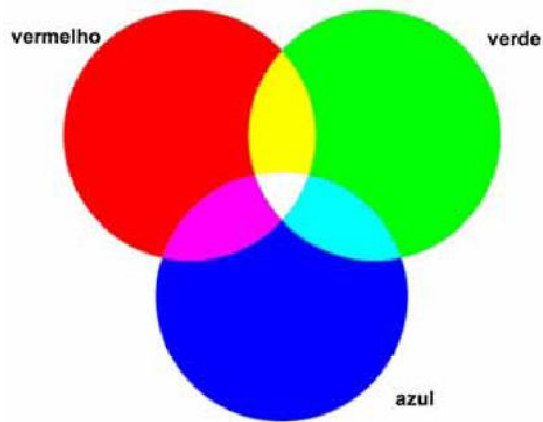
1.6.3 Formação das cores

A partir da descoberta de que o olho humano percebe todas as cores através da composição de três cores básicas, também denominadas de cor-luz ou cores primárias (vermelho, verde e azul), a colorimetria foi fundamentada no princípio que todas as cores podem ser representadas a partir da composição dessas três cores.

Daí decorrem dois sistemas de combinação:

- a) sistema aditivo - neste sistema as cores são obtidas pela superposição das cores primárias (vermelho, verde e azul), ou seja, adição dos comprimentos de ondas dos espectros referentes às cores primárias; (Figura 1.13).

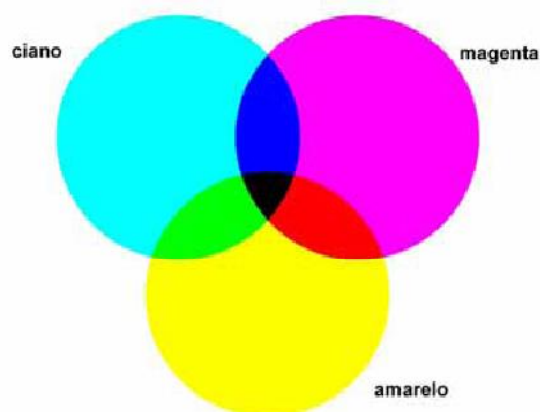
Figura 1.13 - Sistema aditivo (Cor-luz) ã vermelho (red), verde (green) e azul (blue)



Fonte ã Pedrosa, 1977, p.23.

- b) Sistema Subtrativo (CMY): Neste sistema as cores são obtidas pela combinação das cores secundarias, pigmento ou cor-pigmento (ciano, amarelo e magenta), ou seja, pela subtração dos comprimentos de onda, ou seja, o objeto reflete apenas o comprimento de onda relativo á sua cor e absorve os demais (Figura 1.14). Conforme a quantidade de energia absorvida para cada cor básica pode-se obter qualquer cor.

Figura 1.14 - Sistema subtrativo ã ciano, magenta e amarelo



Fonte ã Pedrosa, 1977, p.23.

A luz pode ser proveniente de várias fontes e a cor depende da reflexão da luz pelo objeto, resultando, então, que a natureza da fonte de luz é de grande importância. Segundo Fraser (2005), é possível registrar a curva espectral da energia da luz emitente pela fonte de luz através de cada comprimento de onda.

O surgimento das cores pela decomposição da luz branca está ligado à diferença da velocidade dos diversos raios luminosos, que apresentam diferentes comprimentos de ondas (frequência). Logo, o índice de refração é igual à relação existente entre a velocidade da Luz e a velocidade de determinada faixa colorida (cor) ao atravessar o meio refratador (PEDROSA, 2010).

Conforme Leão (2005, p. 23), a luz é uma forma de energia, e qualquer processo que emite, reemite ou conduz energia em quantidade suficiente poderá produzi-la. Os tipos mais comuns de fontes são:

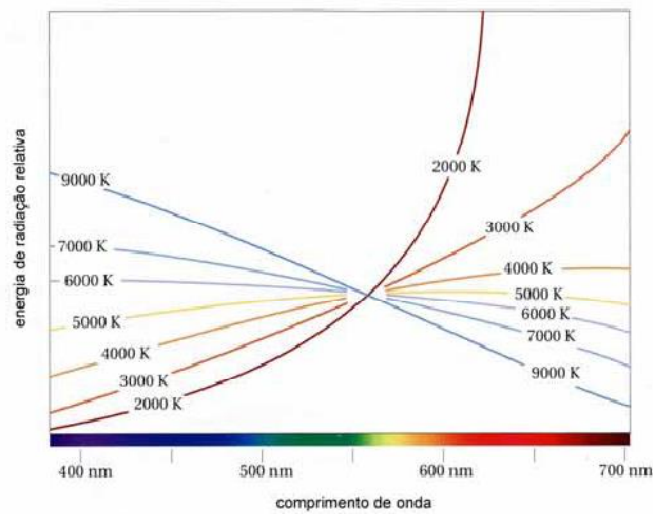
- a) **luz do dia:** O sol (...) é provavelmente a mais importante de todas as fontes de luz que se conhece. A composição exata do comprimento de onda da luz do dia depende da hora do dia, das condições atmosféricas e da latitude;
- b) **incandescente:** é resultante do aquecimento de um sólido ou líquido em intensidade suficiente para emitir luz, tal como a luz da vela ou a lâmpada de tungstênio, largamente utilizada nas residências;
- c) **lâmpada de descarga elétrica (Luminescencia):** Consiste em um tubo fechado contendo um gás (como o vapor de mercúrio ou xenônio) que é excitado por uma carga elétrica. A excitação dos elétrons dos átomos do gás reemite a energia como fótons de energias variadas, resultando num espectro descontínuo, com diversos picos, inclusive no espectro ultravioleta - UV. Fabricantes usam várias técnicas, tal como a adição de produtos fluorescentes à camada interna dos bulbos, resultando assim em uma radiação de maior comprimento de onda da luz emitida.;

d) **fosforescência:** É a propriedade que têm certos corpos de brilhar na obscuridade, sem irradiar calor. Os corpos fosforescentes tornam-se luminosos quando sujeitos a fricção, a elevação de temperatura, ou a descarga elétrica através de uma foto irradiação que persiste durante um lapso de tempo (PEDROSA, 2010.- p.35). O melhor exemplo são as placas de sinalização, pintadas com tinta fosforescente, que se destacam quando iluminadas pelos faróis dos veículos, justamente porque reemitem a luz absorvida durante o dia.

Assim, é possível dizer que as fontes de luz (iluminantes), são caracterizadas a princípio pela sua temperatura de cor e pela distribuição espectral.

Isso pode ser observado na Figura 1.15, em que está representada a curva espectral de um corpo negro em várias temperaturas (medidas em *Kelvin* - $^{\circ}\text{K}$, sistema de medição de temperatura desenvolvido em 1848 por *Lord Kelvin* para medição absoluta de temperatura). Nas baixas temperaturas, o corpo negro apresentou pouco aquecimento, baixas energias e longos comprimentos de onda do espectro visível, resultando nos comprimentos de onda com maior intensidade do vermelho e amarelo. A 2000°K obteve-se um vermelho forte, geralmente chamado de óvermelho quente. Nas temperaturas entre 3000 e 4000°K , a cor da luz mudou do vermelho forte para o laranja e o amarelo. O filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente opera entre 2850 e 3100°K , resultando em uma luz amarelada. Entre 5000 e 7000°K , a luz emitida pelos corpos negros é representada de forma relativamente horizontal no espectro visível, produzindo um branco neutro. Nas altas temperaturas, acima de 9000°K , os comprimentos de onda curtos predominam, produzindo uma luz mais azul. Este é o sistema que se usa para descrever a cor da luz branca. A temperatura de cor descreve se a luz é alaranjada, amarelada, neutra ou azulada (LEÃO, 2005. p.24).

Figura 1.15 - Temperatura da cor



Fonte - Leão, 2005, p.25.

Considerando que o equipamento de medição de intensidade de brilho e de cor funciona como um sistema cromático ordenado, necessário se faz uma abordagem sucinta do tema para sua melhor compreensão.

A necessidade de organização da imensa gama de cores presente em nosso mundo perceptivo evidencia a importância do controle de sua sistematização em modelos topológicos (SILVEIRA, 2011. p.65).

Existem diversos modelos topológicos distribuídos em várias tentativas de organizar as cores sob uma lógica matemática a partir de sólidos manipuláveis. O desenvolvimento destes sólidos proporcionou o surgimento de uma ciência chamada colorimetria.

As tentativas de sistematização das cores, em torno de uma organização com base em modelos topológicos, vêm desde a antiguidade. Mas, o desenvolvimento dos modelos topológicos só ocorreu com a definição de parâmetros que vão desde o comprimento de onda, até a simples presença da cor em relação às outras, passando pela tonalidade, saturação e luminosidade ou brilho.

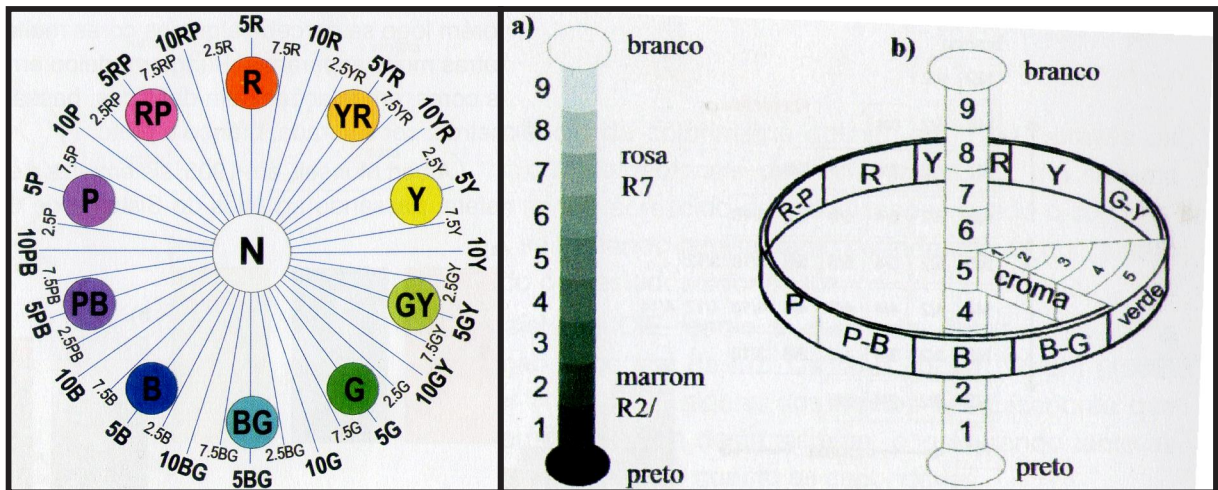
No início os modelos de ordenação sistemática da cor eram bidimensionais, e correspondia a lista de cores e círculos cromáticos. Contudo, só na segunda metade do século XVIII ocorreram as primeiras experiências com o sistema tridimensional.

1.7 Sistemas Colorimétricos

Em 1905, artista americano Albert Henry Munsell, desenvolveu o mais influente sistema de modelagem da cor, através de um sólido tridimensional irregular, baseado nas variáveis de análise de cada cor: o matiz (diferença de uma cor para outra), o valor (grau de luminosidade contida numa cor) e o croma (indica o grau de pureza de cada cor, saturação). (Figura 1.16).

A evolução do sólido de Munsell passou por várias etapas. A primeira um modelo bidimensional em forma de círculo, onde foram dispostos cinco matizes de mais alto croma: o amarelo (Y), o verde (G), o azul (B), a púrpura (P) e o vermelho (R). A mistura desses matizes resultou em outros cinco que foram colocados entre os matizes principais, e assim sucessivamente.

Figuras 1.16 - Localização da variável Matiz e representação da variável valor (L^*), e da variável croma (b)) no sólido de Munsell



Fonte: Silveira, 2011, p. 68 e 69.

Para que o sólido fosse controlado, Munsell idealizou uma escala de 1 a 10 e colocou-a no centro do círculo de matizes, representando a variável valor de cada cor. Outra variável foi criada para definir o caminho cromático

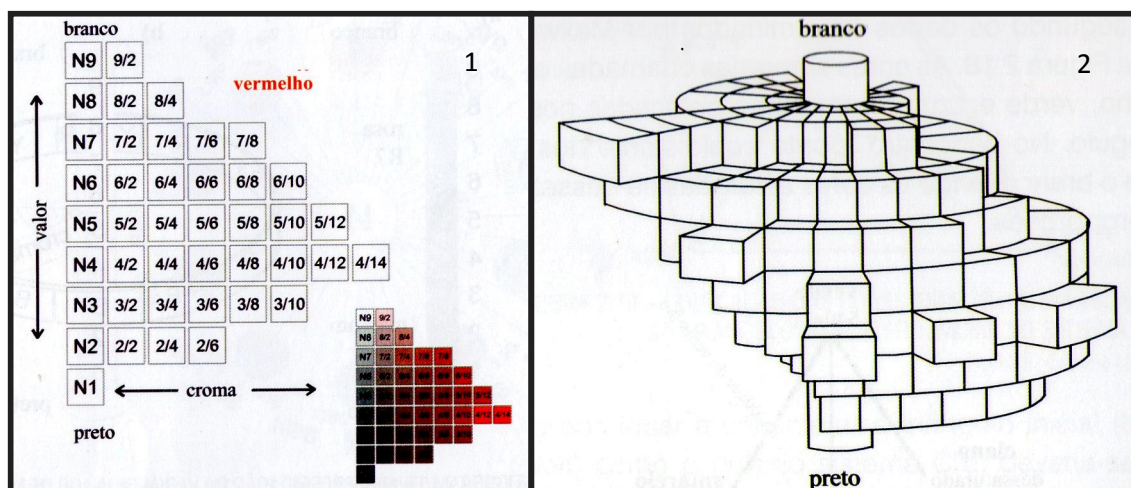
que cada cor percorre entre a saturação e a não saturação (croma). (Figura 1.18)

Juntas todas as variáveis resultaram em um sólido irregular, que representa uma maneira racional de descrever a cor, através de uma linguagem clara e fácil leitura visual. (Figura 1.17).

A ciência da colorimetria definiu, em 1931, através da *Comission Internationale de l'Eclairage*(CIE), um sistema que vem sendo acrescido de modificações desde o seu nascimento, tornando-se familiar, tanto na indústria da cor, quanto no mundo dos estudos sobre a luz (SILVEIRA, 2011. p.71).

O sistema CIE fundamenta-se na distribuição espectral da luz, considerando tanto as fontes de luz primárias quanto as secundárias e denominando funções de equilíbrio cromático num observador padrão ou tri-estímulos (vermelho (Red), verde (Gree) e azul (Blue)).

Figura 1.17 - Variação do matiz vermelho no sistema Munsell (1) e sólido de Munsell (2)

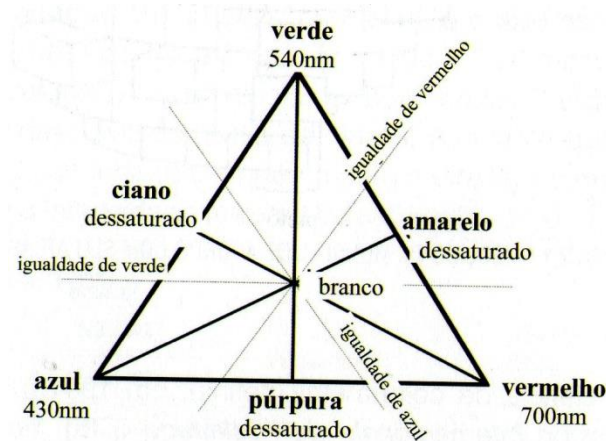


Fonte - Silveira, 2011, p. 70 e 71.

As funções de equilíbrio cromático foram primeiramente determinadas com os seguintes comprimentos de onda: 700.0nm para o vermelho, 545.1nm para o verde e 435.8nm para o azul (SILVEIRA, 2011), que foram colocadas no vértice de um triângulo. As cores secundárias resultante da mistura de cores primárias foram colocadas no ponto intermediário entre dois vértices. E no baricentro do triângulo foi colocado o

braço, onde as cores saturadas dessaturam em iguais proporções. Contudo, ao comparar o matiz do triângulo com as curvas espectrais, o experimento não deu certo. (Figura 1.18)

Figura 1.18 - Triângulo equilátero inicial que deu origem ao sistema CIE



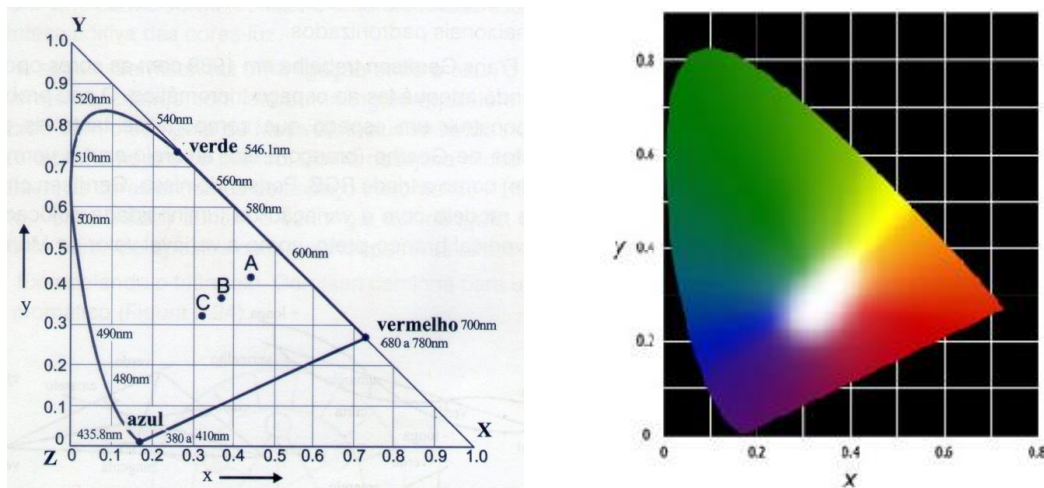
Fonte: Silveira, 2011, - p. 72.

O Sistema Primário CIE XYZ é baseado na capacidade visual do Observador Padrão ao tri-estímulo (vermelho, verde e azul) utilizando como referência as três cores imaginárias, que teriam maior saturação que as cores espectrais, porém, conforme Silveira (2011), as cores primárias ideais do sistema CIE, para serem reais, deveriam possuir duas características fundamentais: serem produzidas sob condições reais e alcançadas pelo nosso sentido da visão. Como não apresentam tais características, são chamadas de estímulo ideais e não cores, sendo designados por X, Y e Z para vermelho, verde, e azul respectivamente.

Foi definida uma fórmula matemática para converter os valores em RGB (cores reais) para XYZ (estímulos ideais) do sistema CIE. Através da transformação matemática dos valores XYZ é gerado um mapa das cores. A construção do diagrama de cromaticidade CIE xyZ define um espaço de cor do espectro visível em três dimensões (Figura 1.19). (...) A CIE acredita que o sistema visual humano não percebe todas as cores uniformemente e, então, desenvolveu o espaço de cor um pouco distorcido, mas que conseguisse

representar as cores percebidas pelo sistema visual humano (LEÃO, 2005. p. 44). (Figura 1.20).

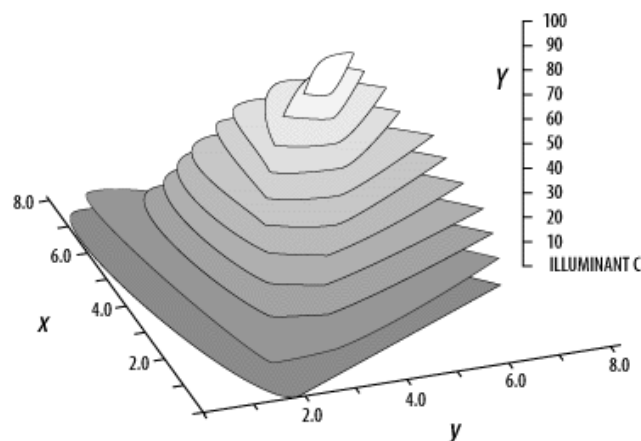
Figura 1.19 - Diagrama CIE XYZ em 2 dimensões



Fontes - Silveira, 2011, - p.75 e Leão, 2005, p.44. .

Na tentativa de aumentar a uniformidade das cores percebidas pelo sistema visual humano no dispositivo, a CIE desenvolveu um novo modelo de cor uniforme denominado CIELab. O modelo de cor CIELAB funciona como um tradutor universal de línguas entre os dispositivos, permitindo controlar as cores que passam de um dispositivo para outro, correlacionando os valores em RGB ou CMYK com os valores em $L^* a^* b^*$ (LEÃO, 2005 p. 45).

Figura 1.20 - Diagrama CIE XYZ em 3 dimensões

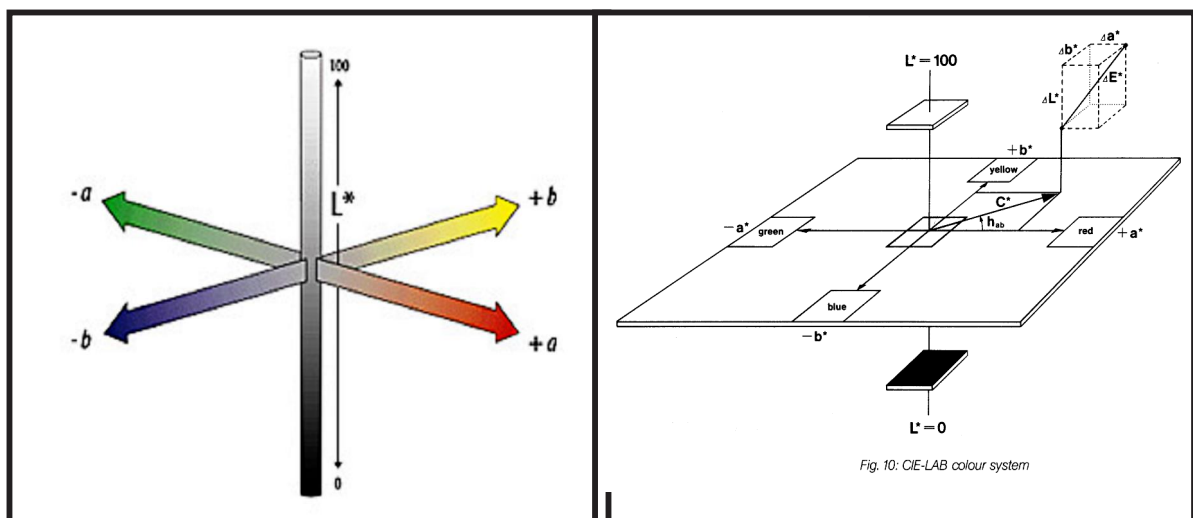


Fonte - Leão, 2005, p. 44.

O CIELab é atualmente o mais utilizado para descrição quantitativa da cor. Nesse sistema, apresentam-se as seguintes variáveis: L^* a^* b^* , onde L^* é a luminosidade que varia entre 0% - negro e 100% - branco, a^* varia entre o verde ($-a^*$) e o vermelho ($+a^*$), b^* entre o azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$). Associada ao sistema L^* a^* b^* , existe o L^* C^* h° que apresentam variáveis que correspondem a luminosidade (L^*), ângulo de tonalidade (h°) e croma (C), relacionadas diretamente com as coordenadas de Munsell (Figura 1.21).

Através, das equações (CIE, 1986) abaixo descritas, é possível definir as coordenadas do sistema L^* a^* b^* e L^* C^* h° . Verifica-se que tais coordenadas foram obtidas a partir de valores tri-estímulos, sendo que o valor triestímulo Y se refere somente a luminosidade da amostra. Sendo que X_n , Y_n e Z_n são as coordenadas do ponto neutro. Vale ressaltar que cada conjunto tem um X_n , Y_n e Z_n que dependem de um iluminante e de um observador. (OLIVEIRA, 2006).

Figura 1.21 - Sistemas $L^*a^*b^*$ e L^*C^*h



Fonte: Leão, 2005, p 45 e Petter

Assim, conforme Berger-Schunn (1994, apud MARTINIZANO, 2008), para julgar a direção da diferença de cor entre duas amostras em uma mesma situação ou entre uma mesma amostra em duas situações diferentes, é usual calcular seus ângulos de matiz (h) e cromas (C) como segue:

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (\text{eq.1})$$

$$a^* = 500 ((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}) \quad (\text{eq.2})$$

$$b^* = 200 ((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}) \quad (\text{eq.3})$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{eq.4})$$

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (\text{eq.5})$$

No espaço Lab é possível quantificar as diferenças em termos psicrométricos de ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE ou ΔL^* , ΔC^* , ΔH e ΔE . A diferença de cor é denominada por ΔE .

As diferenças ΔL^* , Δa^* e Δb^* que fisicamente representam a diferença entre a amostra analisada e o padrão estabelecido, são calculadas conforme equações abaixo:

$$\Delta L^* = L^* \text{ amostra} - L^* \text{ inicial} \quad (\text{eq.6})$$

$$\Delta a^* = a^* \text{ amostra} - a^* \text{ inicial} \quad (\text{eq.7})$$

$$\Delta b^* = b^* \text{ amostra} - b^* \text{ inicial} \quad (\text{eq.8})$$

$$\Delta C^* = C^* \text{ amostra} - C^* \text{ inicial} \quad (\text{eq.9})$$

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (\text{eq.10})$$

$$\Delta H = ((\Delta E^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2)^{1/2} \quad (\text{eq.11})$$

1.8 Iluminantes ã CIE

Para estudar a cor os cientistas usam fontes de luz teóricas para determinar a cromaticidade ou a cor pura da luz, assim como fontes reais de luz. Este modelo de fonte de luz é chamado de radiação de corpo negro, onde os físicos desenvolveram uma fórmula que determina a distribuição espectral da potência da fonte de luz baseada na sua temperatura (LEÃO, 2005 ã p.25).

Na teoria da cor, o uso do termo fonte de luz, é voltado para a identificação da fonte física de luz, enquanto que, no estudo dos modelos teóricos, o termo adotado é iluminante.

A *Comission Internationale de l'Eclairage*, ou *International Commission on Illumination* (CIE) foi fundada em 1913, com objetivo de trocar ideias e informações relativas à iluminação e padronizá-las num contexto mundial. A CIE estuda o sistema visual e as cores, e os transforma em diretrizes para a colorimetria.

O modelo de cor CIE é único e está baseado na percepção das cores pelo sistema visual humano. Também se baseia na definição padrão de iluminantes e as especificações para o observador padrão.

Hoje existem muitas fontes de luz disponíveis no mercado que apresentam distribuições espectrais diferentes entre si, mesmo sendo comercializada com a mesma designação. Como a iluminação influencia diretamente na cor do objeto, estes apresentam mudanças significativas na cor quando expostas a diferentes fontes luminosas.

Para simplificar e reduzir essa complexidade a CIE padronizou alguns iluminantes e fontes padrões:

- a) iluminante A - representa uma lâmpada de filamento de tungstênio de temperatura de cor de 2854 K. É um corpo que irradia ou absorve toda radiação eletromagnética em todos os comprimentos de onda;
- b) iluminante B - representa um dia de sol com temperatura de cor de 4874 K;
- c) iluminante C - representa a luz média do dia (manhã) com temperatura de cor de 6774 K e tem sido substituído pelo iluminante D;
- d) iluminante D - é uma série de iluminantes que foram definidos com relação a várias medições, com relação localização geográfica, horários das medições, condições atmosféricas e climáticas, para representar a luz do dia. Os iluminantes da série D são o D50, D55, D65 e D75 com temperaturas de cor de 5000 °K, 5500 °K, 6504 °K e 7500 °K, respectivamente.

Como o observador é um dos elementos fundamentais para a percepção da cor, tornou-se necessário padronizar este elemento. O primeiro tipo foi especificado em 1931, como observador padrão 2° (leia-se observador padrão a dois graus) e em 1964, criou o observador padrão 10 padrão (leia-se observador padrão a dez graus). Em ambos, o observador padrão é composto de um pequeno grupo de indivíduos (entre 15 e 20) com o sistema visual normal. A diferença é o campo de visão usado para visualização o primeiro era 2° e o segundo de 10°. Para manter este campo de visão era necessário manter uma distância constante de 50m.

1.9 Medição das Coordenadas Colorimétricas

Medir a cor é um paradoxo, de acordo com (FRASER 2005), pois o que se pode medir é o estímulo, ou seja, a luz, que para o observador é a luz que entra nos olhos e possibilita a sensação das cores (LEÃO, 2005 p.46).

Assim, a colorimetria é a ciência que quantifica e descreve numericamente as percepções humanas da cor e especifica pequenas diferenças de cor que um observador pode perceber (Wyszecki, 1982, apud MARTINAZZO, 1995).

Os métodos disponíveis para a medida da cor vão de uma simples comparação visual com um padrão e através de sofisticados instrumentos denominado colorímetros e espectrofotômetros.

A aplicação das técnicas colorimétricas na avaliação de diferenças de tonalidade em placas pétreas já vem sendo utilizadas desde bastante tempo. Esse método é aplicado como auxílio na identificação de possíveis alterações de tonalidade do material pétreo após ter sido submetido à ação do intemperismo e/ou ataques químicos, indicando assim possíveis diferenças na cor no material.

2 MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS

O procedimento metodológico aplicado no desenvolvimento deste trabalho dividiu-se em três etapas:

- a) 1ª etapa - caracterização geológica da área de extração do material estudado e coleta de amostras;
- b) 2ª etapa - análise petrográfica das amostras colhidas *in loco*;
- c) 3ª etapa - execução de ensaios de caracterização tecnológica, ensaios de alterabilidade e ensaios determinação da cor e do brilho nas amostras exposta aos ataques químicos.

As etapas permitiram conduzir uma atenção especial aos aspectos significantes que pudessem influenciar nas questões discutidas nesta dissertação. A princípio realizou-se, através de visita a campo, um levantamento básico das frentes de exploração ativas e paralisadas da rocha ornamental Preto São Marcos. óDurante essa fase buscou-se identificar e avaliar os fatores e condicionantes geológicos locais, que poderiam determinar as feições estéticas e decorativas do materialô (GIORGIO, 2003).

2.1 Caracterização Geológica

A pedreira onde é explotado o material foco dessa pesquisa, o Preto São Marcos, está situada a cerca de 10km da sede do Município de Casserengue e 64km da cidade de Campina Grande na Paraíba, e sua ocorrência se dá em forma de matacões e maciços.

A lavra desta rocha ornamental ocorre em um pluton gabróide que ocupa uma área de aproximadamente 6km², localizado a cerca de 10km ao sudoeste (SW) da sede do Município de Casserengue ã PB, que está localizado na Microrregião Curimataú Oriental e na Mesorregião do Agreste

Paraibano do Estado da Paraíba (Diagnóstico do Município de Casserengue, 2005), nas coordenadas 6°46'58,040 S / 035°49'06,03W.

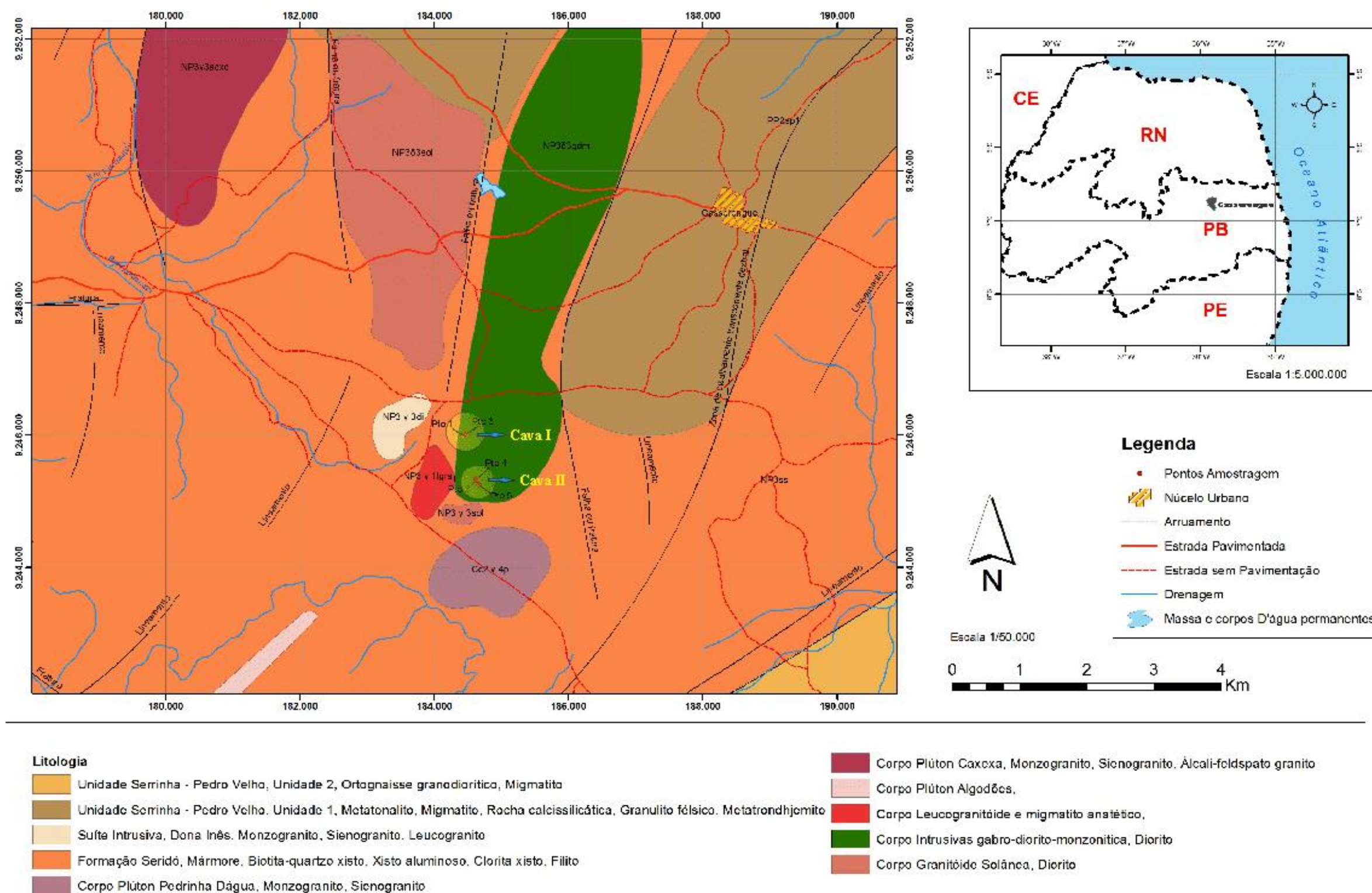
Do ponto de vista geotectônico, o Preto São Marcos é parte constituinte de uma suíte plutônica neo proterozóica que ocupa parte dos terrenos São José do Campestre e Faixa Seridó, integrante da sub-próvincia Rio Grande do Norte, da Província Borborema. (Figura 2.1)

Em afloramentos, o Preto São Marcos apresenta um aspecto quase homogêneo, tanto na cor como na textura, e pode ser descrito como uma rocha ígnea, melanocrática, de granulometria média a grossa e textura hipidiomórfica a porfirítica com fenocristais de até mais de um centímetro (LIMA, 2008). Portanto, trata-se de rocha gabróide, cuja granulométrica dos cristais varia desde supramilimétrica a centimétrica, e que desdobra potencialidade de baixa alterabilidade, sobretudo beneficiada pela presença de magnésio, dado que neutraliza ou diminui o potencial de oxidação, não raro estimulado pelo ferro.

Na escala mesoscópica, o Preto São Marcos é uma rocha cuja textura e estrutura tende à isotropia e homogeneidade. Todavia, encontra-se cortada por várias famílias de fraturas, inclusive zonas de cisalhamento localizadas, afora veios preenchidos com quartzo ou quartzo-feldspato, com extensões e espaçamentos variados. Entre as fraturas, destacam-se fraturas sub-horizontais (fraturas de esfoliação), acompanhando a superfície topográfica, que pode ser observadas em toda parte do afloramento do Preto São Marcos (Foto 2.1, 2.2 e 2.3). As famílias de fraturas subverticais, não preenchidas, apresentam as seguintes direções: N45°E, N10°W e N45°-55°W. Uma família de fraturas inclinadas preenchidas apresenta direção N83°E mergulho de 65° para SE. Algumas fraturas isoladas preenchidas apresentam as seguintes orientações: N20°E, 58°NW; N70°W 45°SW; N40°W, 45°SW. (LIMA, 2008)

É importante observar se a presença das fraturas no maciço se apresenta com frequências superiores a 1/m (uma por metro), o que caracteriza o estágio de deformação do maciço rochoso como rúptil e, portanto, o torna inadequado à produção de pranchas e blocos com finalidades ornamentais

Figura 2.2 - Mapa Geológico da área estudada



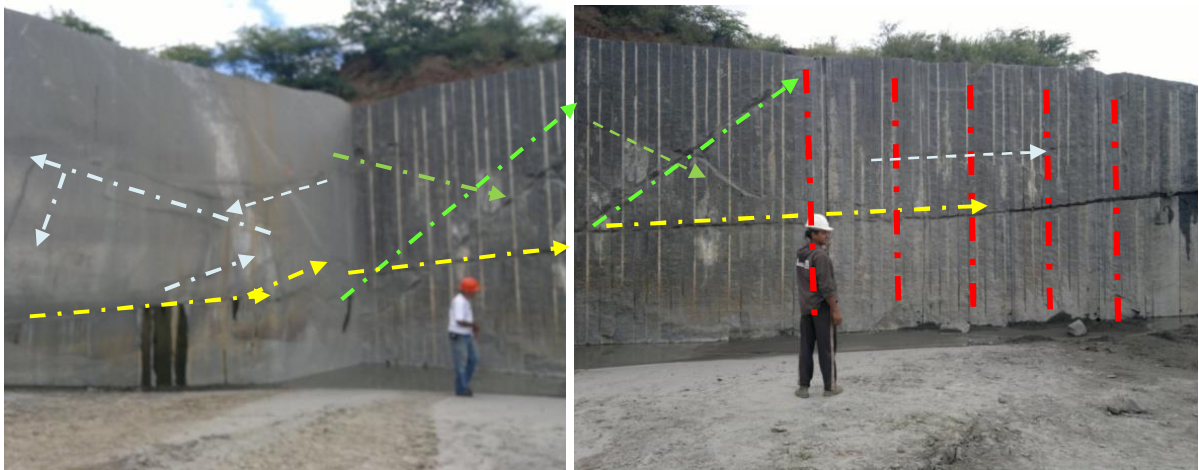
Fonte - CPRM, 2008.

Foto 2.1 - Vista frontal do maciço rochoso mostra fratura sub-horizontal, indicada pela linha amarela



Fonte: a autora.

Foto 2.2 ã Vistas aproximadas do maciço mostram inúmeras famílias de fraturas entre elas a sub-horizontal (linha amarela), a de cisalhamento (linha verde) e linhas de corte por fio diamantado (linhas vermelhas)



Fonte - a autora.

Foto 2.3 ã Detalhe no topo do maciço onde é possível ver a continuidade da fratura de cisalhamento (linha verde) que cruza o corte produzido pelo fio diamantado (linha vermelha)



Fonte - a autora.

Nas frentes de lavra, a tarefa foi identificar as propriedades específicas das exposições rochosas, tais como: morfologia; grau de fraturamento; presença de veios e outras estruturas lineares ou planares. Características da rocha como composição mineral e química, variações de cor, tamanho dos grãos, textura, homogeneidade, variação de fácies, presença de descontinuidade como veios, planares ou não, são relevantes, a exemplo de alterações do tipo oxidação e outras alterações.

Após a coleta de amostras *in natura*, os trabalhos passaram a ser desenvolvidos em laboratório. Procederam-se os cortes dos materiais pétreos selecionados, para a confecção de amostras com dimensões específicas para realização dos ensaios de caracterização tecnológica, que visaram o conhecimento de parâmetros físicos, mecânicos, mineralógicos, e os aspectos estéticos da rocha.

Portanto, as amostras *in natura* do Preto São Marcos, utilizadas no presente estudo são provenientes da pedreira supracitada, localizada no município de Casserengue no Estado da Paraíba. A mesma produz essencialmente rocha ornamental de grande aceitação no mercado na forma de placas, ornamentos e chapas para revestimentos.

As amostras de placa polida são provenientes de marmoraria localizada em Olinda, Estado de Pernambuco.

No mercado correspondente, a importância maior deste litotipo ornamental é a reprodutibilidade do padrão estético da cor preta, apenas com um concorrente, o Preto São Gabriel, do Estado do Espírito Santo, sem nuances explicitadas mesoscopicamente, ao contrário do que acontece com outros tipos comerciais que incorporam o verde.

2.2 Análise Petrográfica

A análise petrográfica foi executada a princípio através do exame macroscópico de amostra *in natura*. O exame microscópico das laminas delgadas consiste na descrição dos minerais e suas inter-relações (ou arranjo textural), com a observação do estado microfissural e grau de alteração da rocha e de seus constituintes minerais, além da classificação formal da rocha (Foto 2.4).

As análises petrográficas foram realizados no laboratório de Estudos Metalogenéticos Aplicados ã LEMA, vinculado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Foto 2.4 - Microscópio óptico de luz refratada



Fonte ã a autora.

De um modo geral, a rocha é composta por 60 a 70% de minerais félsicos, destacadamente o plagioclásio e 40% a 30% de minerais máficos,

com destaque para micas, anfibólios e piroxênios ferromagnesianos. O plagioclásio se encaixa como andesina básica a labradorita, dado que se traduz numa composição molecular com grande presença de CaO e se desdobra em formação de carbonato, responsável pela melhoria do aspecto estético-decorativo, sobremodo marcado por cintilância nas superfícies polidas.

2.3 Caracterização Tecnológica

Todos os ensaios foram executados com base nas Normas da ABNT conforme Quadro 2.1:

Quadro 2.1 - Lista dos ensaios realizados e suas respectivas Normas

ENSAIOS		NORMAS
Análise Petrográfica		ABNT NBR 15845:2010 Anexo A
Caracterização tecnológica	Índices Físicos	ABNT NBR 15845:2010 Anexo B
	Resistência à compressão uniaxial	ABNT NBR 15845:2010 Anexo E
	Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento de três pontos)	ABNT NBR 15845:2010 Anexo F
Alterabilidade (ataque químico)		ABNT NBR 13818:1997 Anexo H
Desgaste abrasivo - <i>Amsler</i>		ABNT NBR 12042:1997 Anexo E

Fonte: não a autora.

Os ensaios tecnológicos tiveram seus resultados analisados e seus índices comparados aos estabelecidos pela norma ASTM e também àqueles sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), expressos no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Valores especificados pela ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat, para os ensaios de caracterização tecnológica.

PROPRIEDADES	VALORES FIXADOS PELA ASTM C-615	VALORES SUGERIDOS POR FRAZÃO E FARJALLAT (1995)
Massa Específica Aparente (kg/m ³)	2.560,00	2.550,00
Porosidade Aparente (%)	n.e.	1,0
Absorção D'água Aparente (%)	0,4	0,4
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	1,0
Compressão Uniaxial (MPa)	131,0	100,0
Flexão (módulo de ruptura) (MPa)	10,34	10,0

Fonte: American Society for testing and Materials - ASTM, Frazão & Farjallat 1995.

Legenda - n.e. - não especificado.

2.3.1 Índices Físicos

Os ensaios dos índices físicos consistiram em definir a relação básica entre a massa e o volume das amostras através das propriedades de massa específica aparente (densidade) seca e saturada, porosidade e absorção d'água, conforme Norma da ABNT NBR 15845:2010 - Anexo A.

Inicialmente foram confeccionados 10 corpos-de-prova em chapa polida medindo 5 cm x 5 cm x 2 cm, lavados em água corrente e em seguida pesados na balança e colocados para secar em estufa ventilada com temperatura de 70 +/- 5°C, por 24 horas (Foto 2.5). Após secagem as amostras foram pesadas obtendo-se a massa seca (Msec.). (Foto 2.6).

Posteriormente, os corpos de prova foram colocados numa bandeja com água destilada na medida 1/3 de sua altura, após 4 horas foram completados 2/3 de água e deixados por mais 40 horas (Foto 2.7). Após Transcorridas as 48 horas de submersão, os corpos de prova foram pesados individualmente em balança hidrostática, modelo AS500C com precisão 0,01g, e capacidade máxima de 500g da marca Marconi, e determinadas suas massas submersas (Msub.) (Foto 2.8). Ainda em estado de submersão os

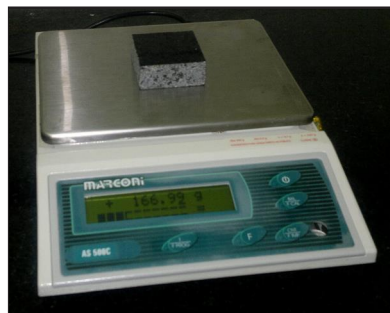
corpos de prova foram emersos, sua superfície enxuta em toalha absorvente e em seguida pesados e determinados as suas massas saturadas ($M_{sat.}$).

Foto 2.5 - Estufa Ventilada



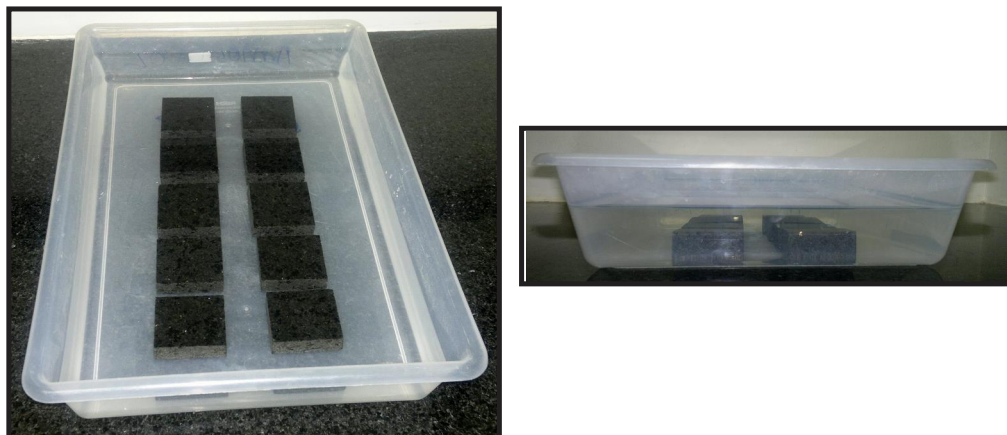
Fonte ã a autora.

Foto 2.6 - Balança para pesagem de amostras secas e saturadas



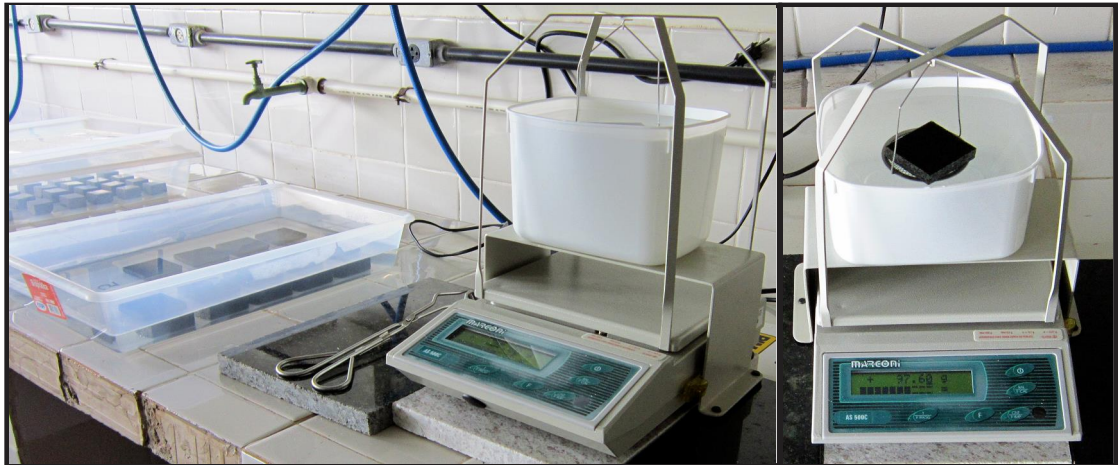
Fonte ã a autora.

Foto 2.7 - Bandeja com amostras submersas



Fonte ã a autora.

Foto 2.8 - Balança Hidrostática para pesagem de amostras submersas



Fonte ã a autora.

Após a obtenção dos pesos seco, submerso e saturado, foram calculados as propriedades de Densidade aparente, Porosidade aparente e Absorção de Água aparente, através das seguintes expressões matemáticas:

- **Densidade Aparente:**

$$\rho_a = \frac{M_{sec}}{(M_{sat} - M_{sub})} \times 1000 \quad (\text{kg/m}^3) \quad (\text{eq. 12})$$

- **Porosidade Aparente:**

$$\eta_a = \frac{(M_{sat} - M_{sec})}{(M_{sat} - M_{sub})} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{eq. 13})$$

- **Absorção de Água Aparente:**

$$\dot{U}_a = \frac{(M_{sat} - M_{sec})}{(M_{sec})} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{eq. 14})$$

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Geoquímica do Departamento da Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

2.3.2 Resistência à Compressão Uniaxial

O ensaio de resistência à compressão ódetermina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade físicaô (FRASCÁ, 2001). A tensão suportada varia de acordo com a composição mineralógica, a textura, o estado de alteração e a porosidade do material (KALIX, 2011).

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas, pertencete ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, e seguiu a Normativa da ABNT NBR 15845/2010 ñ ANEXO E.

O procedimento consiste em submeter cinco corpos-de-prova cúbicos, com dimensões 7cmx7cmx7cm, para a condição seca. Antes do ensaio, os corpos de prova foram deixados na estufa (70°C +/- 5 °C) por 48 horas. Decorrido o tempo estimado para a secagem, as amostras foram inseridas uma por vez na prensa hidráulica da marca WPM, e submetidos à ação de uma força de compressão, sob uma taxa de 300KN/min (Foto 2.9).

Foto 2.9 - Prensa Hidráulica para ensaio de compressão uniaxial simples



Fonte ñ a autora.

O cálculo da tensão de ruptura na compressão foi obtido através da expressão a seguir:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (\text{eq. 15})$$

onde: σ_c é a tensão de ruptura na compressão,

Expressa em megapascals (MPa);

P - é a força exercida no corpo de prova (kN);

A - área de aplicação da carga (m²).

Ao fim, foram obtidas medias das resistências à compressão em MPa para o tipo comercial Preto São Marcos.

2.3.3 Modelo de Ruptura (Flexão por carregamento em três pontos)

O ensaio de tração na flexão (ou flexão por carregamento em três pontos, ou ainda, módulo de ruptura) determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. Permitindo avaliar sua aptidão para uso em revestimento, ou elemento estrutural, e também fornece um parâmetro indicativo de sua resistência à tração (FRASCÁ, 2001).

Foram confeccionados dez corpos-de-prova, com dimensões de 5 cm x 10 cm x 20 cm, para a realização do ensaio na condição seca, sendo 5 corpos-de-prova na direção perpendicular ao plano de fraqueza e os outros na direção paralela ao plano de fraqueza.

Em seguida os corpos de prova foram colocados em estufa ventilada, a 70 +/- 5 °C, por 48 horas para secagem. Decorrido o tempo estimado para a secagem as amostras foram colocadas para resfriar, e em seguida inseridas uma por vez na prensa hidráulica manual ã SOLOTEST - de três pontos, com capacidade de 20 toneladas, e submetidos à ação de esforços flexores (Foto 2.10).

Os ensaios foram realizados no laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, conforme Normatização da ABNT NBR 15845:2010 ã ANEXO F.

Foto 2.10 ã Estufa ventilada para secagem das amostras e Prensa Hidráulica



Fonte ã a autora.

A resistência a tração na flexão é dada pela seguinte expressão matemática:

$$\sigma_f = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2} \quad (\text{eq. 16})$$

Onde: σ_f ã é o valor numérico do módulo de ruptura (MPa);

P ã força de ruptura (kN);

L ã distancia entre os roletes inferiores (m);

b ã largura do corpo de prova (m);

d ã espessura do corpo de prova (m).

2.3.4 Desgaste Abrasivo *Amsler*

Para o ensaio de desgaste abrasivo foram confeccionados quatro corpos-de-prova com dimensões de 10cm x 10cm x 2cm, os quais tiveram suas espessura medidas (mm) antes e após desgaste abrasivo em um percurso inicial, de 500 metros e posteriormente de 1000 metros, frente ao atrito com

areia quartzosa seca nº 50 com 92% de sílica (SiO_2) na sua composição, realizada na Máquina de *Amsler* (Foto 2.11).

Esse ensaio foi efetuado para obter-se o resultado do desgaste do material pétreo frente ao tráfego de pessoas e/ou veículos. Os ensaios foram executados segundo a norma da ABNT NBR 12042:1992.

Foto 2.11 ã Máquina de *Amsler*



Fonte ã a autora.

Os resultados da redução de espessura do material pétreo estudado foram calculados através das formulas a seguir:

$d = a - b$

(eq.17)

$e = a - c$

(eq.18)

Onde:

- a** = altura inicial média das quatro faces (mm);
- b** = altura inicial média das quatro faces (mm) após 500m;
- c** = altura inicial média das quatro faces (mm) após 1000m;
- d** = desgaste médio após 500m (mm);
- e** = desgaste médio após 1000m (mm);

Os ensaios foram realizados no laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco.

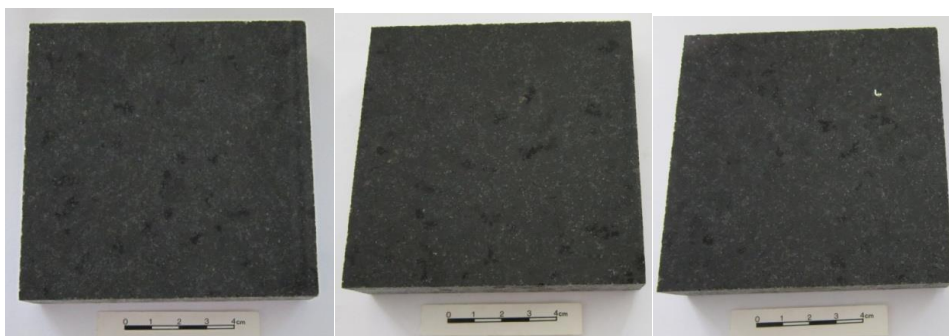
2.4 Ensaio de Alterabilidade - Ataque Químico

Os ensaios de alterabilidade foram realizados com o objetivo de indicar a possibilidade que um ataque químico tem de alterar e afetar a estética da rocha e/ou provocar possíveis limitações de sua aplicação.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Geoquímica do Departamento da Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. Os procedimentos para a realização dos ensaios de alterabilidade seguiram a norma NBR 13818:1997 ã Anexo H.

Para a realização destes ensaios foram selecionadas três amostras de placa polida medindo 10cm x 10cm x 2 cm, tiradas de uma única chapa (Foto 2.12). As amostras foram identificadas e submetidas a ataques químicos distintos para cada corpo. As substancias químicas utilizadas nos ensaios, água sanitária, detergente e Multiuso, foram escolhidas por estarem constantemente presentes na limpeza diária de ambientes domésticos ou de trabalho. (Quadro 2.3).

Foto 2.12 - Placas polidas com dimensões de 10cm x 10cm x 2 cm



Fonte ã a autora.

Quadro 2.3 - Insumos/ reagentes utilizados no ensaio de alterabilidade ã ataques químicos

INSUMOS/ REAGENTES	CONCENTRAÇÃO
Hipoclorito de sódio- Água Sanitária	11 %
Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio ã Detergente neutro	-
Amina Etoxilada Quaternizada- Multiuso	-

Fonte ã a autora.

A sistemática dos ensaios incluiu a aplicação diária, separadamente para cada amostra, de 1 ml das substâncias supostamente agressivas sobre a superfície de cada placa polida. Para tanto foram utilizadas pipetas volumétricas de 1,0 ml, além de pêra e pincéis para o espalhamento das substâncias, procedimento similar ao adotado por Kalix (2010).

Após cada 24 horas, os reagentes aplicados no material foram removidos com o auxílio de um pano limpo úmido, simulando a limpeza diária, reservando as placas por aproximadamente uma hora para a secagem ao ar, antes de reaplicar o produto.

O ataque foi feito na forma acima descrita e este ciclo (ataque/limpeza) repetido durante 50 dias consecutivos. As leituras foram realizadas aos 10 (dez) dias, 20 (vinte), 30 (trinta) dias, 40 (quarenta) dias aos 50 (cinquenta) dias.

2.5 Determinação da cor e do brilho

Nesta etapa, foram realizadas medições para determinação dos parâmetros estéticos cor e do material estudado.

O ensaio teve início com a escolha de três amostras (medindo 10cm x 10cm x 2cm), retiradas de uma única chapa polida do Preto São Marcos, no intuito de avaliar o padrão estético na verificação das diferenças entre as coordenadas colorimétricas (E^*), e a saturação (C^*) e o brilho, a serem observados nas sucessivas medidas sobre a amostra.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Geoquímica do Departamento da Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, com o auxílio do Color-Guide da marca BYK, equipamento que possui o controle total da cor e do brilho em uma só unidade, pois mede os dois atributos Cor e Brilho simultaneamente (Manual do equipamento). (Figura 2.2).

Os procedimentos adotados utilizam o sistema de coordenadas retangulares $L^* a^* b^*$ definido em 1976 pela *Commission International de l'Eclairage* (CIE) (BERNARDIN, 1999).

Figura 2.3- Espectrofotômetro *Color-Guide* da BYK



Fonte ãBYK, 2011.

O equipamento utilizado para medições segue padrões do sistema de cores CIELab - D65, além de normas e leis específicas para produção dos dados.

As medições da cor foram realizadas paralelamente aos ensaios de ataque químico. A sistemática do ensaio consistiu na medição de cor das amostras naturais, ou seja, antes de serem submetidas aos ataques químicos. Em um período de dez, vinte, trinta, quarenta e cinquenta dias, foram realizados quinze medições do brilho ao longo de cada amostra de placa polida, no espaço de tempo compreendido entre a limpeza da amostra e nova aplicação do reagente.

Os resultados obtidos no ensaio foram analisados e qualificados de acordo com os atributos de tonalidade, saturação, luminosidade e brilho, e medidos em percentagem para cada comprimento de onda visível, em nanômetros (nm).

Para uma melhor avaliação dos dados obtidos foram realizados os cálculos de variação ΔL^* , Δa^* , Δb^* , e em seguida os cálculos da diferença da cor ΔE^*_{ab} .

Para classificar os resultados de ΔE^*_{ab} , fez-se uso do quadro 2.4, onde é possível observar uma classificação utilizada na indústria das tintas de impressão para controle de qualidade (HUNTRELAB, 1996, apud LIMA, 2010, p.41).

Quadro 2.4 - Os valores estabelecidos pela Norma DIN 6174 para a diferença absoluta ΔE_{ab} das três coordenadas L^* , a^* e b^*

ΔE^*	Diferença de cor
< 0,2	imperceptível
0,2 a 0,5	muito pequena
0,5 a 1,5	Pequena
1,5 a 3,0	distinguível
3,0 a 6,0	facilmente distinguível
6,0 a 12,0	Grande
> 12,0	muito grande

Fonte: Lima, 2010, p. 41.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados e discutidos todos os resultados obtidos a partir da caracterização geológica, da análise petrográfica, dos ensaios tecnológicos, dos ataques químicos e da determinação e brilho de cor, realizados na pedreira e no material objeto dessa pesquisa.

3.1 Geometria Estrutural da Área Explotada

O estudo compreendeu a análise de duas áreas de exploração, uma em estado de paralisação (cava I) e a outra em plena atividade (cava II).

As áreas estudadas tratam-se de um exemplo de exploração realizada a céu aberto, através do método de bancadas baixas. Os cortes e esquadrejamento da rocha são feitos com o uso das tecnologias de corte em costura, com abertura através de argamassa expansiva e por meio do fio diamantado.

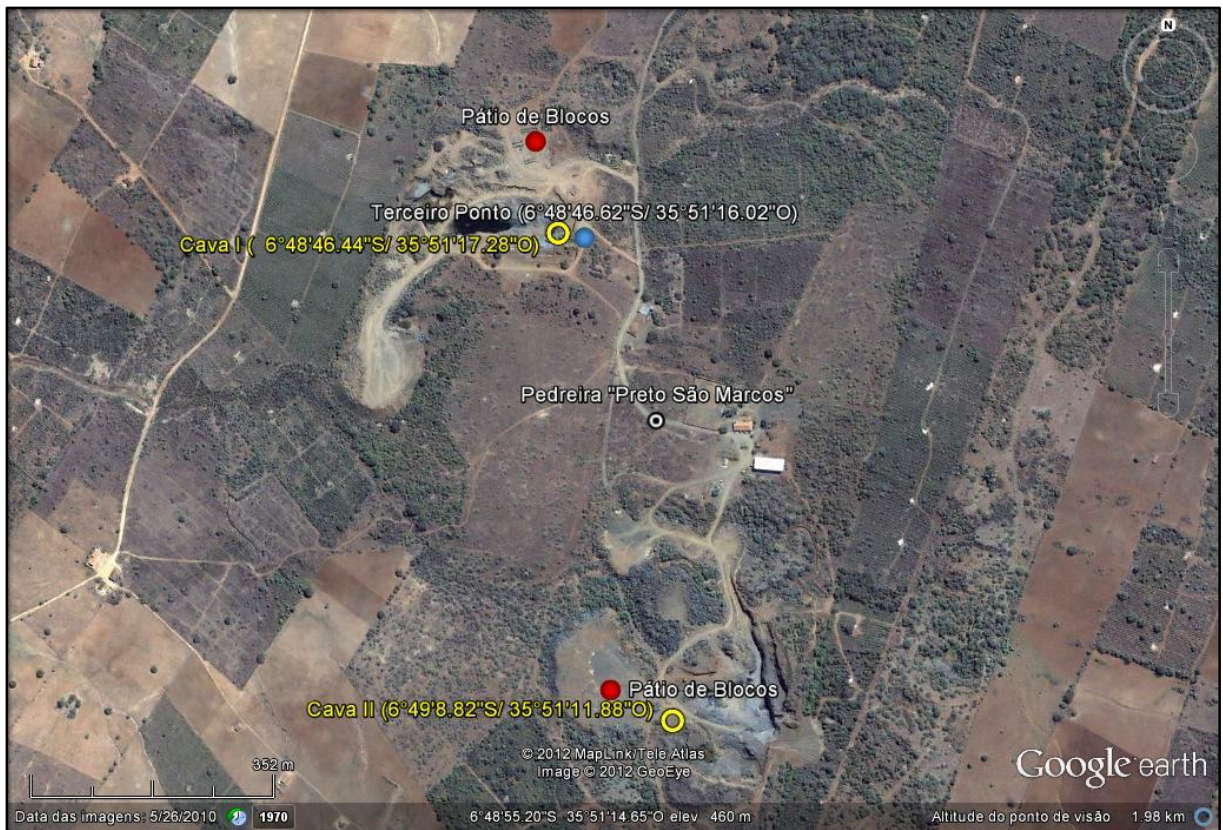
As áreas visitadas localizam-se nas coordenadas 06°48'46,440"S / 035°51'17,280"W (Cava I) e 06°49'08,820"S / 035°51'11,880"W (cava II), visualizadas na Figura 3.1.

Segundo observações mais detalhada, a cava I apresenta superfície alongante de 070°Az ã 250°Az, (cerca de 250 m), e superfície a trincante segundo 350°Az ã 170°Az.

Outrossim, a cava II, constitui apenas uma frente dentre outras tantas no local, tendo máximo aprofundamento, sendo notável o processo de decapeamento. Alonga-se segundo 085°Az ã 265°Az, sendo a trincante 030°Az - 210°Az com extensão menor da ordem de 80m.

O maciço, onde faz sentido a tomada de orientações dos parâmetros estruturais, apresenta veios com orientação de 100°Az ã 280°Az e mergulho de 55°/190°Az, compativelmente com direções medidas em outro local, indicando a extensividade da orientação.

Figura 3.1 ã Localização aérea das Cavas estudadas



Fonte: Google Earth, Modificada pela autora.

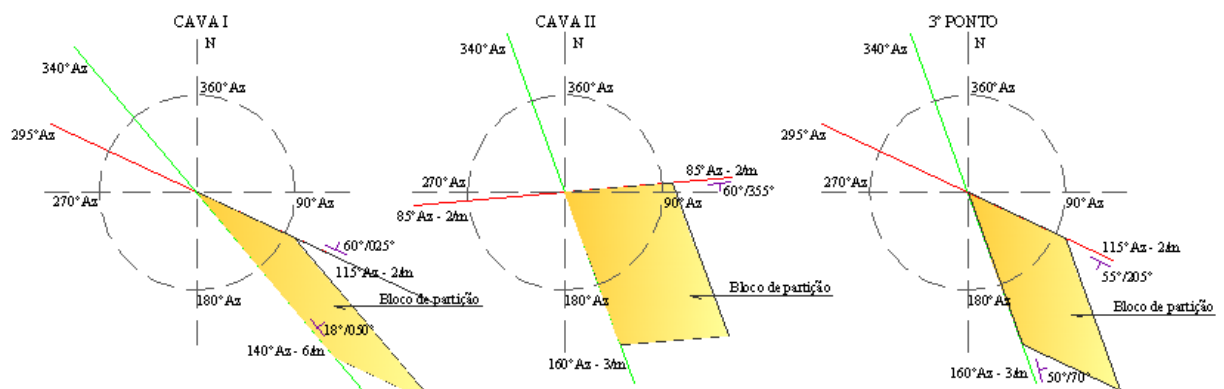
A presença de veios e fraturas é bem visível tanto nos maciço quanto nos matacões, apresentando espessuras e direções distintas em vários pontos da pedreira. Os veios aparecem na ordem de 0,01m a 0,03m de espessura, com distância de aproximadamente dois metros entre si, e orientações variáveis de 100°Az ã 280°Az a 110°Az ã 290°Az , com mergulhos de $35^{\circ}/190^{\circ}\text{Az}$ a $50^{\circ}/200^{\circ}\text{Az}$, respectivamente, em determinado ponto do maciço na Cava I.

Contudo, as fraturas se apresentam com mais frequência, segundo duas direções: 115°Az ã 295°Az , com mergulho de $60^{\circ}/025^{\circ}\text{Az}$, frequência de 2/m (duas por metro) e distância entre elas de $d = 6\text{cm}$; 140°Az ã 320°Az , com mergulho de $18^{\circ}/050^{\circ}\text{Az}$, frequência de 4/m (quatro por metro) e distância mínima entre elas $d = 30\text{cm}$, o que caracteriza, nesses caso, uma rocha frágil-rúptil (cava I). Na cava II, as fraturas mostram-se com 085°Az ã 265°Az (mergulho de $60^{\circ}/355^{\circ}\text{Az}$), com frequência de 2/m e distância $d = 6\text{cm}$; 160°Az ã 340°Az , com frequência de 3/m e distância mínima $d = 10\text{cm}$.

Na cava I observou-se em um ponto (identificado como 3º ponto). O maciço no terceiro ponto estudado cujas coordenadas são $06^{\circ}48'46,620''S$ / $035^{\circ}51'16,020''W$ aponta reforço à diversidade de orientações dos elementos planares que marcam a sua descontinuidade, dado que se reflete num bloco de partição natural diferente daqueles dos pontos anteriores.

Portanto, sumariamente, os blocos de partição natural da rocha nas cavas visitadas mostram que poderia ter sido aproveitado melhor o correspondente na cava I, o que não aconteceu. Em contrapartida, a cava II é a que mais se aproxima da partição natural do maciço localmente, conforme Figura 3.2.

Figura 3.2 - Imagem do topo ou mapa dos blocos das cavas I, II e Terceiro Ponto



Fonte - a autora.

Portanto a exploração do maciço do Preto São Marcos é dificultado pela necessidade de sistemático acompanhamento e determinação do bloco de partição, bastante variável no local da jazida. Atribuem-se tais variações à múltipla deformação, pois a forma do corpo é alongada, mas irregular e há presença de delgados veios, o que significa, à primeira vista, que o corpo escuro recebeu injeções de material claro e, subsequentemente houve cisalhamentos, resultando numa diversidade de orientação de elementos planares.

A exploração se processa tanto em maciços como em matacões, desde que sua dimensão permita a produção de pranchas, donde serão retirados os blocos, conforme as fotos 3.1 à 3.5.

Foto 3.1 ã Vista da face do maciço cortado com fio diamantado, com presença de inúmeras fraturas e veios, que impossibilitam a continuidade da exploração (Cava I)



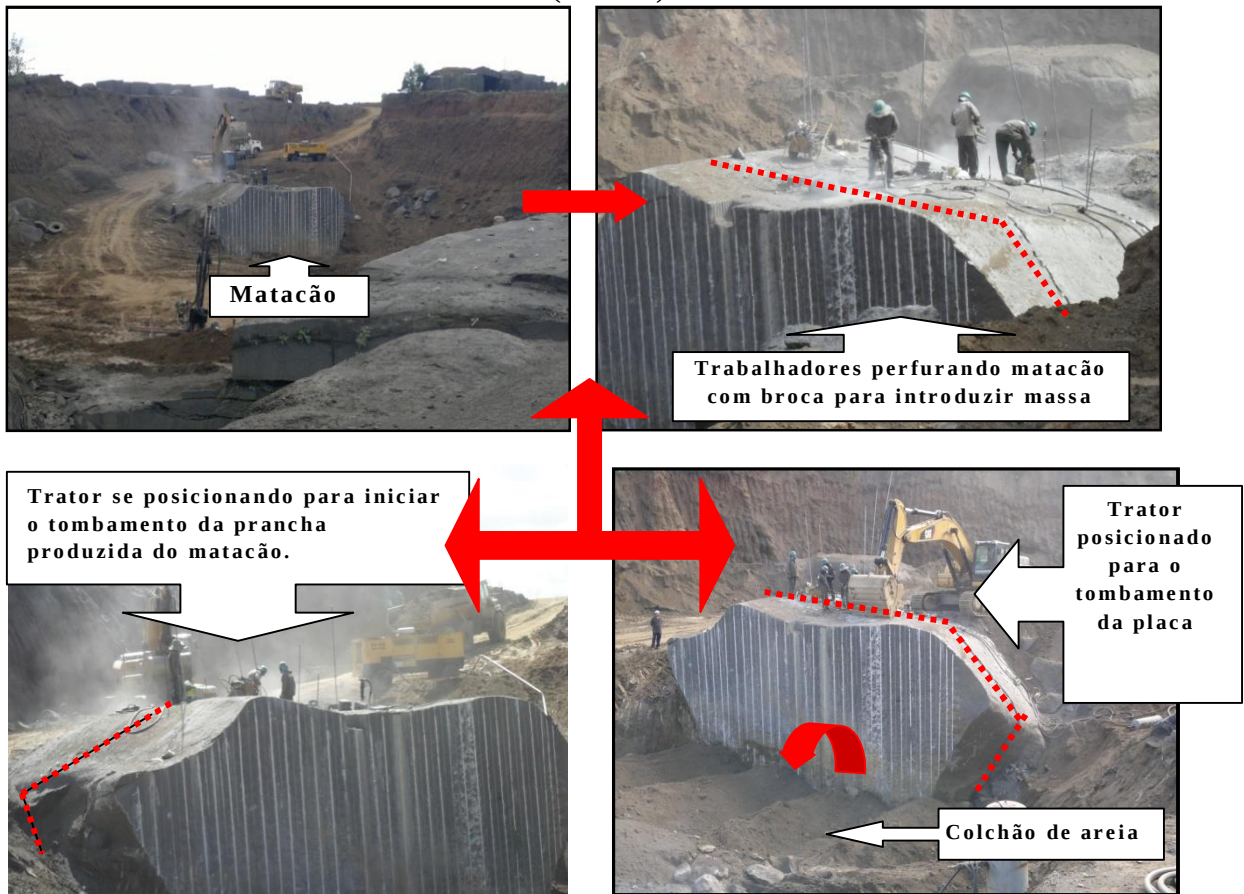
Fonte - a autora.

Foto 3.2 ã Vista mostra espessura do capeamento na área, e fraturas representadas pelas linhas verdes (cisalhamento) amarelas (sub-horizontais), assim como os cortes com fio diamantado, representadas pelas linhas vermelhas, aproveitando o máximo o maciço em detrimento das fraturas (Cava II).



Fonte - a autora.

Foto 3.3 ã Vista de matacão mostra o processo de furação, por do corte em costura com aplicação da massa expansiva até o tombamento de uma prancha, que esquartejada em blocos (Cava II)



Fonte - a autora.

Foto 3.4 ã Abertura das faces livres apresenta o uso de tecnologias de corte em costura e por meio do fio diamantado (Cava I).



Fonte - a autora.

Foto 3.5 ã Vista da face do maciço no terceiro ponto.



Fonte - a autora.

3.2 Descrição Petrográfica

3.2.1 Visão Macroscópica e Petrográfica

Macroscopicamente o material estudado se trata de uma rocha ígnea, de aparência heterogranular, fanerítica, com estrutura maciça e granulação média a fina, rica em minerais ferro-magnesianos (biotita, anfibólio, piroxênio), plagioclásio e quartzo mais raramente. Apresenta um aspecto homogêneo, tanto da cor quanto da textura, e apresenta minerais de tamanho supramilimétrico (Foto 3.6).

A presença de minerais ferro-magnesianos explica grande potencial de oxidação da amostra.

A observação das lamina delgadas do Preto São Marcos (Fotos 3.7, 3.8 e 3.9) (representados no Quadro 3.1) revelam a presença de: plagioclásio cálcico ($\text{Ca} > \text{Na}$) como constituinte mineralógico predominante, representado por cristais de diversos tamanhos de Andesina $[(\text{Na}_{0,7-0,5}, \text{Ca}_{0,3-0,5})\text{Al}(\text{Al}_{0,3-0,5}, \text{Si}_{0,7-0,5})\text{Si}_2\text{O}_8]$ e secundariamente por albita $[(\text{Na}_{1-0,9}, \text{Ca}_{0-0,1})\text{Al}(\text{Al}_{0-0,1}, \text{Si}_{1-0,9})\text{Si}_2\text{O}_8]$. E exibe geminações de albita e periclina

Foto 3.6 ñ Visualização macroscópica do Preto São Marcos, onde é possível perceber a textura e a granulometria dos minerais na rocha.



Fonte - a autora.

Outros minerais observados no estudo foram o Anfibólio representado pela Hornblenda; pela biotita $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2(Al,Fe)Si_3O_{10}$ e pelo piroxênio, como minerais essenciais

O anfibólio é representado pela hornblenda magnesiana $(Ca_2[Mg_4(Al,Fe^{3+})](Si_7Al)O_{22}(OH)_2)$, que apresenta com pleocroísmo verde-oliva a verde-claro, contendo inclusões de minerais opacos e biotita.

Os intercrescimentos contêm inúmeras inclusões de biotita, anfibólios, piroxênios e minerais opacos.

A biotita ocorre comumente na cor castanha com tonalidade avermelhada. Associa-se aos anfibólios e piroxênios. Costuma ser produto de alteração do anfibólio (hornblenda).

Os minerais opacos são primários e ocorrem dispersos em grãos

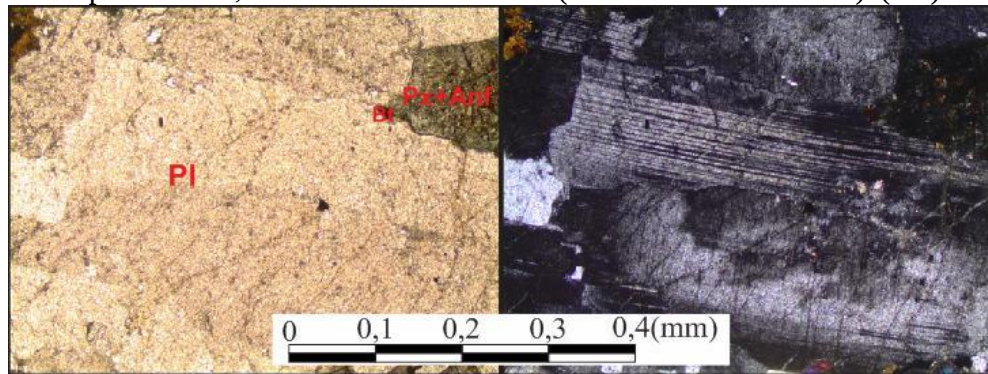
As microfissuras se apresentam de forma intergranulares preenchidas com produtos de alteração.

Quadro 3.1: Ficha petrográfica do granito Preto São Marcos

Denominação comercial: Preto São Marcos		Procedência: Casserengue - PB		Amostra: PSM	
Descrição Macroscópica: Rocha de cor escura, de aparência heterogranular, de granulação média a fina, rica em minerais ferro-magnesianos (cerca de 40 a 60%) Apresenta um aspecto homogêneo, tanto da cor quanto da textura.					
Descrição Microscópica					
Análise Textural: heterogranular, Fanerítica, com minerais de tamanho supramilimétrico a subcentimétrico.					
Análise estrutural:					
Minerais Essenciais: plagioclásio cálcico (andesina a albita (< 4 mm)] subordinadamente oligoclásio a andesina(menos cálcio); piroxênio, anfibólio magnesiano (> 0,25mm) e biotita magnesiana					
Minerais Acessórios: biotita magnesiana					
Mineralogia: Secundária: óxido de ferro, carbonatos					
Descrição Microscópica:					
Análise Modal: Ferro magnesianos (40 a 60%) Plagioclásios (60 a 40%)					
Feldspato	Anfibólio	Piroxênio	Biotita	Outros:	
Plagioclásio Andesína e secundariamentee albita (50%)	Hornblenda magnesiana (20%)	Enstatita (10%)	Magnesiana (12 %)	Clorita magnesiana, carbonato dolomítico (4%)	
Tipo de Contato (%)				Grau de Microfissuramento:	
Côncavo-convexo e/ou interlobado	Poligonal	Serrilhado e/ou Reto	Índice de Coloração	Índice de Quartzo	
10%	70%	20%	M = 60 e 90%	4%	

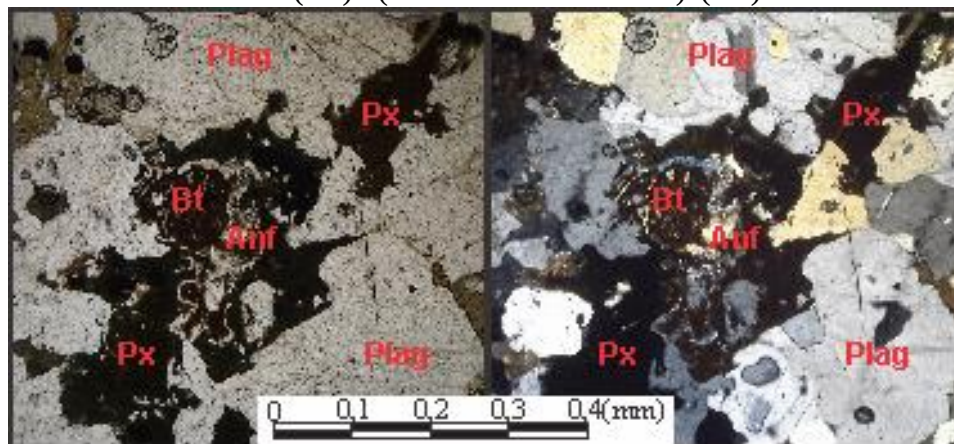
Fonte: Prof. Dr. Evenildo de Melo - Geólogo UFPE.

Foto 3.7: Cristais de plagioclásio, com intercrescimentos exibindo inclusões de piroxênio, anfibólio e biotita. (nicóis // e nicóis #) (4x).



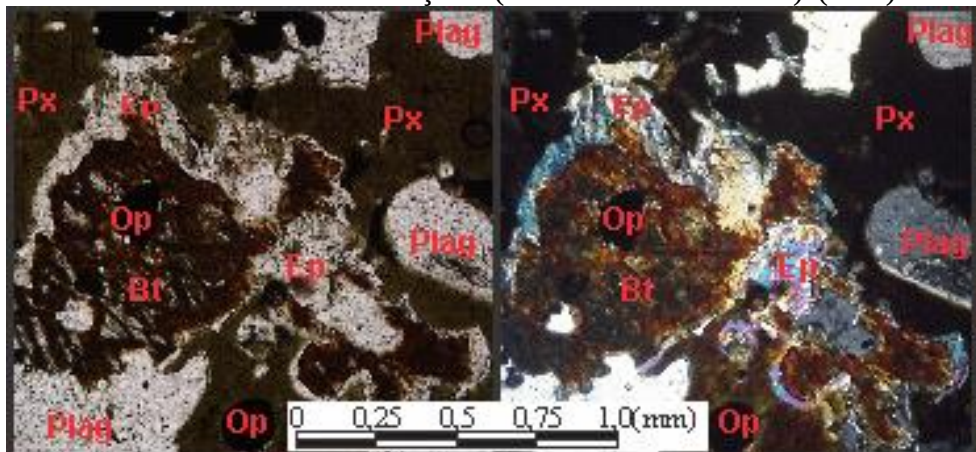
Fonte: a autora

Foto 3.8: Cristal de Plagioclásio (Px) com inúmeras inclusões de minerais opacos (Op) provavelmente, óxido de ferro, piroxênio (Px), anfibólio (Anf) e biotita (Bt). (nicóis // e nicóis #) (4x).



Fonte: a autora

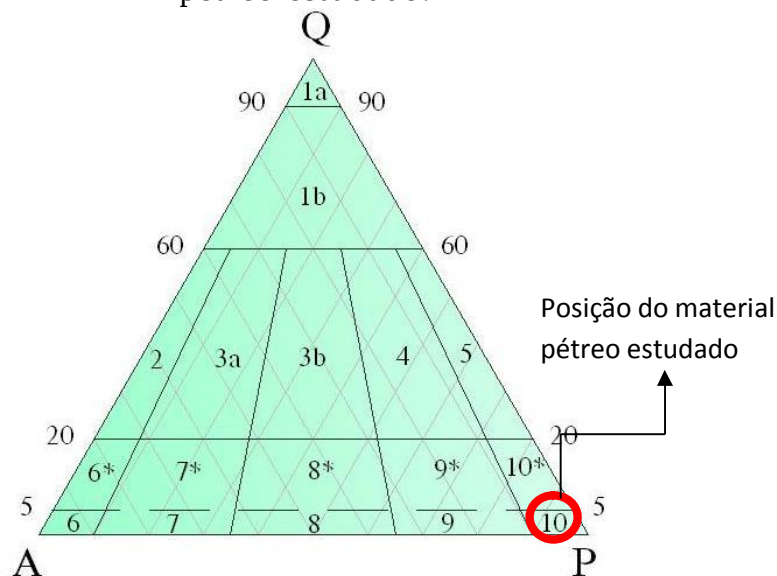
Foto 3.9: Imagem de inúmeras inclusões de minerais opacos (Op) provavelmente, óxido de ferro, piroxênio (Px), anfibólio (Anf) e biotita (Bt), em ordem de cristalização. (nicóis // e nicóis #) (10x).



Fonte: a autora

Materiais pétreos com minerais supramilimétricos possuem menor capacidade de absorção, e menor suscetibilidade à alterabilidade, enquanto aqueles com granulométrica mais fina, submilimétrica, desdobram maior resistência à compressão, afora maior alterabilidade, inclusive para os minerais essenciais, no caso específico das rochas gabróides ou mesmo dioritóides (Figura 3.3) - as principais rochas de cor escura - cuja composição envolve maior presença de plagioclásios e minerais ferromagnesianos, sobretudo micas, anfibólios e piroxênios.

Figura 3.3 - Triângulo de Streickeisen, apresentando classificação material pétreo estudado.



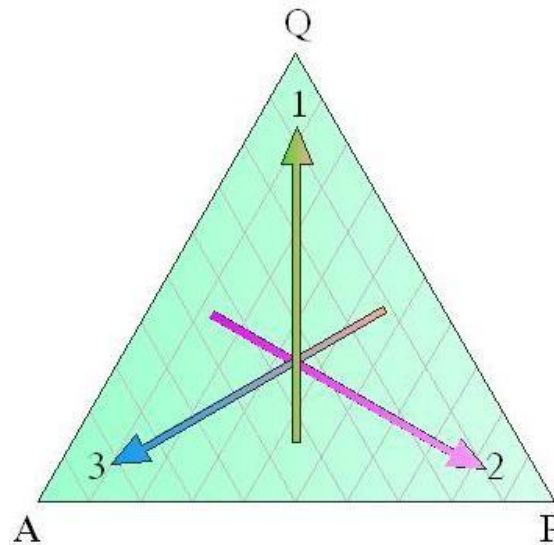
Fonte adaptado pela autora.

Legenda ã 1a Quartzolito; 1b ã Granitóide rico em quartzo; 2 ã granito alcalino; 3^a ã Sieno Granito; 3b ã Monzo Granito; 4 ã Granodiorito; 5-Tonalito; 6* - Alkali-Feldspato Sienito; 7* - Quartzo Sienito; 7 = Sienito; 8* - Quartzo Monzonito/Quartzo monzo nito; 8 ã monzonito; 9* Quartzo Monzdiorito/Quartzo Monzogabro; 9 ã Monzonito/Monzogabro; 10* - Quartzo Diorito/Quartzo Gabro; 10 ã Diorito/Gabro.

Quimicamente, os plagioclásios são mais ricos em cálcio e daí, quando alteram em meio aquoso, há maior chance de precipitação de hidróxidos de cálcio, concentricamente e na forma de geles, com expansão associada devida ao correspondente aumento do volume da rocha, ou mesmo microfissuramento, como por exemplo a como Reação Álcali-Silicato (RAS). Quando alteram em meio seco, são susceptíveis à oxidação, dado melhor observável nos minerais férrico-ferrosos, que também se desdobra na

agregação de massa, não raro também na forma concêntrica e, portanto, no fissuramento da rocha, associado ao seu manchamento. (Figura 3.4)

Figura 3.4 - Triângulo de apresenta com setas os sentido das alterações da rocha.



Fonte ã adaptado pela autora.

Legenda - 1 = Aumento da abrasividade e redução da resistencia ao impacto; 2 = Aumento da alterabilidade; 3 = Aumento da nobreza .

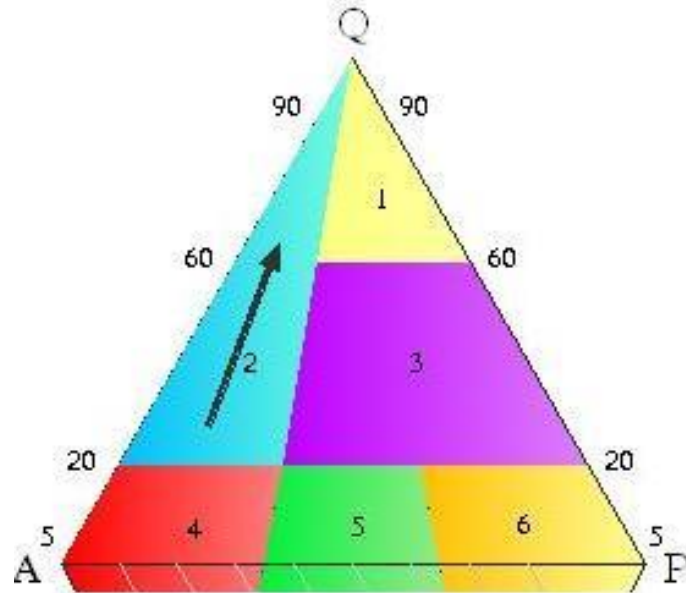
Portanto, rochas escuras sofrem fortes limitações para aplicação otimizada em ambientes úmidos (secagem e molhagem), graças à susceptibilidade às alterações, seja por oxidação, seja por hidratação via hidrólise (Figura 3.5).

O granito Preto São Marcos, também apresenta outro uso, sem ser o ornamental. Assim, é preciso considerar a alternativa da produção de britas, para aproveitamento do material extraído que não resulte em blocos comercialmente aceitáveis para a produção de placas polidas.

Todavia o conteúdo em magnésio pode permitir a sua utilização como um substrato agrícola utilizável no sentido da melhoria da fertilidade e adequação de regiões de plantios extensivos ou intensivos (preparação de mudas), sobretudo na otimização de planejamentos ao desenvolvimento sócio-econômico. É sempre oportuno lembrar que a disputa entre magnésio e alumínio, que possuem raio atômico próximo e cargas elétricas diferentes, tende a ocorrer na relação $3\text{Mg}:2\text{Al}$, dado que se reflete na inibição do

alumínio e no comportamento pouco esturricado do substrato, permitindo melhor desenvolvimento de mudas.

Figura 3.5 - Triângulo apresentando indicações de uso para os materiais pétreo.



Fonte ã adaptado pela autora.

Legenda - 1 = n.e; 2 = Pisos secos; 3 = Moveis e decorações; 4 = Revestimentos externos e ambientes úmidos; 5 = Revestimento interno e externo; 6 = Revestimento interno (paredes).

3.3 Índices Físicos

As amostras ocorrentes em Casserengue devem apresentar valores de massa específica e densidade mais altos que outras rochas ornamentais, refletindo assim um baixo índice de porosidade e de absorção de água, que, todavia, variam inversamente com a granulometria as fissuras dos minerais que o compõe. Provavelmente, a ausência ou rara presença de quartzo deve contribuir com maior valor para a massa específica aparente, dado que se configura nas dimensões dos blocos produzidos, um pouco reduzidas para permitir adequação ao transporte rodoviário.

Outrossim, é esperado também um baixo valor na absorção de água, salvo ao longo de microfissuramentos intergrãos, associados com campos de deformação frágil-rúptil, não raro evitados para a produção de pranchas e respectivos blocos.

É ainda oportuna a ênfase quanto à alta resistência ao impacto que a ausência ou pobreza em quartzo desdobra em rochas com minerais ricos em clivagem como é o caso dos feldspatos, micas, anfibólios e piroxênios. Finalmente, tratando-se de rocha com composição essencialmente silicática, a rara presença de quartzo interfere sobremodo na abrasividade, restringindo, portanto a aplicação melhor otimizada, inclusive em pisos, com restrição à tráfegabilidade, e desde que não exposto sistematicamente à oxidação.

Igualmente, são esperados valores das massas específicas de rochas escuras, enquadráveis com ordem mais alta do que as demais rochas ornamentais, inclusive os índices de porosidade e de absorção de água, mais a boa coesão da rocha, reforçam sua utilização ornamental, embora aponte restrição para utilização dos seus rejeitos à produção de brita, sobretudo em obras mais susceptíveis às patologias de concreto.

Todavia deve ser investigada a possibilidade de utilização dos rejeitos dessas pedreiras na fração areia, graças à susceptibilidade e possibilidade de resultar num agregado miúdo de maior resistência ao impacto, ao contrário das areias quartzosas naturais, embora com a acentuação dos riscos à alterabilidade.

Entretanto, apesar da pouca movimentação estrutural, o Preto São Marcos é dotado de peculiaridades e singularidades estéticas vinculadas com nuances de seus minerais, que se convertem em fatores atraentes à contemplação e, portanto, esteticamente interessantes.

De acordo com os ensaios, o litotipo estudado, apresenta seus índices físicos dentro de uma margem satisfatória, com relação aos valores do Quadro 2.2 (p.62), e apresentados nos Gráficos ã 3.1, 3.2 e 3.3.

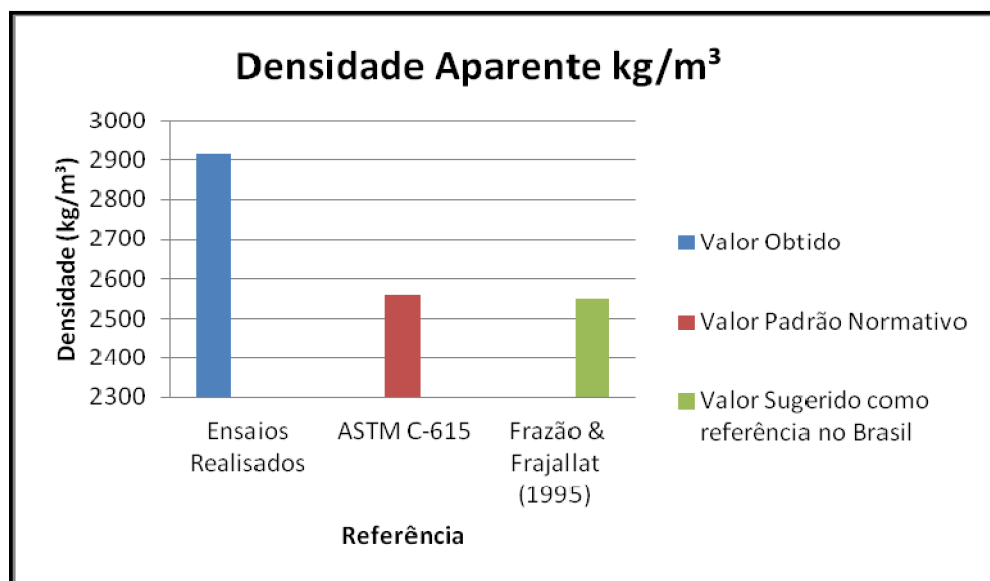
No Gráfico 3.2, observa-se, que o resultado obtido no ensaio de densidade realizado nas amostras do Preto São Marcos (2916 Kg/m^3), mostrou-se satisfatório ao estabelecido pela norma ASTM ($\tilde{O} 2.560 \text{ Kg/m}^3$) e pelo índice sugerido por Frazão & Farjallat ($\tilde{O} 2550 \text{ Kg/m}^3$), como valores limites mínimos para as rochas silicáticas.

Quadro 3.2 Média dos valores referente aos índices Físicos, obtidos nos ensaios com do Preto São Marcos

Nome Comercial	Densidade Aparente (kg/m ³)	Porosidade (%)	Absorção (%)
Preto São Marcos	2916	0,21	0,07

Fonte: a autora.

Gráfico 3.1 Comparativo dos índices de densidade obtidos nos ensaios e ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995)

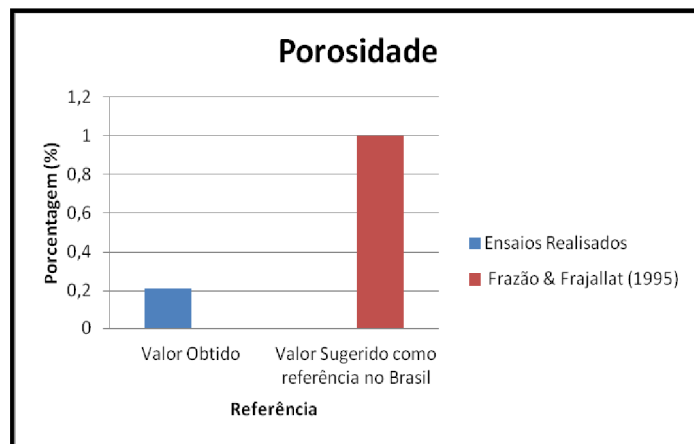


Fonte: a autora.

Já no gráfico 3.2, o comparativo se restringiu aos valores obtidos nos ensaios realizados e nos valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), tendo em vista a ASTM não apresentar um índice limite para esta propriedade.

Assim, ao correlacionar os dados existentes, observou-se que o valor de 0,21%, de porosidade obtida através das amostras ensaiadas, apresenta-se dentro da margem sugerida por Frazão & Farjallat de 0,10%.

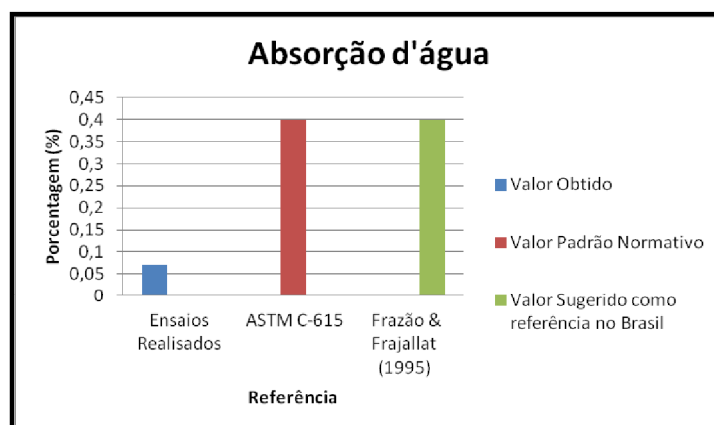
Gráfico 3.2 Comparativo dos índices de porosidade obtidos nos ensaios e valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995)



Fonte: a autora.

No que se refere à absorção de água, é possível observar no Gráfico 3.3, tanto a ASTM quanto Frazão & Farjallat apresentam os mesmos valores (0,4%) para o índice. Assim, ao correlacionar os resultados do ensaio (0,07%), com os índices apresentados no Quadro 3.2 (p.88), verifica-se que os resultados apresentados pelas amostras ensaiadas estão dentro dos parâmetros de especificação sugeridos.

Gráfico 3.3 Comparativo dos índices de absorção de água obtidos nos ensaios, na ASTM e no valor sugerido por Frazão & Farjallat, 1995



Fonte: a autora.

Contudo, ao correlacionar às duas propriedades com os valores obtidos nos ensaios do Preto São Marcos (0,07% para absorção e 0,21% para porosidade), observam-se que as variações mineralógicas, a existência ou

não de microfissuras, relações de contato entre os grãos minerais, granulação, aspectos estruturais, alteração mineral, entre outras, influenciam diretamente sobre essas propriedades. (KALIX, 2011.).

Assim, é possível afirmar que, quanto menor forem os granulados mineralógicos de um sólido rochoso, mais este se torna empacotado e mais compactos ficam seus grãos e tendencialmente, menos espaços vazios existirão em seu interior, diminuindo a porosidade e por consequência a absorção d'água. Logo, as propriedades relacionadas aos índices físicos estão diretamente relacionadas entre si, de modo que a densidade depende grandemente da composição mineral e do grau de compactação ou da interrelação entre cristais, resultando em uma relação inversamente proporcional entre a densidade e a porosidade do material.

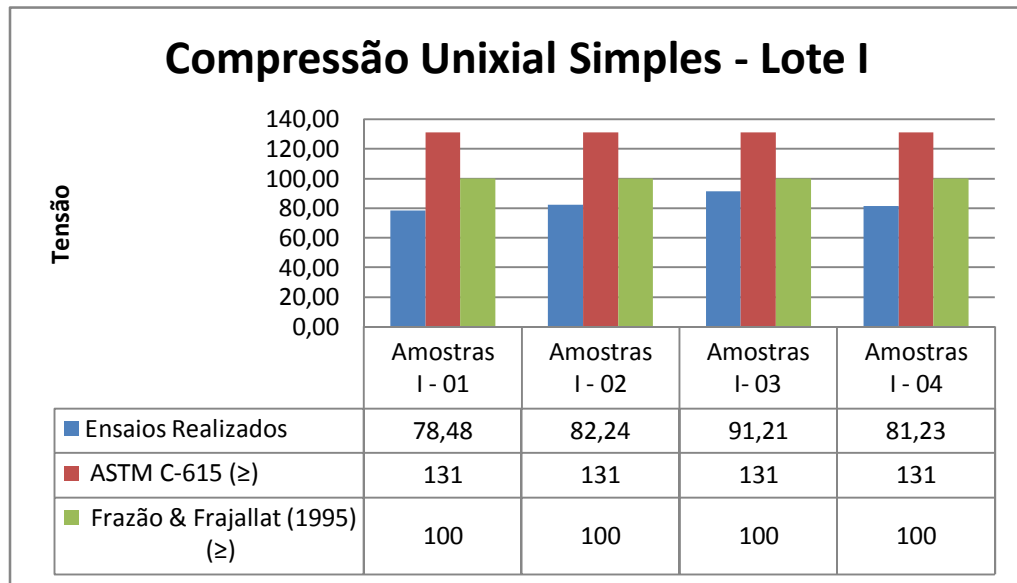
3.4 Compressão Uniaxial

Os ensaios realizados para a determinação da resistência à compressão uniaxial na condição seca foram realizados no Laboratório de Estruturas do departamento de Engenharia Civil da UFPE, não se levando em consideração os efeitos da variação de temperatura. Seus resultados estão expressos nos Gráficos 3.4 e 3.5.

Os ensaios foram divididos em dois lotes de amostras (I e II), que tiveram a carga de compressão aplicada na direção perpendicular ao plano de fraqueza, no caso do lote I e na direção paralela ao plano de fraqueza da rocha, no caso do lote II, respectivamente.

Os valores médios dos ensaios realizados nas amostras do Lote I, onde a aplicação da carga foi direcionada perpendicularmente ao plano de fraqueza do material rochoso, e que representa o sentido de maior resistência do material, foram representados no Gráfico 3.4.

Gráfico 3.4 - Relação entre os resultados da resistência à compressão uniaxial da amostra do Lote I, e os valores estabelecidos na norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat



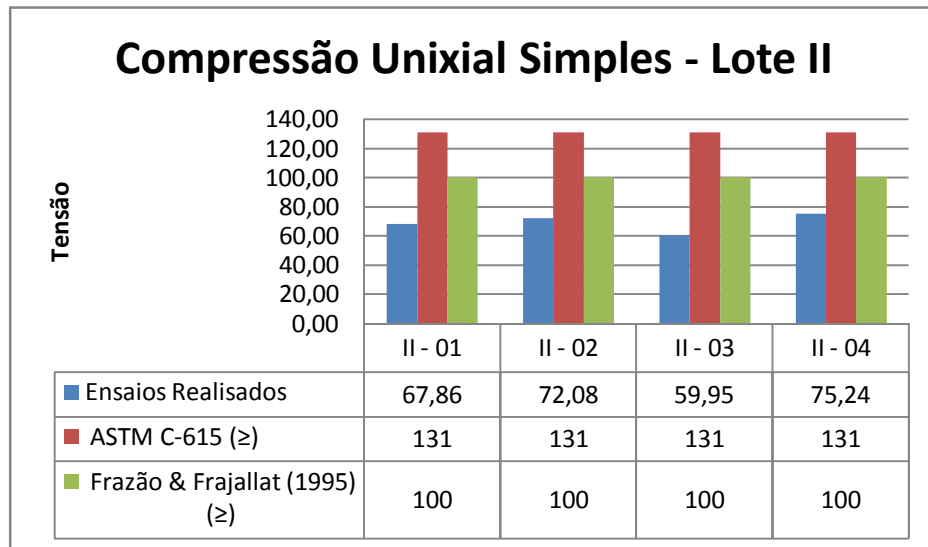
Fonte: não a autora.

Assim, foi possível observar que através das resistências a compressão simples de cada uma das amostras (amostra I-1_78,48 MPa; amostra I-2_82,24 MPa; amostra I-3_91,21 MPa; amostra I-4_81,23 MPa) que os valores se apresentam abaixo dos limites estabelecidos pela norma ASTM C-615 e dos limites sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), o que remete ao uso do material.

Os valores alcançados são resultados da inter-relação entre aspectos intrínsecos da rocha, entre eles é possível citar a composição mineralógica, a granulometria, as fraturas e microfissuras da rocha.

O mesmo fato se observa no Gráfico 3.5, referente aos ensaios realizados no segundo lote de amostras, e que tiveram as cargas aplicadas na direção paralela ao plano de fraqueza da rocha, que representa a direção de menor resistência do material.

Gráfico 3.5 - Relação entre os resultados da resistência à compressão uniaxial das amostras do Lote II, e os valores estabelecidos pela norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat



Fonte ã a autora.

Os resultados obtidos nos ensaios mostram que as amostras ensaiadas (amostra I-1_67.86 MPa; amostra I-2_72,08 MPa; amostra I-3_59,95 MPa; amostra I-1_75, MPa), apresentam baixa resistência com relação aos limites estabelecido pela norma ASTM C-615 e aqueles sugerido por Frazão & Farjallat (1995).

3.5 Resistência à Flexão (Módulo de Ruptura)

Os corpos de prova submetidos ao ensaio de tração tiveram a carga aplicada na direção paralelo ao plano de fraqueza, referente ao lote I de amostras, e no sentido perpendicular ao plano de fraqueza, que corresponde ao Lote II de amostras

Neste ensaio é importante observar nos corpos de prova sinais de fraturas e microfraturas, elementos que podem comprometer os resultados do material.

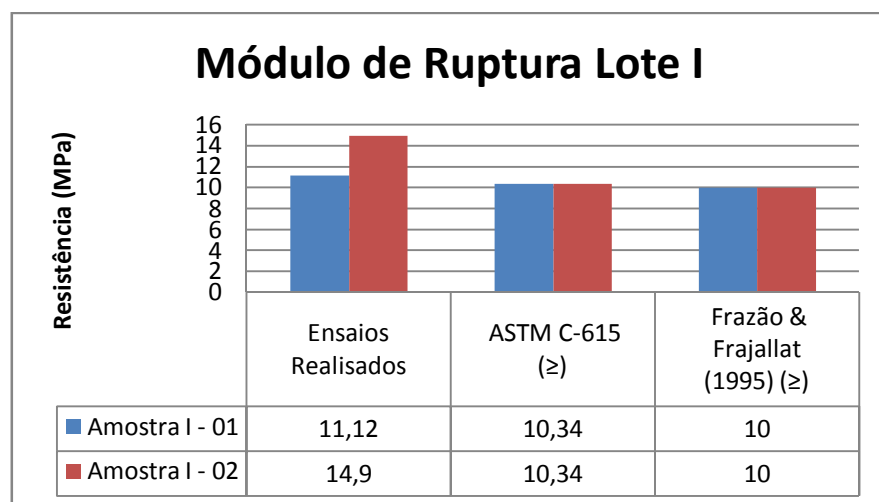
Dos dez corpos-de-prova preparados para realização deste ensaio quebraram-se cinco ao cair da bancada no laboratório, três do lote I e dois

referentes ao lote II, o que pode levar ao comprometimento das análises deste ensaio do ponto de vista estatístico.

Contudo, os ensaios foram realizados com as amostras que restaram.

No primeiro lote de amostras (direção paralela ao plano de fraqueza) (Lote I), foram ensaiados apenas dois corpos-de-prova. Os valores obtidos com o primeiro lote de ensaios foram de 11,42 (MPa) referente a amostra I ñ 01 e de 14,90 (MPa) referente a amostra I ñ 02, apresentando assim um resultado satisfatório (Gráfico 3.6).

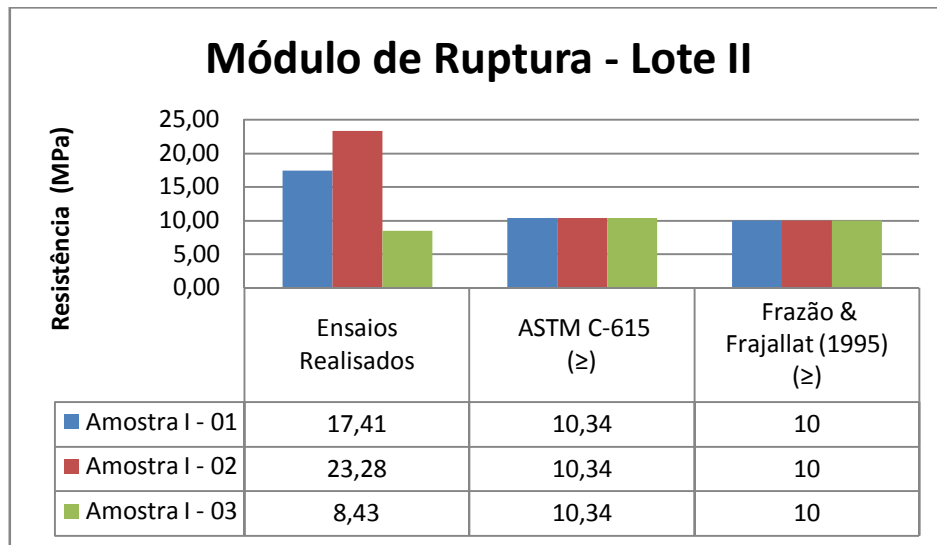
Gráfico 3.6 - Modelo de ruptura ñ Lote I



Fonte ñ a autora.

A correlação dos resultados obtidos nos ensaios e os apresentados no Quadro 2.2 (p.62) observam-se que os resultados das amostras mostram-se um pouco acima dos valores exigidos pela ASTM e o sugerido por Frazão & Farjallat, apresentando uma satisfação dos resultados.

No Lote II, foram ensaiados três corpos-de-prova. Os resultados obtidos neste lote foram satisfatórios nas duas primeiras amostras, que tiveram seus resultados acima dos estabelecidos pela ASTM e por Frazão & Farjallat. Enquanto que a terceira amostra mostrou um resultado muito abaixo do esperado e do solicitado determinado pela ASTM e por Frazão & Farjallat, o que se justificou pela presença de uma fratura perpendicular ao plano de fraqueza. (Gráfico 3.7)

Gráfico 3.7 - Módulo de Ruptura - Lote II

Fonte não a autora.

A correlação dos resultados obtidos com os sugeridos por Frazão & Farjallat e pela ASTM, conclui que a resistência à flexão alcançada nos ensaios do Lote II, tiveram 70% satisfatória, e resultou no alerta com relação existência de faturas, que podem ser causadas na fase de extração dos blocos ou no beneficiamento, podendo levar ao comprometimento do uso do material.

3.6 Desgaste *Amsler*

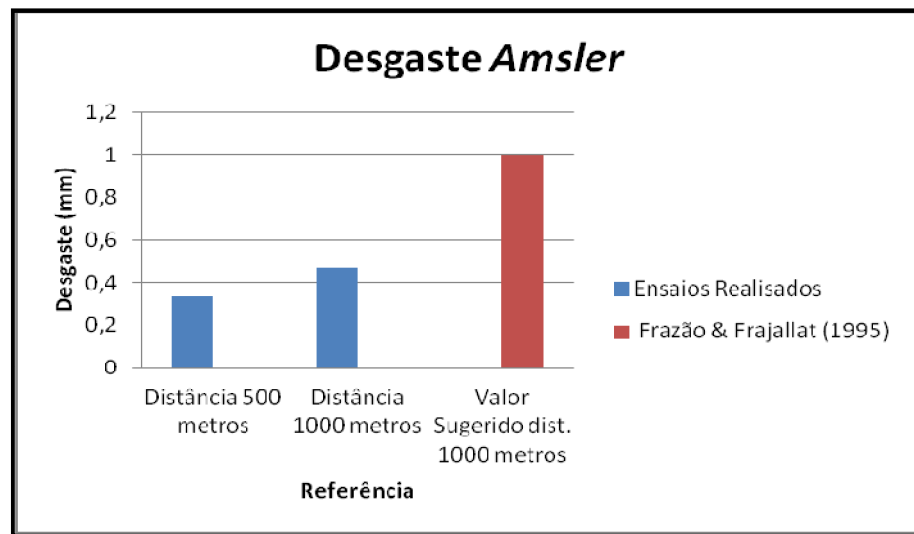
Os ensaios de desgaste abrasivo executados nas amostras do granito Preto São Marcos, tiveram como seus resultados expressos através de médias no Quadro 3.3, comparados aos resultados do Quadro 2.2 (p.62), e representados no Gráfico 3.8.

Quadro 3.3- Valores médios do Desgaste de *Amsler* referente aos ensaios com granito Preto São Marcos

Item	Desgaste após 500 (mm) ódô	Desgaste após 1000 (mm) "e"
Granito São Marcos	0,3475	0,4775

Fonte não a autora.

Gráfico 3.8 Relação entre os valores médios obtidos em ensaios e os sugeridos como limites do Desgaste de *Amsler* por Frazão & Frajallat (1995)



Fonte não a autora.

Através do Gráfico 3.8, é possível observar que a norma ASTM C-615 (1992) não especifica valores limite como referência para o desgaste abrasivo. Mas, Frazão & Farjallat (1995) estabelecem um limite de $\hat{O}$ 1,0 mm para nível de desgaste abrasivo de uma rocha.

Assim, é possível observar que o baixo nível de quartzo presente no material pétreo estudado, resultou em um alto desgaste abrasivo, o que torna seu uso inadequado em revestimentos de piso e fachadas.

Lembrando que os limites sugeridos por Frazão & Farjallat, não são normatizados, mas sim considerados como referência de pesquisa.

3.7 Medição da Cor

Como já é sabida, a luz visível é uma radiação eletromagnética que se propaga na forma de ondas e é composta por espectros monocromáticos de comprimento de ondas distintos que variam suas propriedades ao serem refletidos pelo objeto, influenciando assim, na intensidade da cor percebida por nossos olhos.

3.7.1 Análise dos gráficos espectrais

A espectro-radiometria de refletância é uma técnica que tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda a energia eletromagnética refletida da superfície dos objetos e representá-la na forma de um gráfico que se denomina curva de refletância espectral (MENESES, 2001).

Portanto, todo objeto na superfície terrestre apresenta uma curva espectral indicando refletância espectral no visível. Assim, óquanto maior for o pico de refletância, mais clara será a cor do objeto caracterizado na imagem. Por extensão, quanto menor for o pico de refletância, mais escura será a cor do objeto caracterizado na imagem. (SAUSEN, 1999, p. 7).

Com o auxílio do Espectrofotômetro Spectro-Guide da BYK, foi possível medir a radiação eletromagnética (luz visível) e identificar a intensidade da reflectância nos diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético, resultante da incidência de luz sobre as amostras do material rochoso granito Preto São Marcos, inclusive em diferentes condições de ataques químicos, no intuito de monitorar mudanças de características de refletância espectral, isto é, em sua cor.

Os gráficos a seguir, exibem as características da refletância espectral do material rochoso analisado, o granito Preto São Marcos, em amostras sãs e alteradas.

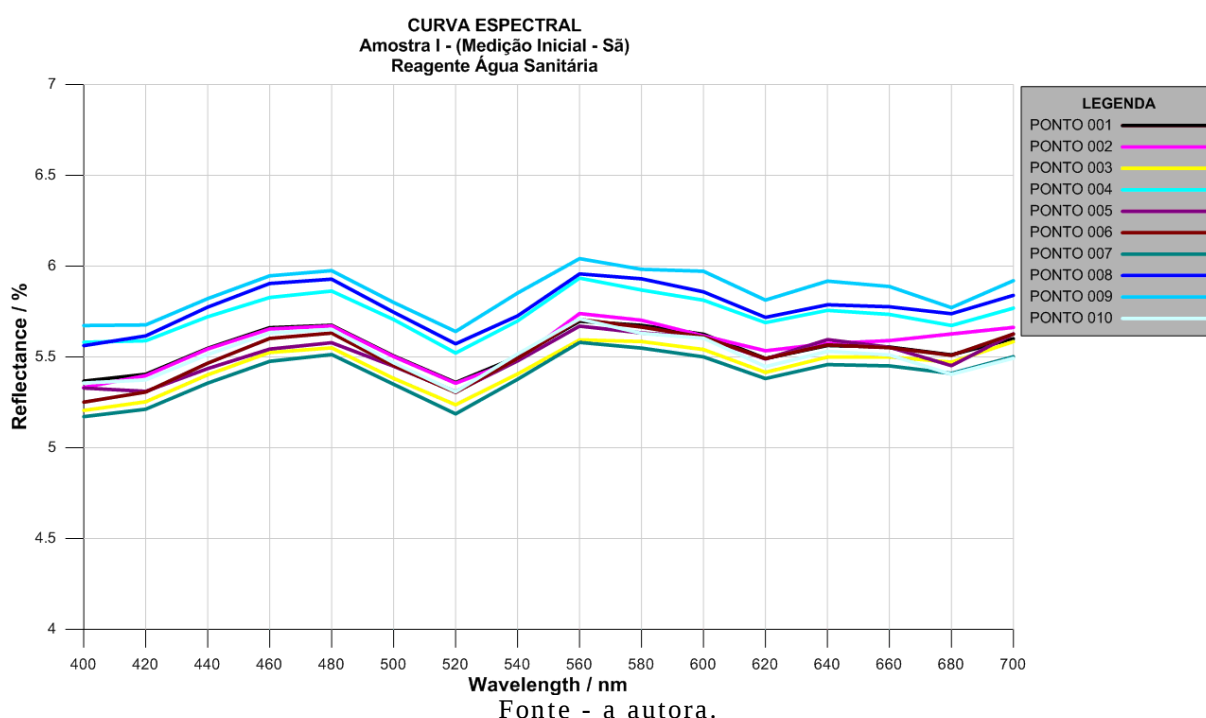
Amostra I ã Ataque com reagente água sanitária

Na Amostra I, cujo reagente é água sanitária, é possível observar que, enquanto sãs, os pontos referentes aos ensaios (pontos de obtenção de leitura com o Spectro-Guide da BYK) agrupam-se em dois grupos de refletância compreendidos nos intervalos de refletância máxima e mínima.

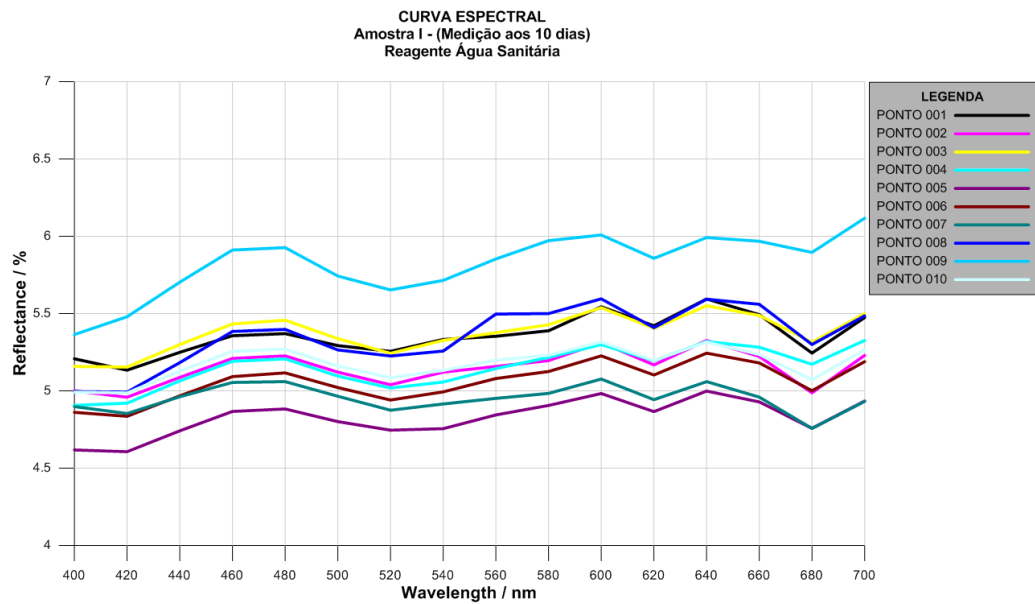
Assim, destacam-se os pontos 09, 08, 04 e 01 (grupo I), com maior valor de refletância compreendido entre 5,75% a 5,98% no intervalo espectral

de 460nm a 480nm, e 5,90% a 6,02% em 560nm e 600nm. No intervalo 520nm verificam-se um menor índice de refletância, 5,48% e 5,70%; Os demais pontos espectrais (grupo II) dessa amostra mantiveram os mesmos movimentos ondulatórios, mas com índices de refletância mais baixos como mostra o Gráfico 3.9.

Gráfico 3.9 - Curva Espectral ã Amostra I (Medição inicial ã *in natura*)

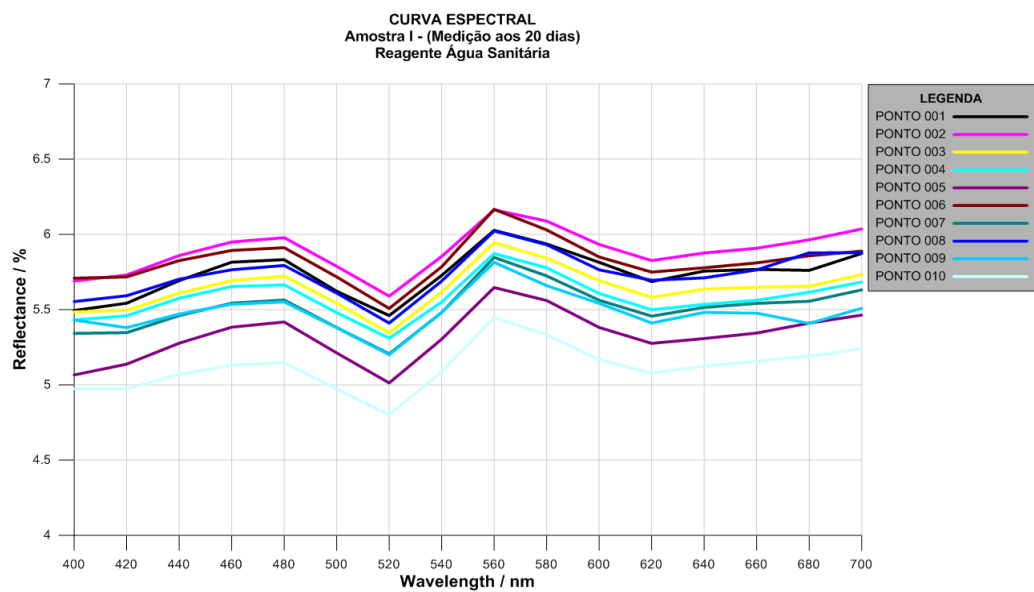


No Gráfico 3.10, referente ao resultado após os primeiros dez dias de ataque com a reagente água sanitária, é possível observar que o ponto 04 destaca-se dos demais, registrando valores máximos de refletância (5,85% a 6,15%) entre comprimentos de onda de 460 a 480nm, 580 a 600nm e 640nm a 700nm, ao passo que o mínimo compreende 5,4% em 400nm, 5,60% em 520nm e 5,80% em 620nm e 680nm. Contudo, as demais linhas espectrais mantiveram seus índices de refletância máximas compreendidos em 4,80% a 5,47% nos intervalos de 460nm e 480nm, 4,40% a 5,50% em 580nm e 4,48% a 5,10% entre 600nm e 640nm, ao passo que o mínimo apresenta-se entre 4,75% a 5,35% em 520nm, 4,85% a 4,90% em 620nm e 4,70% a 5,30 em 680nm.

Gráfico 3.10 - Curva Espectral - Amostra I (Medição 10 dias)

Fonte - a autora.

O Gráfico 3.11 referente aos 20 dias de aplicação do reagente água sanitária mostra uma maior refletância nos trechos de comprimento de onda de 460nm a 480nm (5,15% a 6,20%), 560nm (5,40% a 6,15%) e 700nm (5,20% a 6,02%), ao passo que as menores, estão em 400nm (5,05% a 6,20%), 520nm (4,80% a 5,65%), enquanto em 620nm (5,10% a 5,85%).

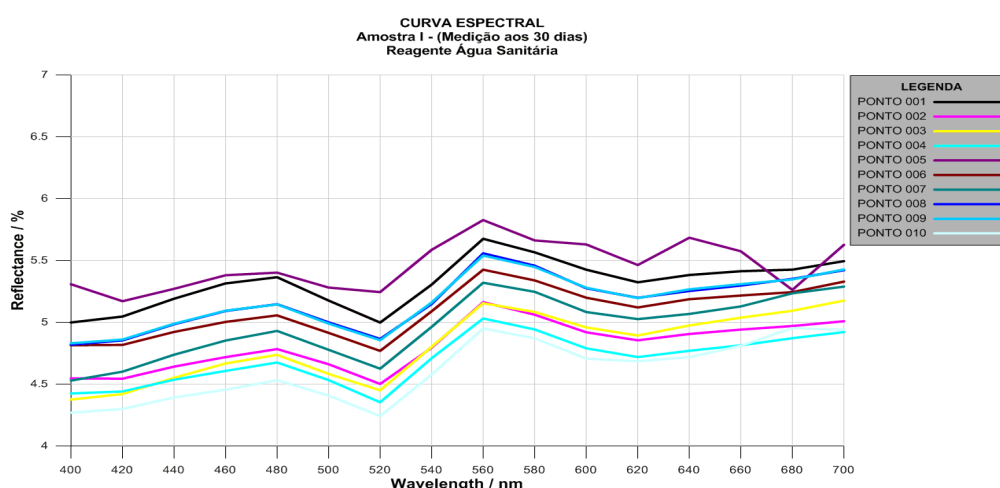
Gráfico 3.11 - Curva Espectral Amostra I (Medição 20 dias)

Fonte - a autora.

Surgem refletâncias destacadas aos espectros 520nm a 560nm, afora a redução da refletância nos locais em que, originalmente, ela era máxima. Embora não possa destacar, a refletância resultante de alterações para oxidação merece de investigação futura, pode-se sugerir que a alterabilidade de minerais micáceos e plagioclásios seja fator contributivo com a redução da refletância citada acima.

Aos trinta dias de ataque com a água sanitária (Gráfico 3.12), as faixas mais notáveis estão entre 520nm com refletâncias mínimas compreendidas entre 4,45% a 5,30% e 560nm com refletância máxima entre 4,90% a 5,80%. Onde os pontos que apresentaram maior refletância originalmente, diminuíram.

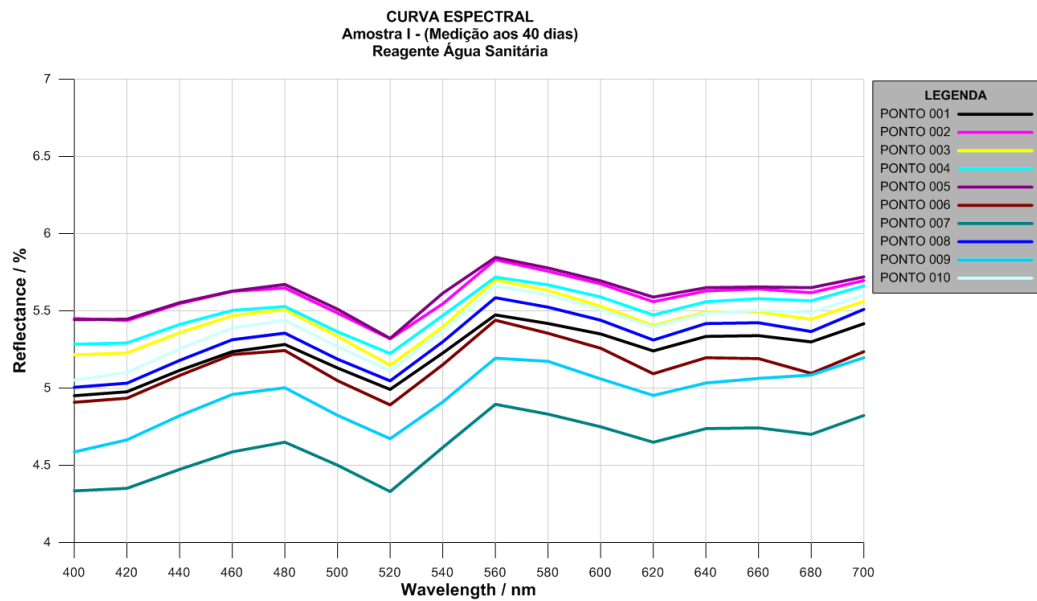
Gráfico 3.12 - Curva Espectral Amostra I (Medição. 30 dias)



Fonte - a autora.

Aos quarenta dias de ataque com água sanitária, repetem-se as observações feitas para os trinta dias (Gráfico 3.13). Onde em 520nm, o índice de refletância 4,30% a 5,30%, enquanto que em 560nm a refletância é 4,90% a 5,80%.

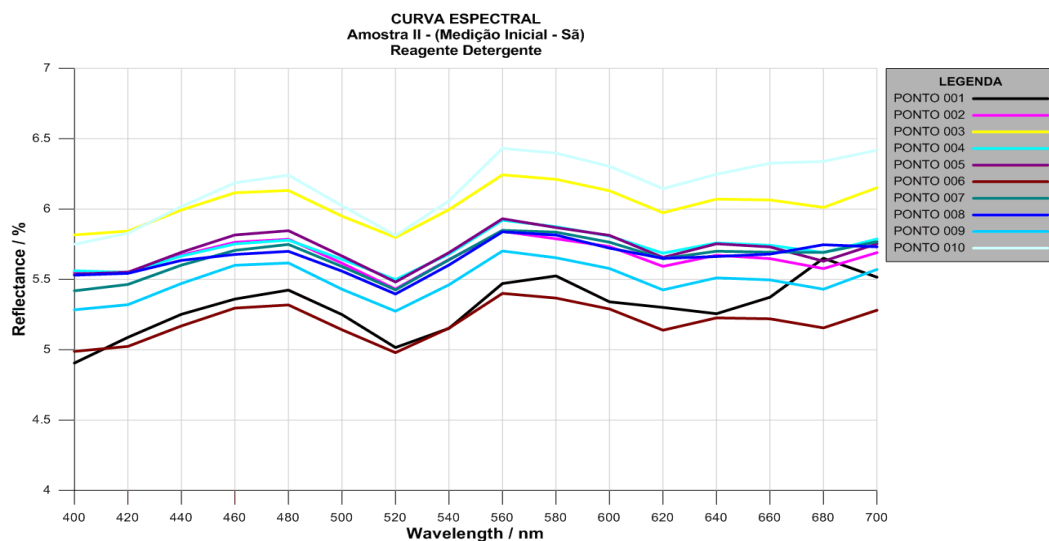
Portanto a situação da perda de refletância se estabiliza a partir dos trinta dias de ataque com água sanitária.

Gráfico 3.13 - Curva Espectral. Amostra I (Medição 40 dias)

Fonte - a autora.

Amostra 2 ã Reagente Detergente

No Gráfico 3.14, referente à medição inicial da amostra a ser submetida a aplicação do reagente detergente. Dentre os três grupos de locais que se caracterizaram por ocasião da tomada de dados com o Spectro-Guide da BYK, analisam-se os dois grupos com refletâncias extremas.

Gráfico 3.14 - Curva Amostra II (Medição inicial ã *in natura*)

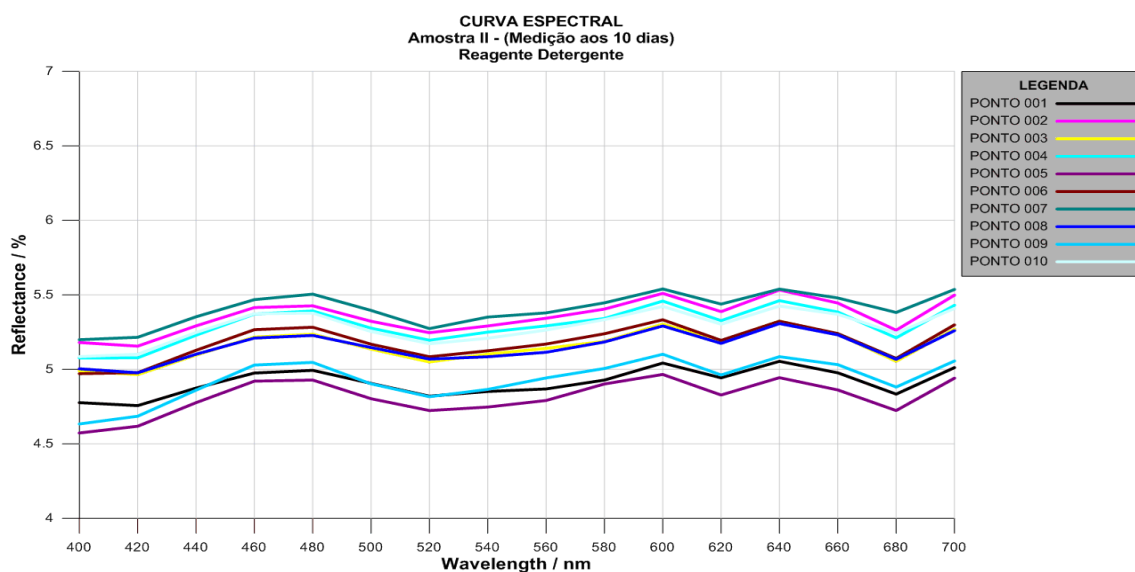
Fonte - a autora.

Os dois locais com as refletâncias máximas, os valores variaram desde 6,10% a 6,25%, 6,25 % a 6,95% em 480nm e 560nm, respectivamente. Contudo, os dois locais com refletâncias mínimas apresentaram valores que variaram desde 4.95% a 5,02% e 5,40% a 6,49% em 520nm e 620nm respectivamente.

É interessante assinalar que o grupo com máxima refletância apresenta seus os valores mínimos em 520nm (5,80%), e em 620 (5,98% a 6,15%). Um terceiro grupo de pontos, quantitativamente majoritário, em 520nm mostra refletância mínima variável desde 5,30% a 5,50%, enquanto que a máxima em 560nm 5,70% a 5,95%.

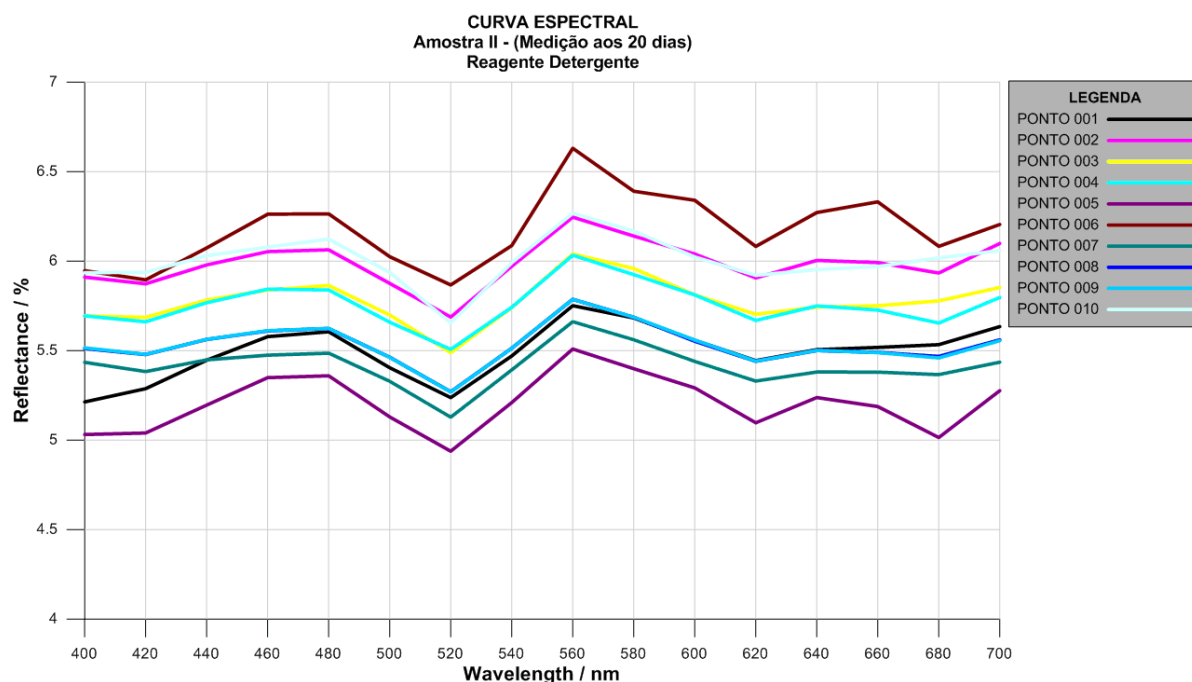
Depois de dez dias de aplicação do detergente, não se registra variação na refletância. (Gráfico 3.15)

Gráfico 3.15 - Curva Espectral Amostra II (Medição 10 dias)



Fonte - a autora.

Aos vinte dias de ataque sobre detergente (Gráfico 3.16), identificam-se três grupos de pontos com intervalos de refletância máxima e mínima distintos. O primeiro grupo teve sua máxima refletância em 560nm (6,60%) e sua mínima em 520nm (5,90%).

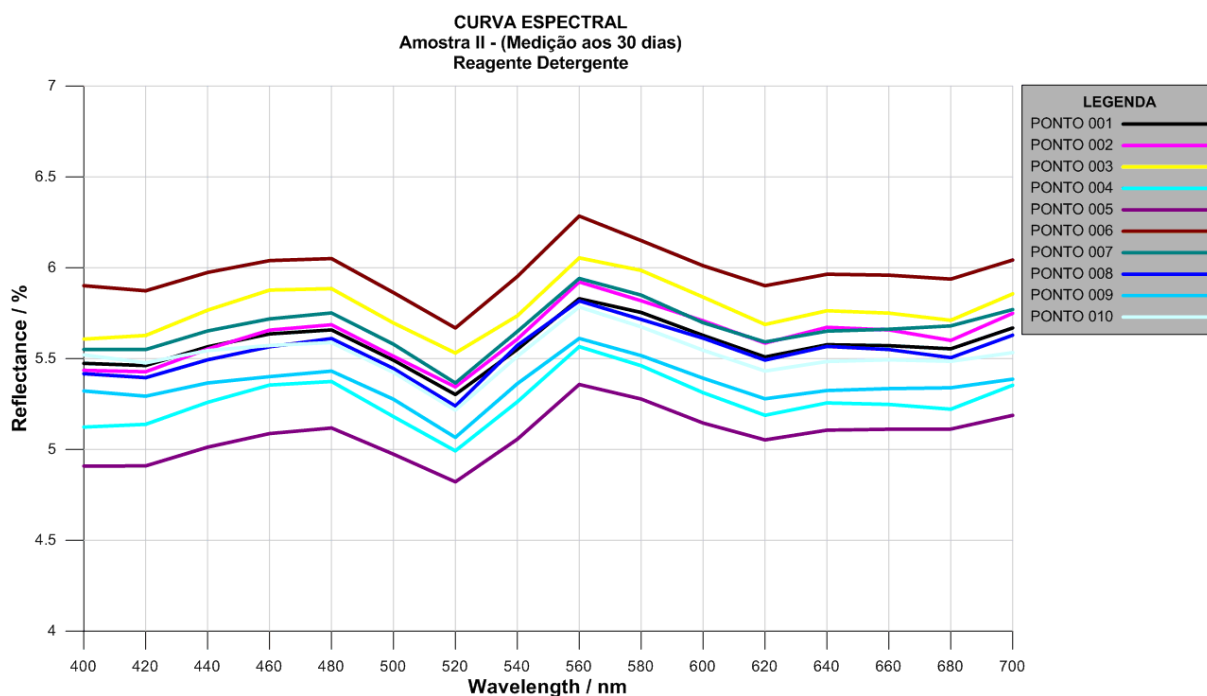
Gráfico 3.16 - Curva Espectral Amostra II (Medição 20 dias)

Fonte - a autora.

O segundo grupo encontra-se num intervalo de refletância mínima e máxima compreendido de 4,90% a 5,20% em 520nm e 5,50% a 6,25% em 560nm, respectivamente.

Já o terceiro grupo apresenta refletância mínima entre 4,75% a 5,20% em 520nm, enquanto que a máxima em 640nm a refletância é 5,04% a 5,52%.

Aos trinta dias (Gráfico 3.17) os pontos com maior refletância encontram-se no intervalo de 5,85% a 6,25% em 560nm. Outrossim, aqueles de menores refletâncias se apresentam em 4,80% a 5,70% e 520nm, indicando aumento da refletância ou fatores secundários, provavelmente alteração. Oportuno quantificar especificamente que aos trinta dias revela-se uma homogeneização na refletância, pois em 520nm há 4,80% a 5,15%, enquanto em 560nm, a refletância é 5,35% a 6,30%.

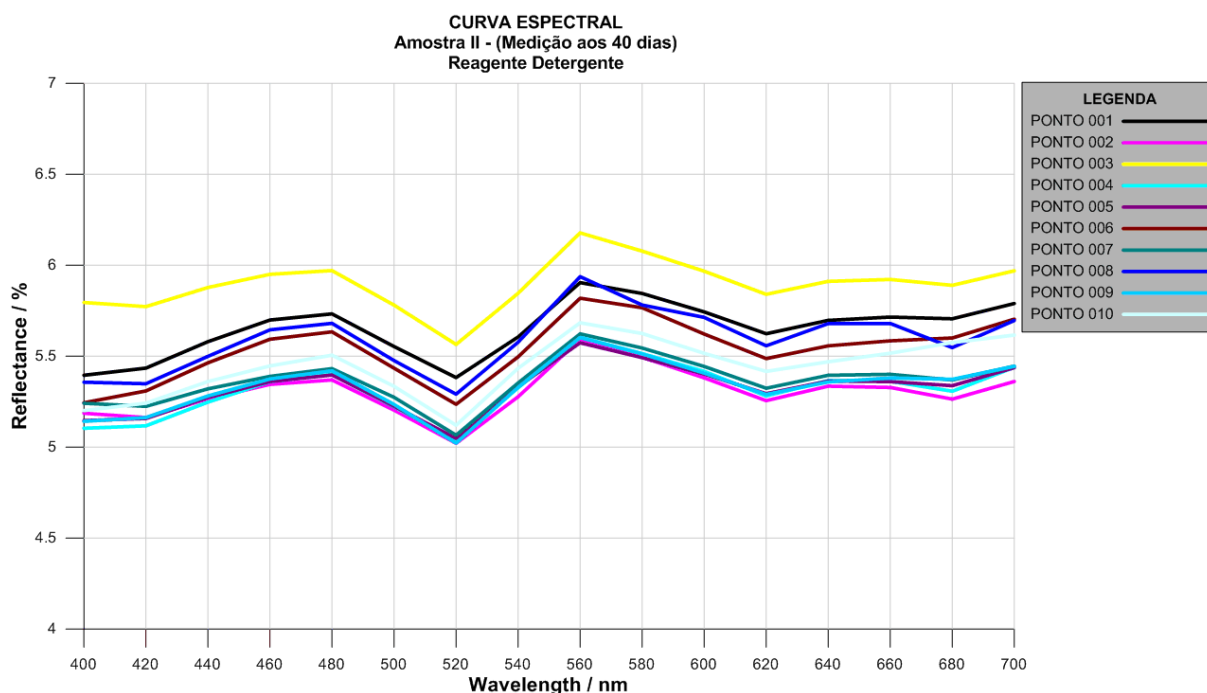
Gráfico 3.17 - Curva Espectral Amostra II (Medição 30 dias)

Fonte - a autora.

Todavia, nas leituras feitas aos vinte e trinta dias da aplicação, um dos locais com refletância mínima apresentou valores de 6,25 %, sugerindo refletância secundária associada com oxidação. Em 520nm refletância de 5,00% e em 580nm, a refletância foi 5,50%. O segundo ponto de máxima refletância mostrou em 520nm refletância com valor de 5,80% e em 580nm, refletância de 6,40%. Um terceiro grupo contendo 60% dos pontos revela em 520nm a refletância entre 5,30% a 5,50%, enquanto que em 560nm a refletância é de 5,60 a 5,90%.

Aos quarenta dias (Gráfico 3.18) um ponto que mais variou (amarelo) revelou refletância desde 5,60% a 6,15%, recuperando a situação original. Sugestivamente por meio de oxidação.

Observam-se, novamente, um grupo mais adensado de pontos, cujas refletâncias mínimas estão compreendidas entre 5,00% - 5,40% (em 520nm); e a refletância máxima varia desde 5,65% a 5,95% no espectro de 560nm.

Gráfico 3.18 - Curva Espectral Amostra I (Medição 40 dias)

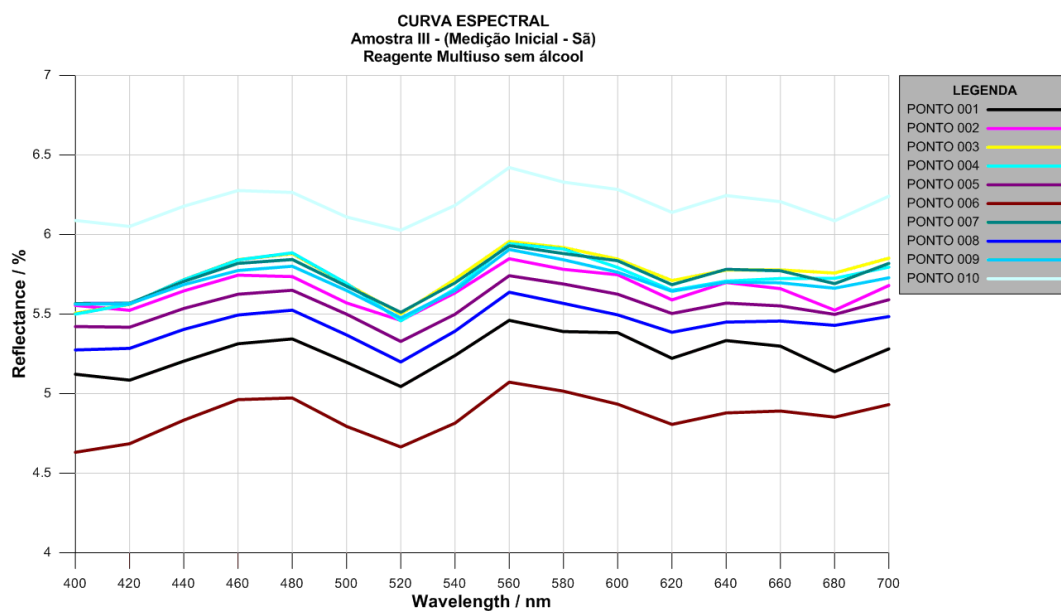
Fonte ã a autora.

Amostra 3 ã Reagente Multiuso

Novamente, antes de iniciar o ataque, desta vez com um produto multiuso, três grupos de locais são caracterizados quando da tomada de dados com o Spectro-Guide da BYK, mas analisam-se os dois grupos com refletâncias extremas (Gráfico 3.19).

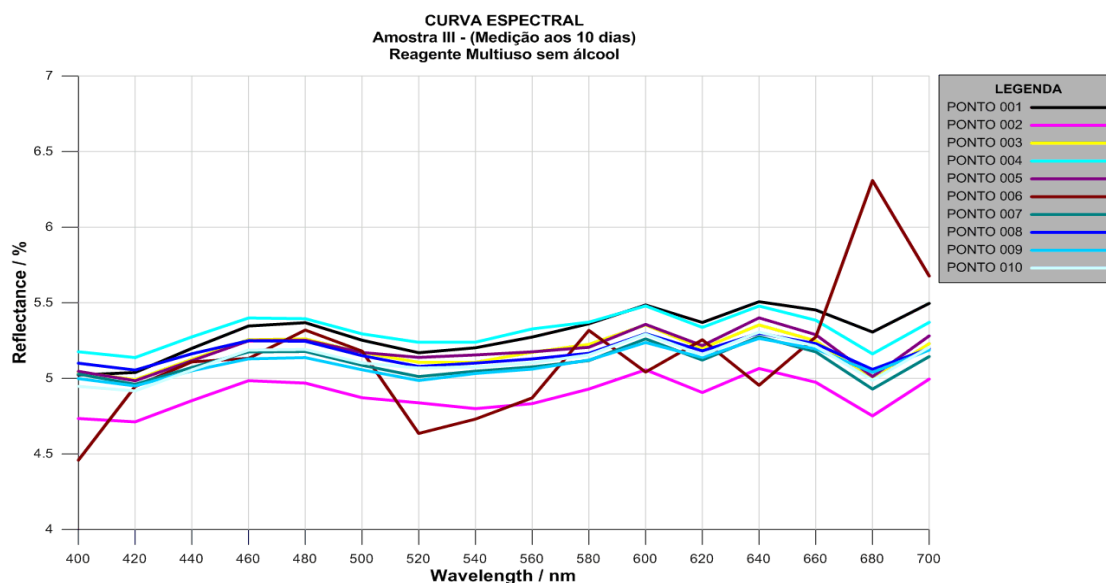
Em um ponto com as refletâncias máximas, os valores variaram desde 6,00% a 6,40%, nos espectros de 520nm e 560nm respectivamente. Outrossim, 4,70% e 5,10% foram as refletâncias no local com valores menores, correspondendo aqueles valores aos espectros de 520nm e 560nm.

A exemplo da análise com os produtos anteriores é interessante assinalar que os valores mínimos corresponderam ainda ao espectro de 520nm enquanto os maiores estiveram em 560nm.

Gráfico 3.19 - Curva Amostra III (Medição inicial ã in natura)

Fonte - a autora.

Depois de dez dias de aplicação do Multiuso (Gráfico 3.20), os valores no ponto de refletâncias máximas foram de 5,00% e 5,30% em 520nm e desde 600nm a 640nm, respectivamente, apontando efeito de alterabilidade. Por outro lado, o local de refletância mínima apresentou 4,65% em 520nm, 6,35% em 680nm, apontando aumento da refletância sugestivamente por oxidação.

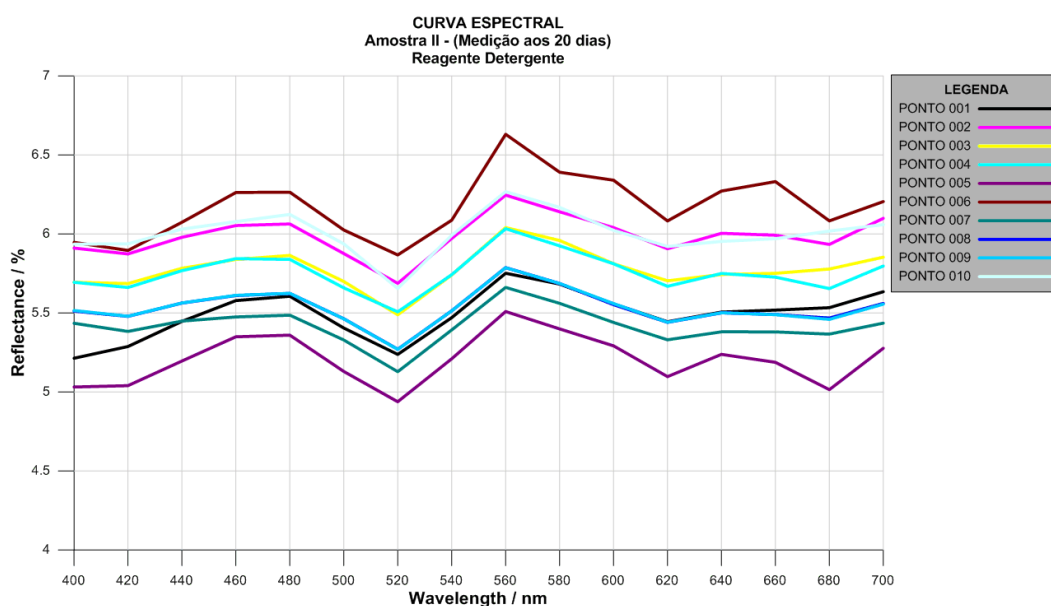
Gráfico 3.20 - Curva Amostra III (Medição 10 dias)

Fonte - a autora.

Quanto ao terceiro grupo de pontos apresentaram refletâncias entre 4,90% a 5,25% (em 520nm) e 5,15% a 5,50% (em 600nm). Oportuno comparar que antes do ataque, este terceiro grupo de pontos apresentava 5,10% a 5,50% em 520nm e refletância 5,40% a 5,90% no espectro de 560nm.

Depois de 20 dias de ataque com o multiuso (Gráfico 3.21), o ponto originalmente com refletâncias máximas, passa a ter 4,30% em 520nm e máxima em 56nm com refletância de 4,80% caracterizando mais alteração diferente de oxidação, pois há perda de refletância. Outrossim, o ponto de menor refletância original, apresenta 5,30% em 520nm e 5,40% em 560nm, aumentando a refletância, sugestivamente a partir de oxidação.

Gráfico 3.21 - Curva Amostra III (Medição 20 dias)



Fonte - a autora.

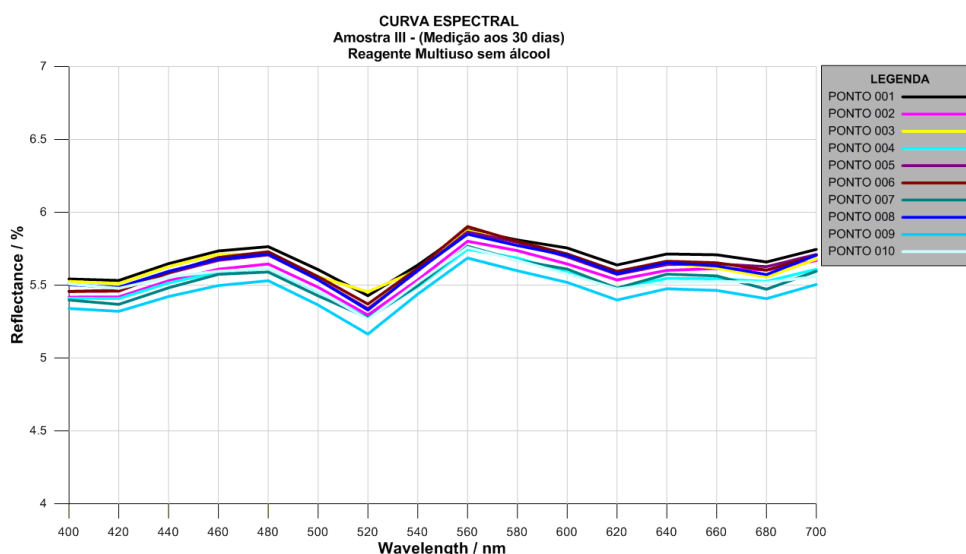
Quanto ao terceiro grupo de pontos, em 520nm apresenta refletância variável entre 4,25% a 5,30%, ao passo que em 560nm a refletância variou entre 4,90% e 5,75%. Comparada com a situação original, há diminuição no valor da refletância, o que está sendo interpretado como alteração diferente de oxidação.

Após trinta dias de ataque com o multiuso (Gráfico 3.22), registram-se que o local de refletância originalmente máxima, apresenta 5,30% em 520nm e 5,70% em 560nm. Para melhor comparação, o ponto de

refletância mínima originalmente revela 5,15% em 520nm e 5,50% em 560nm, resultando em aproximação dos valores de refletâncias, o que se traduz como extensiva alterabilidade.

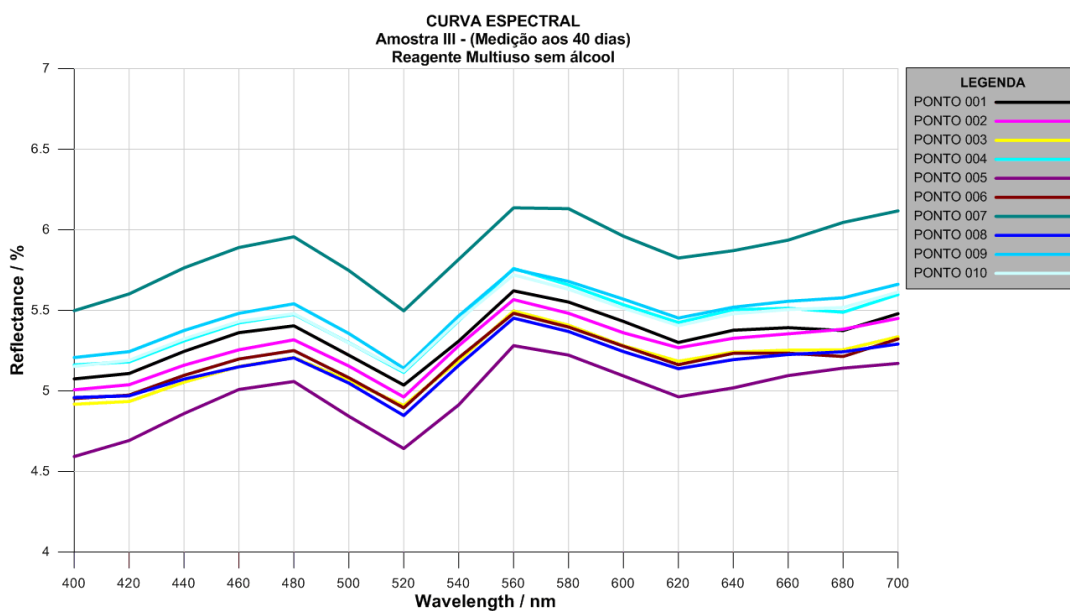
Respalda a conclusão anterior, a variação dos valores de refletância ao terceiro grupo de pontos, nos quais a variação foi entre 5,15% a 5,50% em 520nm entre 5,65% a 5,90% em 560nm.

Gráfico 3.22 - Curva Amostra III (Medição 30 dias)



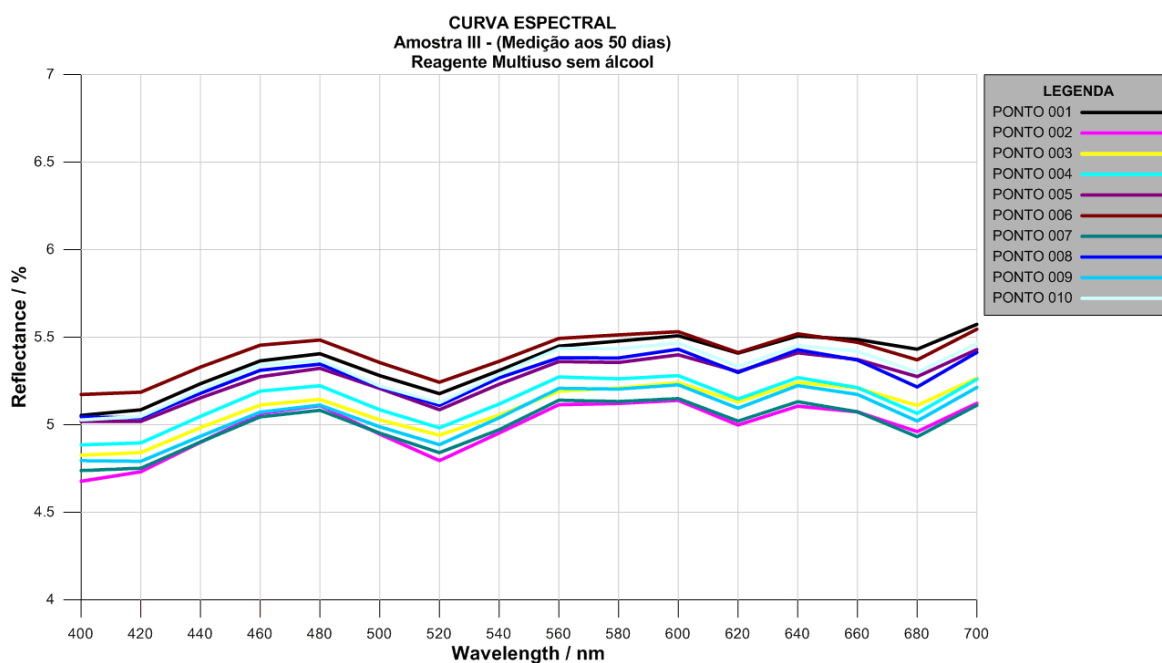
Fonte - a autora.

Aos quarenta dias (Gráfico 3.23), o local com refletância originalmente máxima, apresenta 5,15% em 520nm e 5,60% em 560nm. O local com refletância originalmente mínima apresenta 5,10% em 520nm e 5,60% em 560nm, uniformizando a refletância graças à alterabilidade. Outrossim, o terceiro grupo de pontos varia desde 4,75% a 5,50% em 520nm, contra 5,25% a 6,15% em 560nm, caracterizando-se extensiva alterabilidade, inclusive do tipo oxidação.

Gráfico 3.23 - Curva Amostra III (Medição 40 dias)

Fonte - a autora.

Aos cinquenta dias, o local com refletância originalmente máxima revela 5,15% em 520nm e 5,40% entre 560nm a 600nm. O ponto de refletância originalmente mínima revelou 5,25% em 520nm e 5,50% no intervalo espectrométrico de 560nm a 600nm.(Gráfico 3.24)

Gráfico 3.24 - Curva Amostra III (Medição 50 dias)

Fonte - a autora.

Os locais constituintes do terceiro grupo de pontos revelaram variação desde 4,75% a 5,20% em 520nm e 5,15% a 5,50% no intervalo espectral de 560nm a 600nm.

Portanto, ocorreu extensiva alterabilidade com o uso do produto que tendeu à homogeneização dos valores de refletâncias.

3.7.2 Medição colorimétrica

Os ensaios de colorimetria aplicados no granito Preto São Marcos, resultaram nos gráficos com os valores das variáveis L^* , a^* , b^* , C e ΔE^* e nas Tabelas das Amostras I, II e III (Apêndice B), tanto das amostras sãs, como das amostras sujeitas aos ataques químicos.

A Foto 3.7 apresenta as chapas após um período de 40 dias de exposição aos produtos químicos (água sanitária, detergente neutro e multiuso sem álcool), permitindo observar que, através de uma visão macroscópica, não foi possível verificar alterações na cor material devido à sua tonalidade natural escura.

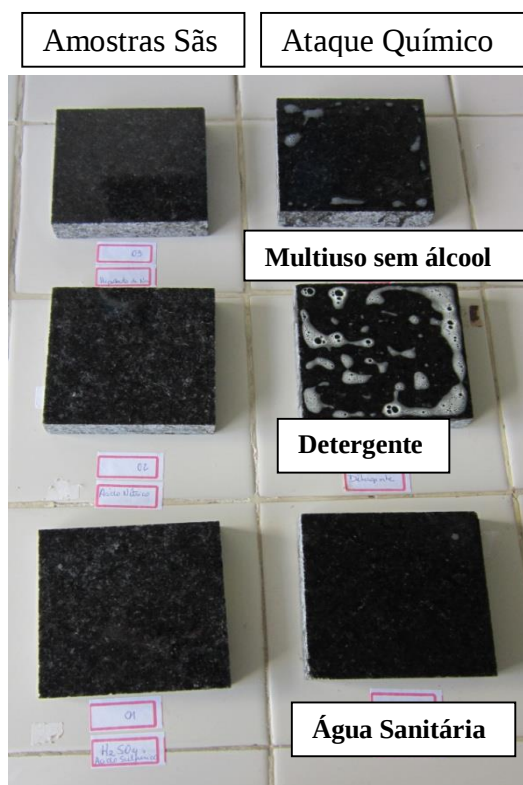
Contudo, estudos apontam que através da análise da cor de materiais pétreos, é possível identificar alterações de cor e brilho resultantes de mudanças químicas, que podem ocasionar a perda de sua beleza estética e/ou características mecânicas.

Nos Gráficos 3.25, 3.26, 3.27, 3.28 e 3.29, é possível observar o comportamento das médias das variáveis L^* , a^* , b^* , ΔE^*_{ab} e do Brilho, nas amostras ensaiadas ao longo do tempo.

Conforme Gráfico 3.25, a Amostra I cujo reagente é água sanitária, apresentou valor médio de luminosidade (L^*) inicial fixado em 28,37(%), e após 50 dias sob ataque químico atingiu o valor de 27,21(%). O a^* teve um aumento gradual em seu componente vermelho, com o valor inicial de 0,28 e finalizando aos 50 dias com o valor de 0,44 (Gráfico 3.26). O b^* apresentou no início um valor de 0,09 e um aumento abrupto para 0,97 após 30 dias, chegando ao final dos testes com um valor de 0,25 (Gráfico 3.27). No Gráfico 3.28 o ΔE^* demonstrou uma alteração considerada muito pequena da cor

conforme Quadro 2.4 (p.73), com uma diferença média de 1,22 ao final do processo (Gráfico 3.28). Já no Gráfico 3.29, foi possível verificar que o brilho da amostra atacada pelo reagente água sanitária, iniciou com 82,30% de intensidade de brilho, e ao final dos testes com 73,56%.

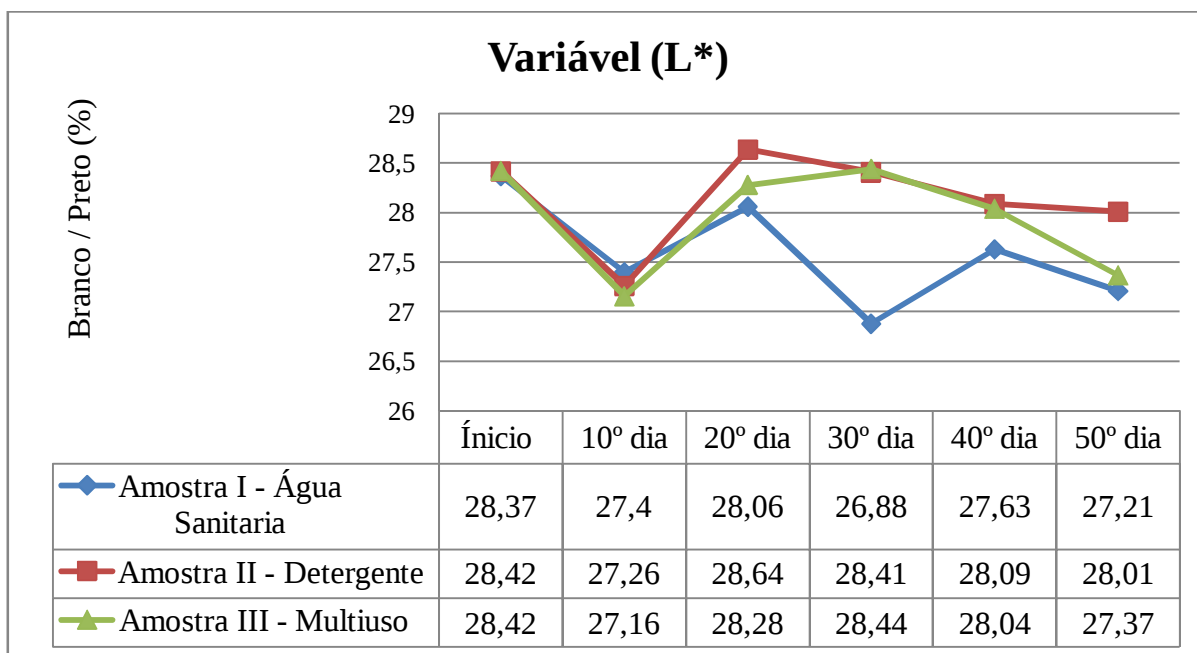
Foto 3.10 ã Amostras durante ataque químico



Fonte - a autora.

De acordo com os dados da Planilha I ã Amostra I ã (Apêndice A) associa-se à variação crescente do espectro amarelo, aos 30 e 40 dias de ataque com a água sanitária, com alteração para hidróxidos de ferro, caracterizado pela cor supra. Similarmente, enquanto a umidade da associada ao solvente usado não se instaurava, até os vinte dias, predominava a oxidação, mais expressa pelo espectro vermelho. Outrossim, a redução da luminosidade associar-se-ia com a hidroxidação. E finalmente, parâmetro ϵH se associa diretamente com b^* .

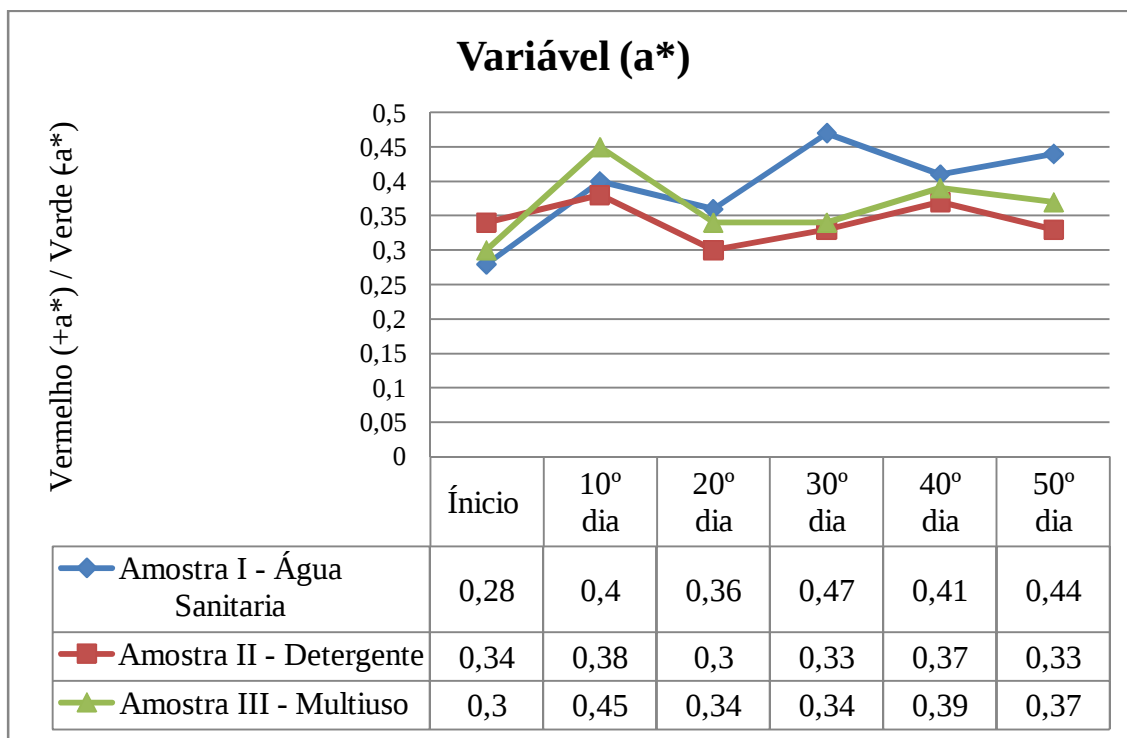
Gráfico 3.25 - Representação do comportamento das médias da variável (L^*) relação ao tempo de ataque



Fonte - a autora.

No Gráfico 3.25, referente à variável L^* , é possível observar que as médias obtidas na Amostra II, cujo reagente é detergente, têm início com um índice de 28,42% de luminosidade, tendo uma diminuição após 10 dias de ataque (27,26%), seguido de aumento gradativo até o 30º dia (28,41%), finalizando o experimento com 28,01%. As médias da variável a^* , expressas no Gráfico 3.26, mostram um comportamento de pouca variação dos índices, iniciando com um valor de 0,34 e finalizado do experimento em 0,33. Os valores médios apresentados no Gráfico 3.27, referente à variável b^* , demonstra que seu componente amarelo apresentou nos 20 primeiros dias uma redução de seu índice, de 0,13 para 0,04, seguido de crescimento de 0,29 aos 30 dias, finalizando em 0,04. O E^* representado no Gráfico 3.28, demonstra uma pequena diferença na cor, de acordo com o Quadro 2.4(p. 73), com um índice médio de 0,86 no final do processo. A Amostra II também passa a apresentar perda de brilho, representando no início um índice de 80,39% e finalizando com um brilho de 79,80% de intensidade.

Gráfico 3.26 - Representação do comportamento das médias da variável (a^*) nas etapas dos ataques químicos

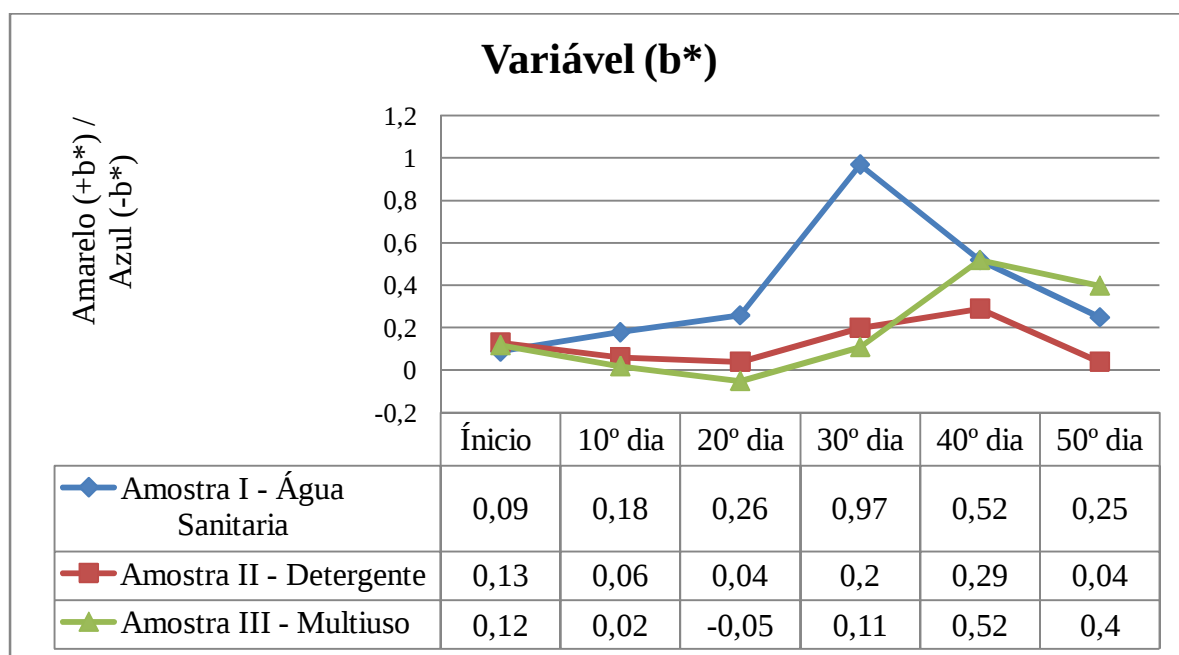


Fonte - a autora.

Contudo, observa-se nas planilhas do Apêndice B a Amostra II, que a perda da luminosidade original, da Amostra II, na ordem de 8%, está relacionada ao discreto aumento da tonalidade vermelha, associado a um ainda mais discreto aumento da tonalidade amarela. Como a finalização do experimento os dados de a^* e b^* se aproximam, de modo que, os valores de a^* e b^* tendem a uma homogeneização. As alterações das cores vermelhas e amarelas estão relacionadas aos óxidos e hidróxidos, respectivamente, presentes nos minerais ferro-magnesianos.

O aumento do a^* corresponde ao aumento do espectro vermelho e b^* ao aumento do espectro amarelo, indicando que os aumentos da relação do vermelho/verde e amarelo/azul são desordenados e não uniformes provavelmente associados com a diversidade da composição mineral da rocha em questão.

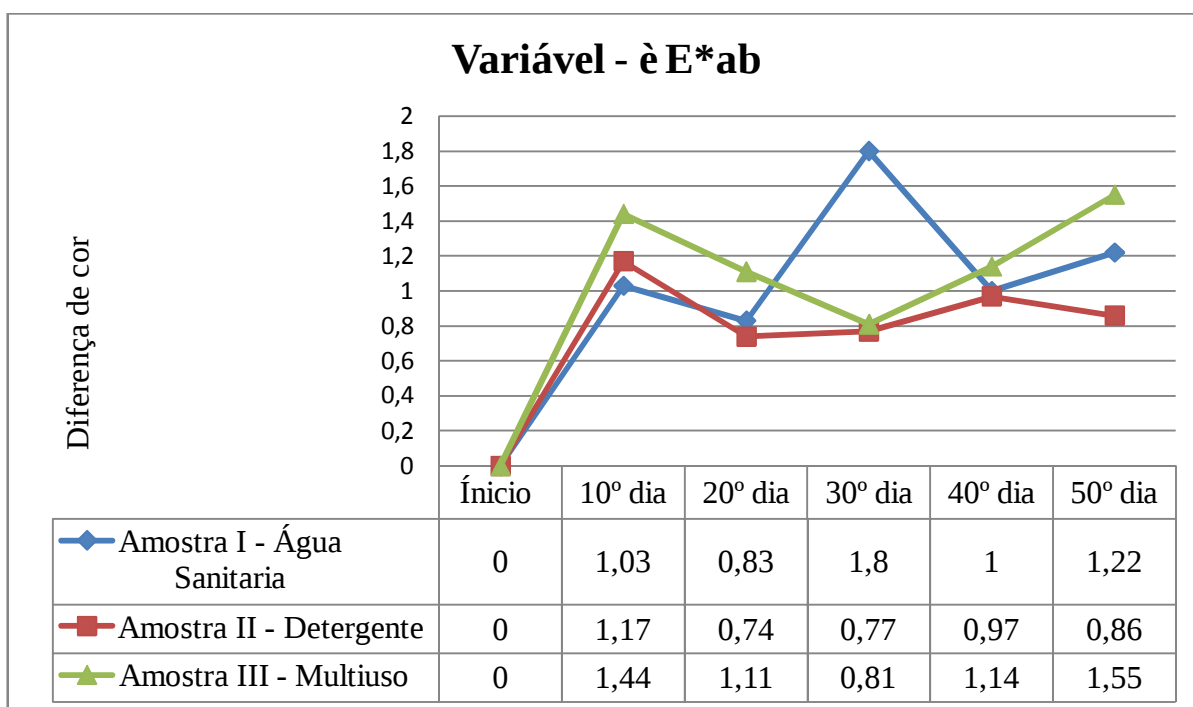
Gráfico 3.27 - Representação do comportamento das médias da variável (b^*) relação ao tempo de ataque



Fonte - a autora.

A Amostra III, cujo reagente é o multiuso, apresentou valor médio de luminosidade (L^*) inicial fixado em 28,42%, e após 50 dias sobe ataque químico atingiu o valor de 27,37(%), conforme Gráfico 3.25. O a^* teve um pequeno aumento em seu componente vermelho com o valor inicial de 0,30 e finalizando aos 50 dias com o valor de 0,37 (Gráfico 2.26). O b^* o apresentou inicialmente um valor médio de 0,12, os 20 dias mostrou uma redução para -0,05, finalizando o experimento com o aumento de 0,40, conforme Gráfico 3.27. No Gráfico 3.28 o E^* demonstrou um crescimento médio de 1,55, aumento este considerável distinguível de acordo com o Quadro 2.4 (p.73). Já no Gráfico 3.29, foi possível observar que o brilho da amostra atacada pelo reagente multiuso, iniciou com 80,62% de intensidade e finalizou os testes com um aumento de 84,0%.

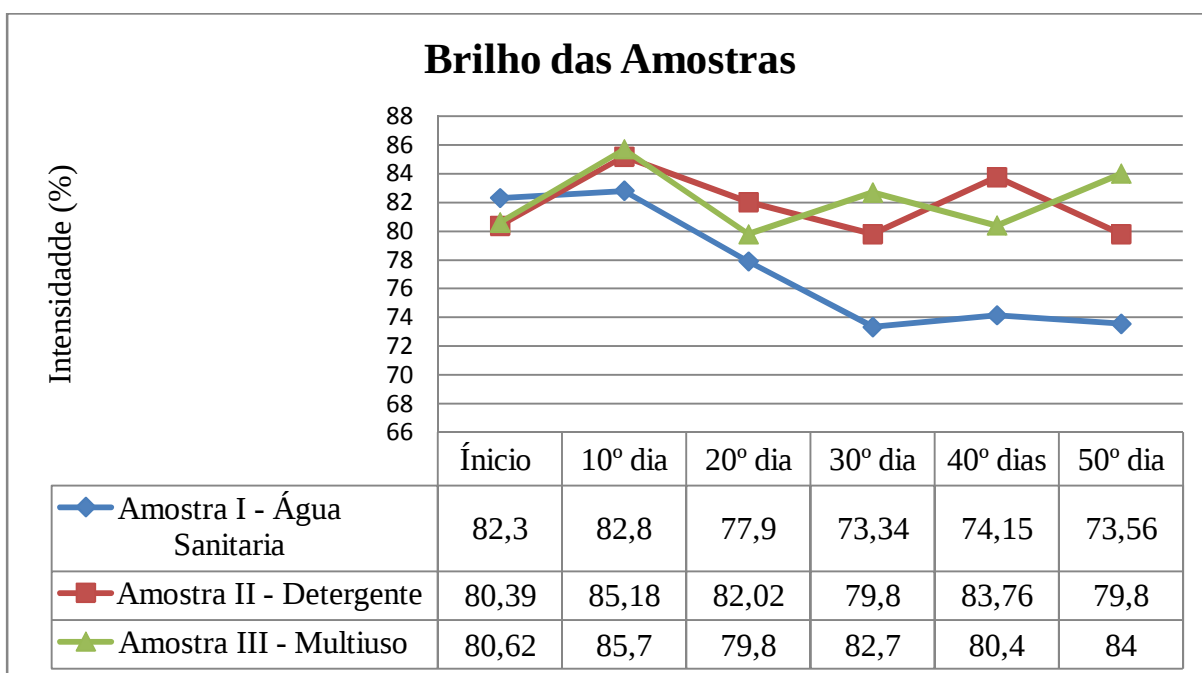
Gráfico 3.28 - Valores médios das diferenças de cor entre as variáveis (a^*) e (b^*) em relação ao tempo de ataque



Fonte - a autora.

Ao analisar as planilhas do Apêndice C ã Amostra III ã observa-se que a luminosidade teve menor valor aos dez dias de uso do produto multiuso, ascende até o trigésimo dia e declina até o quinquagésimo dia. O parâmetro E é máximo no quinquagésimo dia e mínimo no trigésimo dia, enquanto que o parâmetro C é máximo no quadragésimo e mínimo no vigésimo dia de ataque. O espectro a^* , menor antes do ataque, é máximo no décimo dia, decresce no vigésimo e trigésimo dia, voltando a crescer no quadragésimo, com discreta redução no quinquagésimo dia. O espectro b^* revela valor mínimo após vinte dias de ataque, com variação de 0,17 em relação à antes do ataque, mas assumindo a faixa do espectro azul. Ao quadragésimo dia é 0,52 e ao quinquagésimo dias é 0,40. Portanto, com o uso deste produto, não se percebem as correspondências entre os parâmetros espectrométricos, do que pode decorrer da diversidade do princípio ativo.

Gráfico 3.29 - Valores médios percentuais do brilho das amostras com a utilização de vários reagentes, em relação ao tempo de ataque.



Fonte - a autora.

CONCLUSÕES

No trabalho, foram apresentadas aplicações metodológicas para análise da estética (cor, textura e brilho do material), dentro de uma visão macro, micro e espectral, além das análises tecnológicas e petrográfica, no sentido de favorecer uma ampla percepção da rocha e de sua aplicabilidade.

Os resultados obtidos na implementação prática do sistema de gerenciamento de cor e brilho, utilizado no Preto São Marcos, confirmam que é possível observar mudanças estéticas no material pétreo, através da consistência da cor e do brilho da amostra.

A contribuição fornecida por outros métodos de verificação das cores aplicadas na área têxtil, nas artes, na cerâmica, na odontologia, na botânica e no processamento de imagens, permitiu um amplo entendimento da tecnologia empregada e das variáveis existentes.

O entendimento da percepção, dos sistemas cromáticos ordenados e dos modelos de cores, contribuiu de forma singular para a verificação das informações numéricas dentro do modelo de cor CIELab, que foi desenvolvido pela CIE para corresponder a percepção e interpretação das cores pelo cérebro humano. Conhecer estes princípios possibilitou certificar e editar alguns valores numéricos gerados pelo Espectrofotômetro *Color-Guide* da BYK. Adicionalmente, utilizando a particularidade de se tratar de uma rocha de composição ferromagnesiana, associou-se a análise dos valores de luminosidade refletida por cada espectro perceptível pelo olho humano, com a perspectiva e estágios de alterabilidade, seja pela presença de oxidação, seja pela hidroxidação, identificáveis pelos espectros do vermelho e do amarelo/laranja, respectivamente.

Após a avaliação dos espectros eletromagnéticos, foi possível perceber uma pequena diminuição na refletância, conferida pela variável L^* que está diretamente ligada ao comportamento dos comprimentos de onda de máxima e mínima intensidade que tende mais para o escurecimento, que para clareamento da rocha. Assim quanto mais escuras forem as cores menos luminosidade para o objeto.

Ainda seguindo os caminhos da refletância da luz, foi percebido que o brilho, ao contrário da luminosidade, não depende apenas do comprimento de onda de cada espectro, ou das cores, mas do acabamento das faces dos cristais (liso ou áspero) e na capacidade de refração da luz, ou seja, o nível de opacidade dos minerais. Portanto, as alterabilidades resultam em perda de brilho, quando há agente corrosivo atuando sobre o material pétreo.

Através dessas duas variáveis supracitadas, foi possível identificar através do sistema de gerenciamento de cor e brilho que as amostras submetidas aos ensaios de ataque químico apresentaram mudanças na cor e no brilho, detectadas de forma discreta, conforme expresso nas variáveis L^* , a^* e b^* , não percebidas no âmbito macroscópico devido à cor escura da rocha, associada com a presença de minerais máficos em sua composição.

De acordo com os valores das variáveis L^* , a^* e b^* , a diminuição da luminosidade está ligada ao aumento da variável a^{*+} (vermelho) e à diminuição da variável b^* (azul), sugerem que as alterações químicas ocorridas nas amostras remetam à ação da oxidação. Essa hipótese parece se confirmar com a análise da variável ΔE^* que apresenta um aumento nas amostras atacadas pelos reagentes, mais intensamente com água sanitária e multiuso, e diminui com o reagente detergente. Isto pode significar que a diferença de cor, associada com provável oxidação do material, é maior com a ação da água sanitária, depois com o multiuso e finalmente com o detergente.

A oxidação, sugerida como ação de alterabilidade do material pétreo estudado, provoca mudanças não só nas faces dos minerais, tendendo a uma superfície mais áspera, justificando assim a diminuição do brilho natural das amostras, mas também compromete as propriedades mecânicas da rocha, devido à mudança da textura, podendo interferir no seu uso e aplicabilidade otimizada.

Enfim, a monitoração de cor e brilho, associada com as análises de caracterização tecnológica e petrográfica, possibilitou a obtenção de informações consistentes sobre a quantificação e qualificação das mudanças estéticas sofridas pelo material pétreo, compatíveis com o campo espectrométrico do conhecimento. Certamente, as alterações físico-mecânicas, interessantes aos dados obtidos com o gerenciamento da cor e do brilho, a

possibilidade de acompanhamento sistemático, periódico, o qual propiciará as escolhas, uso e análise mais precisas sobre o material pétreo ornamental.

Estudos posteriores, mais sistemáticos, poderão esmiuçar melhor o comportamento dos demais parâmetros espectrométricos e aperfeiçoar sua utilização.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Disponível em: www.abirochas.com.br. Acesso em: 13 mar. 2011.

ABNT NBR 12042. **Materiais Inorgânicos** ã Determinação do Desgaste por Abrasão. 1992.

ABNT NBR 13818. **Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaio. ANEXO H. (normativo) Determinação da resistência ao ataque químico.** 1997.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento ã Métodos de Ensaio. ANEXO A (normativo) Análise Petrográfica.** 2010.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento ã Métodos de Ensaio. ANEXO B (normativo) Densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água.** 2010.

ABNT NBR 15845. **Rochas para revestimento ã Métodos de Ensaio. ANEXO E (normativo) Resistência à Compressão Uniaxial.** 2010.

ABNT NBR 15845.. **Rochas para revestimento ã Métodos de Ensaio. ANEXO F (normativo) Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento de três pontos).** 2010.

ÁIRES BARROS, L.A. **Caracterização e Patologias das Rochas Ornamentais.** Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais do Nordeste. Olinda, Pernambuco. 1998. p. 01-21.

ALBERTINO, Simone. **Seminário Imagem e Percepção: a cor e o olhar.** Rio de Janeiro, 2006.1. Disponível em: <http://www.users.rdc.puc-rio.br/imago/site/semiotica/producao/albertino.pdf>. Acesso em: 21 set. 2011.

ARRAIS, Julio César de Pinheiro. **Caracterização geológica e tecnológica de rochas ornamentais dos granitóides porfiróides dos maciços Sorocaba, são Francisco, São Roque, Ibiúna, Piedade e Caucáia.** Sudeste do estado de São Paulo. (Tese de Doutorado). Rio Claro, São Paulo ã 2006.

ARRAIS, Miguel Sebastião Maia Chaves. **Ração Álcali ã Silicato: Avaliação do comportamento de agregados graúdos da região metropolitana do Recife frente a diferentes tipos de cimentos.** (Dissertação de Mestrado) Recife, 2011.

ARTUR, A.C.; MEYER, A.P.; WERNICK, E. **Caracterizações Tecnológicas de granito ornamentais: A influência da Mineralogia, Textura e Estrutura da Rocha. Dados Comparativos e Implicações de Utilização.** Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador, Bahia. 2001. p: 13-19.

ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; RODRIGUES, E. de P.; ANDRIGHETTI, R.M.; SOUZA, P.H.G. (2002). **Perda de lustro em rochas ornamentais durante abrasão progressiva: principais fatores condicionantes**. Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste (Ed.: F.W.H. Vidal; Rio de Janeiro: CETEM/UFPE) p.24-37. Recife-PE.

BERNADIN, Adriano Michael; RIELLA, Humberto Gracher. **Variação de tonalidade em placas cerâmicas e escalas colorimétricas CMC x CIELab x CIECH**. Cerâmica Industrial 4 (1-6), 1999.

BETEJTIN, A.. **Curso de Mineralogia**. 3.ed. Traducción al español. Editorial Mir. Moscú, 1977.

BYK ã Gradner. **Manual do medidor de brilho**. Disponível em: <http://www.byk.com/en/instruments.html>. Acesso em: 06 jan. 2012.

BOSI, Alfredo. **Fenomenologia do olhar**, In: O olhar. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

CAMPELO, Marcos Santos. **Técnica de processamento digital com aplicação no setor de rochas ornamentais**. (Tese de doutorado).Belo Horizonte ã MG, 2006.

CARVALHO, Damares Luiza Silveira de. **Determinação de parâmetros de polimento, em três tipos de rochas graníticas**. (Dissertação de Mestrado). São Carlos - SP, 2010.

CASTELO, Rosa. **A cor da percepção visual**. Lisboa, 2004 .Disponível em: http://ruiiurui.no.sapo.pt/a_cor_da.pdf. Acesso em: 03 nov. 2011

DORIGO, Wana Favero Gaburo; SILVEIRA, Leonardo Luiz Lyrio da. **Determinação do brilho de rochas ornamentais submetidas a diferentes situações de desgaste**. Aluna de Graduação de Engenharia de Minas, 4º período, IFES. Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2012 a julho de 2012.

FERRARI, C. **Rochas Ornamentais para Construção Civil: Estética, Técnica e Gestão**. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais do Nordeste. Olinda, Pernambuco. 1998. p. 157-164.

FLAIN, E. P. **Uso e Aplicação de Revestimento com Placas de Rochas**. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais do Nordeste. Olinda, Pernambuco. 1998. p - 22-39.

FRASCÁ, Maria Heloisa Barros de Oliveira. **Estudos experimentais de alterabilidade acelerada de rochas graníticas para revestimento**. (Tese de doutorado) ã São Paulo, 2003.

FRASCÁ, M. H. B. O. ã **CURSO - Qualificação de Rochas Ornamentais e para Revestimento de Edificações: Caracterização Tecnológica e Ensaio**

de Alterabilidade. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador, Bahia. 2001. p:128-135. IPT ã Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

FRASER, Tom; BANKS Adam. **O guia completo da cor** ã Livro essencial para a consciência das cores. São Paulo: Senac, 2007.

GAMA, H.B. **Principais patologias Associadas ao Uso de Rochas Ornamentais.** Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador, Bahia. 2001. p:20-23.

GOITIA, Fernando Chueca et al. **História Geral da Arquitetura ã vol. I.** Ediciones Del Prado, Novembro 1995.

GOITIA, Fernando Chueca et al. **História Geral da Arquitetura ã vol. II.** Ediciones Del Prado, Outubro 1995.

GOITIA, Fernando Chueca et al. **História Geral da Arquitetura ã vol. III.** Ediciones Del Prado, Junho 1996.

GOITIA, Fernando Chueca et al. **História Geral da Arquitetura ã vol. IV.** Ediciones Del Prado, Agosto 1996.

GUIMARÃES, Luciano. **A cor como informação:** a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores. São Paulo: AnnaBlume, 2000.

KALIX, Thaise Maria Fontes. **Estudos de Caracterização Tecnológica com ênfase em alterabilidade dos tipos comerciais do granito Marrom Imperial.** (Dissertação de Mestrado). Recife, 2011.

LEÃO, Alexandre Cruz. **Gerenciamento de cores para imagens digitais.** (Dissertação de Mestrado) Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 135. Belo Horizonte ã Minas Gerais - 2005.

LEÃO, Alexandre Cruz; Araújo, Arnaldo de Albuquerque; Souza, Luiz Antônio Cruz. **Implementação de Sistema de Gerenciamento de Cores para Imagens Digitais.** Belo Horizonte ã Minas Gerais, 2005.

LIMA, Rodrigo Pedrosa Dantas. **Uso e aplicação do materiais artificiais como rocha ornamental.** (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco. Programa de pós Graduação em Engenharia Mineral ã Recife ã 2010.

LIMA, R.R.; AGRAWAL, V.N. LIMA, A.A. & NETO, J.L.R. **Características das fraturas do granito ornamental Preto São Marcos (Casserengue - PB) e seu impacto na Viabilidade de exploração da Jazida.** Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais (3.:2007:Natal) e Anais do VI Simpósio do Nordeste de Rochas Ornamentais. CETEM/MCT,2008.

MAIA, Paulo César de Almeida. **Avaliação Do Comportamento Geomecânico e de Alterabilidade de Enrocamentos** (Tese de Doutorado) Rio de Janeiro, 2001.

MAPA GEOLÓGICO. Folha Solania SB.25-Y-A-IV escala 1/100.000 CPRM 2008. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acesso em: 18 jun. 2012.

MARTINAZZO, Ana Paula; CORRÊA, Paulo César; MELO, Evandro Castro; CARNEIRO, A.P.S. **Avaliação Colorimétrica de folhas secas de *cymbopogon citratus* (D.C.) stapf durante o armazenamento em diferentes embalagens.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.2, p.131-140, 2008.

MENESES, P. R. **Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral.** In.: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. (Orgs.) Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais. Brasília: Embrapa Serrados, 2001.

MENESES, P. R.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. **Comportamento Espectral de Minerais e Rochas.** In.: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. (Orgs.) Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais. Brasília: Embrapa Serrados, 2001.

MOREIRA, Sérgio Trajano Franco. **Estudo sobre revestimentos em fachadas de Edifícios altos com placas de granitos ornamentais.** (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

NAVARRO, Fabiano Cabanas; ARTUR, Antônio Carlos. **Caracterização Petrográfica como Ferramenta para Previsão do Comportamento Físico e Mecânico de Granitos Ornamentais: Uma Discussão.** III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife Pernambuco, 2002. P. 02 a 09.

NEVES, Marcia de Carvalho. **Estudo experimental do polimento de diferentes ógranitos e as relações com a mineralogia.** São Carlos ã São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, Danielle Ferreira de. **Confiabilidade metrológica e validação de procedimentos espectralradiométricos para medição de fontes luminosas** (2006). Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/9324/9324_3.PDF. Acesso em: 22 out. 2012.

PAIVA, Ivo Pessato; MENDES, Vanildo de Almeida. **Caracterização tecnológica de Rochas Ornamentais na Contrução Civil:** Estudo de Caso na Edificação do Tribunal de Justiça de Pernambuco. I Simposio Brasileiro de Rochas Ornamentais; II Seninario de Rochas Ornamentais do Nordeste, Salvados ã BA, 2001. p. 37 a 40.

PEDROSA, Israel. **Da cor à cor inexistente.** Rio de Janeiro: Leo Christiano, 1977.

PETTER, Carlos Otávio; GLIESE, Roberto. (Slide de aula - **Fundamentos De Colorimetria**. Laboratório de Processamento Mineral Centro de Tecnologia Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre ã Rio Grande do Sul.

PRESS, Frank, et al.. **Para entender a terra**; tradução Rualdo Menegat, et al. 4 ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUEIROZ, Mônica. **A cor e a percepção no ambiente**. SENAI ã serviço nacional de aprendizagem e indústria; CETIQT ã Central de Tecnologia da indústria química e têxtil. Disponível em: (http://www.fau.ufrj.br/prolugar/arq_pdf/diversos/palestras/cor_percep_monica_m2.pdf). Acesso em: 19 abr. 2012

RIBEIRO, P. **Influência das características petrográficas de granitos no processo industrial de desdobramento de blocos**. 2005.132p. (Tese Doutorado) ã Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RIBEIRO, R. C.C, et al. **Caracterização Tecnológica e alterabilidade de Rochas Ornamentais do Espírito Santo**. Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, Anais do VI simpósio do Nordeste de Rochas Ornamentais. Natal ã RN, 2008. p. 77 a 87.

RIBEIRO, R. P.; SILVEIRA, L.L.L.; PARAGUASSÚ, A.B.; RODRIGUES, J.E. **Aplicação de Bases Conceituais de Tribologia no Beneficiamento de Granitos Ornamentais**. 6p. ã Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

SILVA, RODRIGO DE ALMEIDA. **Avaliação da perda da coloração artificial de ágatas**. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre ã Rio Grande do Sul, 2006.

SILVA, Sheila Alves Bezerra da. **Estudo para a utilização dos argilo minerais das jazidas de gipsita do Araripe PE para produção de pigmentos naturais**. (Dissertação de Mestrado). Recife - Pernambuco, 2008.

SILVEIRA, L. L. L. **Polimento de Rochas Ornamentais: Um Enfoque Tribológico ao Processo**. 203p. (Tese Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

SILVEIRA, Luciana Martha. **Introdução à teoria da cor**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2011.

SOUZA, Júlio César de; FILHO, José Lins Rolim; Barros, CAMPOS, Márcio Luiz de Siqueira; LIRA, Belarmino Barbosa; SILVA, Suely Andrade da; RIECK, Fernando Edgar. **Análise colorimétrica de rochas ornamentais**. Estudos Geológicos v. 18 (1), 2008.

SOUZA, Júlio César, et al. **Análise colorimétrica de rochas ornamentais.** Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, Anais do VI simpósio do Nordeste de Rochas Ornamentais. p. 88 a 96. Natal ã RN, 2008.

TEIXEIRA, et al.. **Decifrando a Terra.** 2 ed. São Paulo: Cia Editora Nacional, 2009.

1.1 GLOSSÁRIO

Alterabilidade ã É a maior ou a menor susceptibilidade que o material pétreo tem de alteração.

Amarelo - Cor utilizada no processo de impressão. A cor amarela pura não possui nenhuma quantidade de azul, pois ela absorve todos os comprimentos de onda azul da luz e reflete todos os comprimentos de onda verde e vermelho.

Brilho - Atributo da visão que permite perceber a luz emitida ou refletida em maior ou menor intensidade.

Calibração - Conferir, ajustar ou padronizar de forma sistêmica o desempenho de um dispositivo.

Chroma - Também referida como saturação. Atributo da visão que permite perceber a pureza das cores e o nível de saturação das mesmas. Por exemplo: uma maçã vermelha é muito saturada, enquanto uma cor pastel é menos saturada.

Ciano - Cor utilizada no processo de impressão. A cor ciano pura não possui nenhuma quantidade de vermelho, pois ela absorve todos os comprimentos de onda vermelha da luz e reflete todos os comprimentos de onda verde e azul.

CIE - *Comission Internationale de IõEclairage*: Organização mundial interessada em pesquisar as cores e as possibilidades de mensurá-la.

CIELAB (ou CIE $L^*a^*b^*$, CIELab) - Espaço de cor onde os valores L^* , a^* e b^* , são mapeados num sistema de coordenadas tridimensionais. Os valores L^* representam a luminosidade, valores a^* o eixo vermelho/verde, e valores b^* o eixo amarelo/azul. O CIELAB é um espaço de cor popular utilizado para mensurar a cor refletida ou transmitida pelos objetos.

CIEXYZ - Modelo de cor independente do dispositivo desenvolvido pela CIE para relatar todas as cores visíveis. Na criação do CIEXYZ, ela transformou os valores RGB utilizando fórmulas matemáticas para as três coordenadas.

CMYK ã *Cyan, Magenta, Yellow and Black*: São as tintas padrões da indústria gráfica:ciano, magenta, amarelo e preto.

Colorímetro - Instrumento de medição que responde à sensação das cores de forma similar ao olho humano, filtrando a luz refletida das cores vermelha, verde e azul.

Comprimento de onda - A luz é proveniente de ondas eletromagnéticas; comprimento de onda é a distância entre as cristas da onda.

Corantes - Materiais utilizados para criar cores.

Cores primárias aditivas - É a luz vermelha, verde e azul. Quando as três cores são combinadas em 100% de intensidade, a luz branca é produzida. Quando são combinadas com intensidade variadas, um gama de cores diferente é produzido. Utilizando duas primárias aditivas em 100% será produzida uma cor primária subtrativa amarela, ciano ou magenta.

Cores primárias subtrativas - É a cor amarela, ciano e magenta. Teoricamente quando combinadas em 100% sob um papel branco, o resultado será o preto. Quando são combinadas com intensidade variadas, um gama de cores diferentes é produzido. Aplicando duas cores primárias em 100% será produzida uma cor primária aditiva vermelha, verde ou azul.

Cromaticidade - Consideradas também como óCoordenadas Cromáticasô, sendo as dimensões do estímulo da cor expresso em termos de tonalidade e saturação, ou seja, a intensidade de vermelho-verde ou amarelo-azul, excluindo a intensidade de luminosidade.

Curva espectral - É uma representação visual dos dados espectrais de uma cor.

D50 - Iluminante padrão da CIE que representa a temperatura de cor de 5000K. Esta temperatura é largamente utilizada na indústria das artes gráficas.

D65 - Iluminante padrão da CUIE que representa a temperatura de cor de 6504K. Esta é a temperatura do ponto branco recomendada para a calibração dos monitores.

Dados espectrais - É a descrição mais precisa da cor de um objeto. Parte da luz refletida pelo objeto é medida em intervalos definidos ao longo do comprimento de onda do espectro.

Decomposição - Corresponde à modificação progressiva da natureza dos minerais, sem, necessariamente, ocorrer desintegração.

Desagregação - É o mecanismo pelo qual ocorre a redução da resistência mecânica e o aumento da produção de finos. Este mecanismo envolve processos físicos e/ou químicos.

Desintegração - Consiste na perda de coesão da rocha e na progressiva individualização dos minerais constituintes, sem que ocorra, necessariamente, a modificação da natureza dos minerais. entende-se o intemperismo por agentes físicos e por decomposição,

Densidade - É a capacidade do material transmissivo de impedir a passagem da luz ou da superfície reflexiva de absorvê-la. Quanto mais a luz for bloqueada ou absorvida, maior será a densidade.

Espaço de cor - Representação geométrica tri-dimensional das cores que podem ser visualizadas e/ou geradas utilizando determinado modelo de cor.

Espectro eletromagnético - Ondas eletromagnéticas que atravessam o ar com diferentes tamanhos e são medidas pelo comprimento de onda. Diferentes comprimentos de onda resultam em diferentes propriedades, sendo a maior parte invisível e ainda não detectada. Somente os comprimentos de onda que estão entre 380 e 700 nanômetros (nm) são visíveis, produzindo a luz. Algumas ondas conhecidas que estão fora do espectro visível, raios gama, raios-x, microondas e ondas de rádio.

Espectro visível - Região do espectro eletromagnético compreendido entre 380 e 700 nanômetros (nm). Comprimentos de onda dentro desta faixa criam a sensação de cor percebida pelo sistema visual humano. Por exemplo:

comprimentos de onda curtos criam a sensação do violeta e azul, enquanto os longos criam a sensação do alaranjado e vermelho.

Espectrofotômetro - Instrumento que mede as características da luz refletida ou transmitida através do objeto, resultando em informações espectrais.

Gerenciamento de cores - Combinação das cores da imagem original entre diversos dispositivos: escâner, monitor e impressora; com o objetivo de manter a consistência das cores ao longo do processo.

Iluminante - Uma fonte de luz definida de acordo com o espectro, ou seja, pela quantidade de energia em cada ponto do espectro visível.

Intensidade - Saturação ou energia refletiva relacionada com o comprimento de onda visível. A refletância dos comprimentos de onda com alta intensidade produz alta saturação.

Luminosidade - Atributo da visão que permite perceber a luz emitida ou refletida em maior ou menor intensidade.

Luz - Radiação eletromagnética do espectro detectada pelo sistema visual humano, variando de 380 a 700 nm.

Luz branca - Teoricamente é a luz que emite todos os comprimentos de onda do espectro visível com intensidade uniforme. Na realidade, a maioria das fontes de luz não atinge esta perfeição.

Fluorescência - A absorção da energia da luz de um comprimento de onda e a re-emissão em outro comprimento de onda.

Magenta - Cor utilizada no processo de impressão. A cor magenta pura não possui nenhuma quantidade de verde, pois ela absorve todos os comprimentos de onda verde da luz e reflete todos os comprimentos de onda vermelho e azul.

Metamerismo - Fenômeno onde duas cores parecem ser a mesma sob uma fonte de luz, enquanto sob outra fonte de luz elas são diferentes.

Modelo de cor - Permite especificar numericamente os atributos percebidos da cor.

Nanômetro (nm) - Bilionésima parte do metro. Os Comprimentos de onda são medidos em nanômetros.

Objeto reflexivo - Objeto sólido que reflete alguns ou todos os comprimentos de onda da luz que atingem sua superfície.

Objeto transmissivo - Objeto que permite a passagem da luz de um lado para o outro. A cor de um objeto transmissivo é resultante da manipulação dos comprimentos de onda da luz que passam através dele.

Pigmento - É uma substância colorida insolúvel.

Prisma - Vidro ou outro material com forma triangular. Quando a luz passa pelo prisma, seus comprimentos de onda são refratados como as cores do arco-íris. Isso demonstra que a luz é composta de cores e indica o arranjo das cores no espectro visível.

RGB - *Red, Green and Blue* - São as cores primárias aditivas: vermelha, verde e azul.

Saturação - Atributo de percep o da cor que expressa a distância em rela o ao cinza neutro ou ao eixo de luminosidade. Também   conhecida como *chroma*.

Silhar -   o nome que, em constru o, se d    pedra lavrada em formato quadrangular, mormente em quadrados, usada para o revestimento de paredes.

Sistema de gerenciamento de cores - Tem a fun o de assegurar a consistência das cores através dos dispositivos de entrada e de saída até que o resultado final combine com o original.

Temperatura de cor -   a descri o da cor da luz em termos de temperatura da fonte de luz, em *Kelvins*. Baixa temperatura   avermelhada, maior temperatura   branco e alta temperatura   azulada.

Tonalidade - É a propriedade da luz proveniente de uma superfície ou fonte de luz, percebida pelo comprimento de onda dominante. Chamada também de cor básica.

Tri-estímulo - Método para comunicação ou geração de uma cor utilizando os três estímulos; ou através dos corantes aditivos (RGB); ou pelos corantes subtrativos (CMY); ou pelos três atributos (tonalidade, saturação e luminosidade)

APÊNDICE A - PLANILHAS DA AMOSTRA I

Amostra I - Medição inicial (Material "in natura" - Reagente Água Sanitária)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,29	0,27	-0,04	0,2729	-0,1492	85,5	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
2	28,32	0,33	0,03	0,3314	0,09116	83,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
3	28,02	0,33	0,13	0,3547	0,41567	86,2	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
4	28,81	0,24	0,05	0,2452	0,2114	83,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
5	28,20	0,29	0,27	0,3962	1,34377	84,1	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
6	28,24	0,28	0,19	0,3384	0,8063	81,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
7	27,93	0,31	0,18	0,3585	0,65609	81,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
8	28,92	0,26	-0,02	0,2608	-0,0771	77,9	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
9	29,13	0,27	0,13	0,2997	0,5225	81,9	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
10	28,24	0,21	0,00	0,21	0	77,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
11	28,12	0,27	0,00	0,27	0	85,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
12	28,33	0,29	0,07	0,2983	0,24618	82,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
13	28,17	0,21	0,11	0,2371	0,57763	78,4	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
14	28,03	0,29	0,09	0,3036	0,32071	83,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
15	28,82	0,34	0,14	0,3677	0,43673	79,9	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
Média	28,37	0,28	0,09	0,30	0,36	82,3		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Amostra I - Medição 10° dia - (Reagente Água Sanitária)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,76	0,42	0,37	0,5597	1,21201	88,4	D65/10°	-0,53	0,15	0,41	2,83	0,69	2,96
2	27,19	0,36	0,16	0,394	0,47622	79,7	D65/10°	-1,13	0,03	0,13	-4,14	1,14	4,44
3	27,80	0,41	0,17	0,4438	0,44015	85,1	D65/10°	-0,22	0,08	0,04	-1,12	0,24	1,16
4	27,15	0,50	0,20	0,5385	0,42279	80,7	D65/10°	-1,66	0,26	0,15	-2,91	1,69	3,75
5	26,28	0,38	0,28	0,472	0,90732	75,2	D65/10°	-1,92	0,09	0,01	-8,95	1,92	9,35
6	26,93	0,44	0,28	0,5215	0,73891	81,5	D65/10°	-1,31	0,16	0,09	-0,18	1,32	1,87
7	26,63	0,27	-0,13	0,2997	-0,5225	82,3	D65/10°	-1,30	-0,04	-0,31	0,60	1,34	1,96
8	27,82	0,51	0,64	0,8184	3,05961	83,6	D65/10°	-1,10	0,25	0,66	5,66	1,31	5,92
9	28,98	0,53	0,28	0,5994	0,58364	84,1	D65/10°	-0,15	0,26	0,15	2,18	0,34	2,21
10	27,27	0,31	0,11	0,3289	0,37052	89,2	D65/10°	-0,97	0,10	0,11	11,42	0,98	11,5
11	27,99	0,35	0,04	0,3523	0,11479	87,0	D65/10°	-0,13	0,08	0,04	1,19	0,16	1,21
12	27,92	0,41	0,11	0,4245	0,27492	76,4	D65/10°	-0,41	0,12	0,04	-6,32	0,43	6,34
13	27,16	0,41	0,09	0,4198	0,22311	81,9	D65/10°	-1,01	0,20	-0,02	3,43	1,03	3,72
14	26,81	0,44	0,03	0,441	0,06829	84,8	D65/10°	-1,22	0,15	-0,06	1,01	1,23	2,01
15	27,24	0,30	0,13	0,327	0,46266	81,6	D65/10°	-1,58	-0,04	-0,01	1,62	1,58	2,76
Média	27,40	0,40	0,18	0,46	0,59	82,8		-0,98	0,12	0,10	0,42	1,03	4,08

Amostra I - Medição 20° dia - (Reagente Água Sanitária)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,84	0,33	0,24	0,408	0,89002	79,6	D65/10°	0,55	0,06	0,28	-5,91	0,62	5,97
2	29,20	0,34	0,15	0,3716	0,47222	79,5	D65/10°	0,88	0,01	0,12	-0,15	0,89	1,26
3	28,58	0,32	0,20	0,3774	0,72148	76,1	D65/10°	0,56	-0,01	0,07	-9,03	0,56	9,07
4	28,41	0,28	0,10	0,2973	0,37314	75,8	D65/10°	-0,40	0,04	0,05	-4,92	0,41	4,95
5	27,75	0,36	0,28	0,4561	0,98487	77,3	D65/10°	-0,45	0,07	0,01	2,13	0,46	2,23
6	29,05	0,34	0,09	0,3517	0,27107	77,9	D65/10°	0,81	0,06	-0,10	-3,63	0,82	3,81
7	28,24	0,36	0,31	0,4751	1,16417	76,8	D65/10°	0,31	0,05	0,13	-5,50	0,34	5,51
8	28,78	0,41	0,19	0,4519	0,49971	82,8	D65/10°	-0,14	0,15	0,21	-0,76	0,29	0,83
9	28,18	0,30	0,18	0,3499	0,68414	83,7	D65/10°	-0,95	0,03	0,05	-0,44	0,95	1,41
10	27,16	0,44	0,33	0,55	0,9316	71,7	D65/10°	-1,08	0,23	0,33	-17,42	1,15	17,5
11	27,13	0,34	0,28	0,4405	1,07933	78,8	D65/10°	-0,99	0,07	0,28	-8,28	1,03	8,4
12	28,67	0,33	0,16	0,3667	0,52679	81,6	D65/10°	0,34	0,04	0,09	5,15	0,35	5,18
13	26,69	0,50	0,55	0,7433	1,96476	73,0	D65/10°	-1,48	0,29	0,44	-8,89	1,57	9,15
14	28,16	0,36	0,28	0,4561	0,98487	82,5	D65/10°	0,13	0,07	0,19	-2,28	0,24	2,3
15	26,09	0,44	0,56	0,7122	3,25498	71,0	D65/10°	-2,73	0,10	0,42	-10,56	2,76	11,2
Média	28,06	0,36	0,26	0,45	0,99	77,9		-0,31	0,08	0,17	-4,70	0,83	5,92

Amostra I - Medição 30° dia - (Reagente Água Sanitária)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,77	0,42	0,65	0,7739	43,138	71,7	D65/10°	-0,52	0,15	0,69	-13,78	0,88	13,8
2	26,33	0,47	0,95	1,0599	-2,0676	75,4	D65/10°	-1,99	0,14	0,92	-8,40	2,2	8,91
3	26,31	0,64	1,31	1,458	-1,9393	72,1	D65/10°	-1,71	0,31	1,18	-14,14	2,1	14,4
4	25,98	0,47	0,90	1,0153	-2,7905	67,9	D65/10°	-2,83	0,23	0,85	-15,70	2,96	16,2

5	28,23	0,21	1,08	1,1002	-2,1778	77,6	D65/10°	0,03	-0,08	0,81	-6,54	0,81	6,59
6	27,12	0,48	0,90	1,02	-3,1852	71,2	D65/10°	-1,12	0,20	0,71	-10,56	1,34	10,7
7	26,78	0,49	1,16	1,2592	-0,9779	72,7	D65/10°	-1,15	0,18	0,98	-8,95	1,52	9,15
8	27,37	0,42	0,99	1,0754	-0,9981	73,6	D65/10°	-1,55	0,16	1,01	-4,31	1,86	4,94
9	27,36	0,45	0,96	1,0602	-1,5861	71,4	D65/10°	-1,77	0,18	0,83	-10,54	1,96	10,9
10	25,69	0,64	1,17	1,3336	-3,7999	73,9	D65/10°	-2,55	0,43	1,17	-3,90	2,84	5,45
11	25,72	0,58	1,06	1,2083	-3,8083	68,4	D65/10°	-2,40	0,31	1,06	-17,45	2,64	17,8
12	27,24	0,43	0,98	1,0702	-1,1675	74,6	D65/10°	-1,09	0,14	0,91	-8,21	1,43	8,4
13	26,87	0,46	0,85	0,9665	-3,5169	75,2	D65/10°	-1,30	0,25	0,74	-3,20	1,52	3,77
14	27,61	0,47	0,72	0,8598	25,7063	76,5	D65/10°	-0,42	0,18	0,63	-7,34	0,78	7,39
15	26,86	0,45	0,94	1,0422	-1,7543	78,0	D65/10°	-1,96	0,11	0,80	-1,94	2,12	3,48
Média	26,88	0,47	0,97	1,09	2,60	73,34		-1,49	0,19	0,89	-9,00	1,80	9,46

Amostra I - Medição 40° dia - (Reagente Água Sanitaria)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,50	0,35	0,56	0,6604	-34,233	79,7	D65/10°	-0,79	0,08	0,60	-5,79	1	5,93
2	28,42	0,42	0,21	0,4696	0,5463	79,8	D65/10°	0,10	0,09	0,18	-4,04	0,22	4,05
3	28,03	0,40	0,34	0,525	1,13833	72,6	D65/10°	0,01	0,07	0,21	-13,65	0,22	13,7
4	28,16	0,42	0,37	0,5597	1,21201	77,2	D65/10°	-0,65	0,18	0,32	-6,41	0,75	6,48
5	28,49	0,36	0,29	0,4623	1,04115	80,5	D65/10°	0,29	0,07	0,02	-3,62	0,3	3,64
6	27,30	0,31	0,36	0,4751	2,30391	67,0	D65/10°	-0,94	0,03	0,17	-14,73	0,96	14,8
7	25,76	0,47	0,76	0,8936	-21,618	64,8	D65/10°	-2,17	0,16	0,58	-16,81	2,25	17,1
8	27,73	0,39	0,62	0,7325	-52,772	76,4	D65/10°	-1,19	0,13	0,64	-1,52	1,36	2,36
9	26,69	0,46	0,58	0,7403	3,12259	73,0	D65/10°	-2,44	0,19	0,45	-8,90	2,49	9,56
10	27,93	0,40	0,61	0,7295	21,8205	73,1	D65/10°	-0,31	0,19	0,61	-4,66	0,71	4,72
11	28,18	0,39	0,50	0,6341	3,36648	75,9	D65/10°	0,06	0,12	0,50	-9,99	0,52	10
12	27,07	0,44	0,79	0,9043	-4,3761	76,5	D65/10°	-1,26	0,15	0,72	-6,22	1,46	6,51
13	28,09	0,52	0,77	0,9291	11,0777	70,7	D65/10°	-0,08	0,31	0,66	-7,72	0,73	7,76
14	27,28	0,44	0,49	0,6586	2,03287	71,3	D65/10°	-0,75	0,15	0,40	-12,52	0,86	12,6
15	27,75	0,43	0,60	0,7382	5,64111	73,7	D65/10°	-1,07	0,09	0,46	-6,26	1,17	6,46
Média	27,63	0,41	0,52	0,67	-3,98	74,15		-0,75	0,13	0,43	-8,19	1,00	8,37

Amostra I - Medição 50° dia - (Reagente Água Sanitaria)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,59	0,36	0,07	0,3667	0,19693	80,4	D65/10°	-0,70	0,09	0,11	-5,12	0,71	5,22
2	27,64	0,41	0,10	0,422	0,24886	75,7	D65/10°	-0,68	0,08	0,07	-8,12	0,69	8,18
3	26,97	0,18	0,40	0,4386	-1,3115	71,3	D65/10°	-1,05	-0,15	0,27	-14,92	1,09	15
4	27,19	0,40	0,16	0,4308	0,42279	72,2	D65/10°	-1,62	0,16	0,11	-11,41	1,63	11,6
5	28,10	0,47	0,16	0,4965	0,35422	72,3	D65/10°	-0,10	0,18	-0,11	-11,83	0,23	11,8
6	27,54	0,37	0,20	0,4206	0,60016	75,6	D65/10°	-0,70	0,09	0,01	-6,12	0,71	6,2
7	25,37	0,48	0,35	0,5941	0,89342	72,7	D65/10°	-2,56	0,17	0,17	-8,95	2,57	9,66
8	26,62	0,41	0,12	0,4272	0,30134	61,7	D65/10°	-2,30	0,15	0,14	-16,20	2,31	16,5
9	27,66	0,60	0,58	0,8345	1,44882	63,8	D65/10°	-1,47	0,33	0,45	-18,13	1,57	18,3
10	26,54	0,63	0,40	0,7463	0,73668	67,6	D65/10°	-1,70	0,42	0,40	-10,15	1,8	10,4
11	27,88	0,44	0,26	0,5111	0,67087	77,6	D65/10°	-0,24	0,17	0,26	-8,25	0,39	8,26
12	26,35	0,51	0,30	0,5917	0,667	75,9	D65/10°	-1,98	0,22	0,23	-6,86	2,01	7,42
13	28,11	0,38	0,21	0,4342	0,61673	76,8	D65/10°	-0,06	0,17	0,10	-1,65	0,21	1,66
14	27,41	0,49	0,11	0,5022	0,22834	82,5	D65/10°	-0,62	0,20	0,02	-1,31	0,65	1,59
15	27,12	0,43	0,31	0,5301	0,87872	77,3	D65/10°	-1,70	0,09	0,17	-2,64	1,71	3,58
Média	27,21	0,44	0,25	0,52	0,46	73,56		-1,17	0,16	0,16	-8,78	1,22	9,03

APÊNDICE B - PLANILHAS DA AMOSTRA II

Amostra 2 - Medição inicial (Material "in natura" - Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,58	0,49	0,10	0,5001	0,20696	76,0	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
2	28,60	0,28	-0,05	0,28443	-0,1805	88,3	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
3	29,57	0,32	0,15	0,35341	0,50639	80,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
4	28,76	0,31	0,24	0,39205	0,97784	84,2	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
5	28,77	0,28	0,08	0,2912	0,29375	80,2	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
6	27,38	0,31	0,10	0,32573	0,33426	74,0	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
7	28,62	0,33	0,26	0,42012	1,00497	79,4	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
8	28,56	0,44	0,13	0,4588	0,30436	79,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
9	28,18	0,27	0,08	0,2816	0,30528	77,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
10	29,87	0,56	0,47	0,7311	1,11403	80,1	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
11	27,80	0,32	0,11	0,33838	0,35796	83,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
12	27,74	0,30	0,06	0,30594	0,20271	88,3	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
13	28,75	0,28	0,04	0,28284	0,14384	82,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
14	28,18	0,30	0,19	0,35511	0,73423	73,2	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
15	27,88	0,30	-0,03	0,3015	-0,1003	77,8	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
Médias	28,42	0,34	0,13	0,37	0,41	80,39		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Amostra 2 - Medição 10° dia (Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	26,47	0,37	0,00	0,37	0	84,5	D65/10°	-1,11	-0,12	-0,10	-0,13	1,121	1,583
2	27,73	0,41	0,12	0,4272	0,30134	84,6	D65/10°	-0,87	0,13	0,17	0,14	0,896	1,257
3	27,19	0,38	0,10	0,39294	0,26941	86,0	D65/10°	-2,38	0,06	-0,05	0,04	2,381	3,367
4	27,60	0,35	0,14	0,37696	0,42279	83,7	D65/10°	-1,16	0,04	-0,10	-0,02	1,165	1,644
5	26,23	0,40	0,02	0,4005	0,05004	72,5	D65/10°	-2,54	0,12	-0,06	0,11	2,544	3,596
6	27,27	0,34	0,08	0,34928	0,23973	81,6	D65/10°	-0,11	0,03	-0,02	0,02	0,116	0,161
7	27,86	0,37	0,06	0,37483	0,1636	88,9	D65/10°	-0,76	0,04	-0,20	-0,05	0,787	1,095
8	27,16	0,35	0,06	0,35511	0,17313	86,7	D65/10°	-1,40	-0,09	-0,07	-0,10	1,405	1,986
9	26,58	0,42	0,14	0,44272	0,34625	81,5	D65/10°	-1,60	0,15	0,06	0,16	1,608	2,274
10	27,53	0,42	-0,01	0,42012	-0,0238	83,8	D65/10°	-2,34	-0,14	-0,48	-0,31	2,393	3,361
11	27,62	0,30	-0,04	0,30265	-0,1341	91,3	D65/10°	-0,18	-0,02	-0,15	-0,04	0,235	0,298
12	26,88	0,32	0,08	0,32985	0,25534	83,7	D65/10°	-0,86	0,02	0,02	0,02	0,86	1,217
13	28,06	0,43	0,11	0,44385	0,26154	87,1	D65/10°	-0,69	0,15	0,07	0,16	0,71	1,003
14	27,00	0,38	0,10	0,39294	0,26941	94,2	D65/10°	-1,18	0,08	-0,09	0,04	1,186	1,674
15	27,79	0,45	0,00	0,45	0	87,7	D65/10°	-0,09	0,15	0,03	0,15	0,177	0,248
Médias	27,26	0,38	0,06	0,39	0,17	85,18		-1,15	0,04	-0,06	0,01	1,17	1,65

Medição 20° dia (Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,19	0,29	0,21	0,35805	0,88442	79,3	D65/10°	0,61	-0,20	0,11	-0,14	0,651	0,904
2	29,43	0,35	0,06	0,35511	0,17313	84,1	D65/10°	0,83	0,07	0,11	0,07	0,84	1,183
3	28,90	0,32	0,04	0,32249	0,12566	81,5	D65/10°	-0,67	0,00	-0,11	-0,03	0,679	0,954
4	28,88	0,28	0,04	0,28284	0,14384	82,6	D65/10°	0,12	-0,03	-0,20	-0,11	0,235	0,286
5	27,45	0,27	0,07	0,27893	0,26523	66,3	D65/10°	-1,32	-0,01	-0,01	-0,01	1,32	1,867
6	29,99	0,44	0,42	0,60828	1,4119	80,3	D65/10°	2,61	0,13	0,32	0,28	2,633	3,718
7	27,93	0,34	-0,07	0,34713	-0,2088	86,5	D65/10°	-0,69	0,01	-0,33	-0,07	0,765	1,033
8	28,26	0,26	-0,06	0,26683	-0,235	88,6	D65/10°	-0,30	-0,18	-0,19	-0,19	0,398	0,534
9	28,26	0,27	-0,06	0,27659	-0,226	86,9	D65/10°	0,08	0,00	-0,14	-0,01	0,161	0,18
10	29,47	0,33	-0,07	0,33734	-0,2154	82,8	D65/10°	-0,40	-0,23	-0,54	-0,39	0,71	0,905
11	29,15	0,32	0,01	0,32016	0,03126	85,6	D65/10°	1,35	0,00	-0,10	-0,02	1,354	1,912
12	28,34	0,21	0,08	0,22472	0,40052	80,6	D65/10°	0,60	-0,09	0,02	-0,08	0,607	0,857
13	28,88	0,28	0,01	0,28018	0,03573	79,1	D65/10°	0,13	0,00	-0,03	0,00	0,133	0,186
14	28,72	0,34	-0,07	0,34713	-0,2088	84,8	D65/10°	0,54	0,04	-0,26	-0,01	0,601	0,808
15	27,81	0,27	-0,03	0,27166	-0,1116	81,3	D65/10°	-0,07	-0,03	0,00	-0,03	0,076	0,108
Médias	28,64	0,30	0,04	0,33	0,15	82,02		0,23	-0,03	-0,09	-0,05	0,74	1,03

Medição 30° dia (Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH

CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,50	0,27	0,33	0,42638	2,75169	82,0	D65/10°	0,92	-0,22	0,23	-0,07	0,973	1,341
2	28,39	0,32	0,10	0,33526	0,32309	81,0	D65/10°	-0,21	0,04	0,15	-0,09	0,261	0,347
3	28,55	0,34	0,36	0,49518	1,77951	79,9	D65/10°	-1,02	0,02	0,21	0,07	1,042	1,459
4	28,94	0,27	0,09	0,2846	0,34625	76,1	D65/10°	0,18	-0,04	-0,15	-0,14	0,238	0,33
5	27,59	0,27	0,11	0,29155	0,43155	70,3	D65/10°	-1,18	-0,01	0,03	-0,13	1,18	1,675
6	27,06	0,34	0,39	0,5174	2,21699	75,5	D65/10°	-0,32	0,03	0,29	0,09	0,433	0,546
7	29,42	0,34	0,08	0,34928	0,23973	84,7	D65/10°	0,80	0,01	-0,18	-0,08	0,82	1,148
8	28,62	0,30	0,11	0,31953	0,38403	83,7	D65/10°	0,06	-0,14	-0,02	-0,03	0,154	0,168
9	28,32	0,29	0,29	0,41012	1,55741	79,8	D65/10°	0,14	0,02	0,21	-0,02	0,253	0,29
10	27,80	0,29	0,05	0,29428	0,17414	82,3	D65/10°	-2,07	-0,27	-0,42	-0,13	2,129	2,973
11	28,22	0,33	-0,02	0,33061	-0,0607	79,7	D65/10°	0,42	0,01	-0,13	-0,10	0,44	0,616
12	29,79	0,52	0,59	0,78645	2,14535	80,7	D65/10°	2,05	0,22	0,53	0,46	2,129	2,99
13	29,25	0,32	-0,08	0,32985	-0,2553	82,1	D65/10°	0,50	0,04	-0,12	-0,46	0,516	0,851
14	28,40	0,35	0,08	0,35903	0,23264	84,7	D65/10°	0,22	0,05	-0,11	0,03	0,251	0,335
15	27,31	0,45	0,50	0,67268	2,01997	74,6	D65/10°	-0,57	0,15	0,53	0,31	0,793	1,025
Médias	28,41	0,33	0,20	0,41348	0,95242	79,8		-0,01	-0,01	0,07	-0,02	0,77	1,07

Medição 40° dia (Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,60	0,38	0,30	0,48415	1,00818	81,0	D65/10°	1,02	-0,11	0,20	-0,02	1,045	1,461
2	27,68	0,38	0,24	0,44944	0,73154	77,7	D65/10°	-0,92	0,10	0,29	0,17	0,97	1,347
3	29,20	0,46	0,10	0,47074	0,22088	82,7	D65/10°	-0,37	0,14	-0,05	0,12	0,399	0,556
4	27,75	0,32	0,38	0,49679	2,47991	84,0	D65/10°	-1,01	0,01	0,14	0,10	1,02	1,439
5	27,73	0,34	0,28	0,44045	1,07933	92,5	D65/10°	-1,04	0,06	0,20	0,15	1,061	1,493
6	28,31	0,38	0,32	0,49679	1,12037	86,0	D65/10°	0,93	0,07	0,22	0,17	0,958	1,346
7	27,83	0,38	0,25	0,45486	0,77274	82,7	D65/10°	-0,79	0,05	-0,01	0,03	0,792	1,119
8	28,49	0,38	0,43	0,57385	2,12845	83,2	D65/10°	-0,07	-0,06	0,30	0,12	0,314	0,342
9	27,75	0,37	0,26	0,45222	0,84692	80,3	D65/10°	-0,43	0,10	0,18	0,17	0,477	0,664
10	28,02	0,39	0,36	0,53075	1,32168	87,6	D65/10°	-1,85	-0,17	-0,11	-0,20	1,861	2,632
11	28,52	0,40	0,24	0,46648	0,68414	87,0	D65/10°	0,72	0,08	0,13	0,13	0,736	1,038
12	27,86	0,34	0,26	0,42802	0,95945	85,3	D65/10°	0,12	0,04	0,20	0,12	0,237	0,292
13	27,01	0,43	0,36	0,5608	1,10939	74,2	D65/10°	-1,74	0,15	0,32	0,28	1,776	2,501
14	27,68	0,31	0,40	0,50606	3,47141	86,0	D65/10°	-0,50	0,01	0,21	0,15	0,542	0,753
15	28,85	0,28	0,17	0,32757	0,69467	86,1	D65/10°	0,97	-0,02	0,20	0,03	0,991	1,387
Médias	28,09	0,37	0,29	0,48	1,24	83,76		28,47	0,32	0,23	0,40	0,97	84,95

Medição 50° dia (Reagente Detergente)

Pontos	Color scale					Gloss	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,77	0,35	0,02	0,35057	0,05721	78,6	D65/10°	1,19	-0,14	-0,08	-0,15	1,201	1,697
2	27,98	0,33	0,01	0,33015	0,03031	78,5	D65/10°	-0,62	0,05	0,06	0,05	0,625	0,881
3	27,62	0,34	0,05	0,34366	0,14813	84,7	D65/10°	-1,95	0,02	-0,10	-0,01	1,953	2,76
4	27,81	0,32	0,02	0,32062	0,06258	84,2	D65/10°	-0,95	0,01	-0,22	-0,07	0,975	1,363
5	28,87	0,40	0,01	0,40012	0,02501	80,1	D65/10°	0,10	0,12	-0,07	0,11	0,171	0,226
6	27,91	0,40	0,04	0,402	0,10033	79,9	D65/10°	0,53	0,09	-0,06	0,08	0,541	0,761
7	27,84	0,38	0,09	0,39051	0,24137	80,4	D65/10°	-0,78	0,05	-0,17	-0,03	0,8	1,118
8	27,66	0,29	0,03	0,29155	0,10382	76,5	D65/10°	-0,90	-0,15	-0,10	-0,17	0,918	1,296
9	27,32	0,29	0,04	0,29275	0,13881	78,1	D65/10°	-0,86	0,02	-0,04	0,01	0,861	1,217
10	28,21	0,31	0,04	0,31257	0,12975	80,1	D65/10°	-1,66	-0,25	-0,43	-0,42	1,733	2,436
11	27,50	0,30	0,04	0,30265	0,13413	78,7	D65/10°	-0,30	-0,02	-0,07	-0,04	0,309	0,432
12	26,96	0,35	0,03	0,35128	0,08592	79,3	D65/10°	-0,78	0,05	-0,03	0,05	0,782	1,106
13	28,23	0,34	0,02	0,34059	0,05889	79,6	D65/10°	-0,52	0,06	-0,02	0,06	0,524	0,74
14	28,75	0,39	0,06	0,39459	0,15507	80,2	D65/10°	0,57	0,09	-0,13	0,04	0,592	0,822
15	28,76	0,20	0,12	0,23324	0,68414	78,0	D65/10°	0,88	-0,10	0,15	-0,07	0,898	1,259
Médias	28,01	0,33	0,04	0,33712	0,1437	79,8		-0,40	-0,01	-0,09	-0,04	0,86	1,21

APÊNDICE C - PLANILHAS DA AMOSTRA III

Medição inicial (Material "in natura" - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,55	0,31	0,24	0,39205	0,977838	76,5	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
2	28,59	0,29	0,06	0,29614	0,2099	83,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
3	28,85	0,32	0,13	0,3454	0,43018	79,4	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
4	28,77	0,31	-0,02	0,31064	-0,06461	73,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
5	28,30	0,31	0,05	0,31401	0,162704	88,3	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
6	26,42	0,29	0,11	0,31016	0,398613	70,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
7	28,81	0,32	0,11	0,33838	0,357962	79,1	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
8	27,99	0,29	0,11	0,31016	0,398613	80,4	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
9	28,70	0,27	0,06	0,27659	0,225954	82,9	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
10	29,99	0,22	0,14	0,26077	0,738907	82,7	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
11	29,56	0,33	0,22	0,39661	0,786843	86,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
12	28,89	0,35	0,17	0,3891	0,527896	87,2	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
13	29,06	0,28	-0,01	0,28018	-0,03573	85,9	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
14	28,19	0,34	0,18	0,38471	0,585127	83,6	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
15	26,66	0,30	0,18	0,34986	0,684137	69,0	D65/10°	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
Médias	28,42	0,30	0,12	0,33	0,43	80,62		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Medição 10° dia - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,57	0,55	0,23	0,59615	0,444394	81,0	D65/10°	0,02	0,24	-0,01	0,20	0,241	0,3165
2	26,42	0,44	-0,01	0,44011	-0,02273	74,8	D65/10°	-2,17	0,15	-0,07	0,14	2,176	3,0767
3	27,27	0,37	0,10	0,38328	0,277049	83,4	D65/10°	-1,58	0,05	-0,03	0,04	1,581	2,2355
4	27,65	0,39	0,07	0,39623	0,18144	87,8	D65/10°	-1,12	0,08	0,09	0,09	1,126	1,5908
5	27,31	0,30	0,19	0,35511	0,734233	87,2	D65/10°	-0,99	-0,01	0,14	0,04	1	1,4077
6	26,71	1,18	-0,60	1,32378	-0,55736	88,6	D65/10°	0,29	0,89	-0,71	1,01	1,175	1,5786
7	27,03	0,40	0,00	0,4	0	82,1	D65/10°	-1,78	0,08	-0,11	0,06	1,785	2,5217
8	27,19	0,39	-0,13	0,4111	-0,34625	93,6	D65/10°	-0,80	0,10	-0,24	0,10	0,841	1,1652
9	26,99	0,46	0,07	0,4653	0,15336	87,6	D65/10°	-1,71	0,19	0,01	0,19	1,721	2,4331
10	27,12	0,33	0,17	0,37121	0,566142	88,3	D65/10°	-2,87	0,11	0,03	0,11	2,872	4,0619
11	26,72	0,46	0,00	0,46	0	81,1	D65/10°	-2,84	0,13	-0,22	0,06	2,851	4,025
12	27,61	0,35	0,17	0,3891	0,527896	80,5	D65/10°	-1,28	0,00	0,00	0,00	1,28	1,8102
13	27,43	0,35	-0,03	0,35128	-0,08592	86,5	D65/10°	-1,63	0,07	-0,02	0,07	1,632	2,3074
14	27,30	0,42	0,07	0,42579	0,168227	92,5	D65/10°	-0,89	0,08	-0,11	0,04	0,9	1,2666
15	27,03	0,36	-0,02	0,36056	-0,05561	90,7	D65/10°	0,37	0,06	-0,20	0,01	0,425	0,5635
Médias	27,16	0,45	0,02	0,47527	0,132324	85,7		-1,27	0,15	-0,10	0,14	1,44	2,02

Medição 20° dia - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,94	0,33	0,11	0,34785	0,346254	82,2	D65/10°	1,39	0,02	-0,13	-0,04	1,396	1,9706
2	28,87	0,19	-0,15	0,24207	-1,00818	83,4	D65/10°	0,28	-0,10	-0,21	-0,05	0,364	0,4624
3	28,79	0,32	-0,06	0,32558	-0,18973	84,3	D65/10°	-0,06	0,00	-0,19	-0,02	0,199	0,209
4	27,31	0,41	-0,11	0,4245	-0,27492	66,7	D65/10°	-1,46	0,10	-0,09	0,11	1,466	2,0723
5	27,76	0,38	-0,04	0,3821	-0,10565	76,8	D65/10°	-0,54	0,07	-0,09	0,07	0,552	0,7751
6	28,13	0,31	0,03	0,31145	0,097077	81,8	D65/10°	1,71	0,02	-0,08	0,00	1,712	2,4197
7	28,92	0,34	-0,07	0,34713	-0,20884	82,0	D65/10°	0,11	0,02	-0,18	0,01	0,212	0,2389
8	28,90	0,39	-0,01	0,39013	-0,02565	79,8	D65/10°	0,91	0,10	-0,12	0,08	0,923	1,2988
9	27,76	0,40	-0,09	0,41	-0,22888	76,1	D65/10°	-0,94	0,13	-0,15	0,13	0,961	1,3507
10	28,05	0,32	-0,06	0,32558	-0,18973	84,6	D65/10°	-1,94	0,10	-0,20	0,06	1,953	2,7534
11	27,23	0,39	-0,03	0,39115	-0,07708	73,3	D65/10°	-2,33	0,06	-0,25	-0,01	2,344	3,3051
12	29,56	0,35	-0,07	0,35693	-0,20271	83,6	D65/10°	0,67	0,00	-0,24	-0,03	0,712	0,978
13	27,74	0,27	-0,02	0,27074	-0,07421	82,9	D65/10°	-1,32	-0,01	-0,01	-0,01	1,32	1,8668
14	27,61	0,38	-0,07	0,38639	-0,18632	79,9	D65/10°	-0,58	0,04	-0,25	0,00	0,633	0,8584
15	28,62	0,32	-0,04	0,32249	-0,12566	79,6	D65/10°	1,96	0,02	-0,22	-0,03	1,972	2,7808
Médias	28,28	0,34	-0,05	0,34894	-0,16361	79,8		-0,14	0,04	-0,16	0,02	1,11	1,56

Medição 30° dia - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	28,63	0,34	0,11	0,35735	0,335311	84,2	D65/10°	1,08	0,03	-0,13	-0,03	1,088	1,5336

2	28,37	0,38	0,19	0,42485	0,546302	82,2	D65/10°	-0,22	0,09	0,13	0,13	0,271	0,372
3	28,57	0,24	0,12	0,26833	0,546302	82,1	D65/10°	-0,28	-0,08	-0,01	-0,08	0,291	0,4114
4	28,25	0,34	0,08	0,34928	0,239735	87,8	D65/10°	-0,52	0,03	0,10	0,04	0,53	0,7438
5	28,51	0,34	0,18	0,38471	0,585127	79,7	D65/10°	0,21	0,03	0,13	0,07	0,249	0,3332
6	28,57	0,29	0,23	0,37014	1,015531	79,2	D65/10°	2,15	0,00	0,12	0,06	2,153	3,0435
7	28,25	0,35	0,20	0,40311	0,642986	79,8	D65/10°	-0,56	0,03	0,09	0,06	0,568	0,8002
8	28,50	0,38	0,12	0,3985	0,326723	84,5	D65/10°	0,51	0,09	0,01	0,09	0,518	0,7323
9	28,04	0,35	0,14	0,37696	0,422793	80,5	D65/10°	-0,66	0,08	0,08	0,10	0,67	0,9456
10	28,26	0,33	-0,03	0,33136	-0,09116	89,1	D65/10°	-1,73	0,11	-0,17	0,07	1,742	2,456
11	28,84	0,37	0,15	0,39925	0,42918	83,0	D65/10°	-0,72	0,04	-0,07	0,00	0,725	1,0214
12	28,12	0,36	0,03	0,36125	0,083527	78,6	D65/10°	-0,77	0,01	-0,14	-0,03	0,783	1,0983
13	28,67	0,43	0,07	0,43566	0,164244	79,4	D65/10°	-0,39	0,15	0,08	0,16	0,425	0,5977
14	28,77	0,32	0,25	0,40608	0,991738	86,6	D65/10°	0,58	-0,02	0,07	0,02	0,585	0,8237
15	28,18	0,29	-0,12	0,31385	-0,43915	84,1	D65/10°	1,52	-0,01	-0,30	-0,04	1,549	2,1708
Médias	28,44	0,34	0,11		0,386613	82,7		0,01	0,04	0,00	0,04	0,81	1,14

Medição 40° dia - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,77	0,39	0,42	0,57315	1,857446	82,6	D65/10°	0,22	0,08	0,18	0,18	0,295	0,4104
2	27,61	0,36	0,57	0,67417	-79,7597	83,8	D65/10°	-0,98	0,07	0,51	0,38	1,107	1,526
3	27,39	0,32	0,69	0,76059	-1,50832	85,3	D65/10°	-1,46	0,00	0,56	0,42	1,564	2,1793
4	28,06	0,39	0,60	0,71561	30,91566	82,1	D65/10°	-0,71	0,08	0,62	0,40	0,946	1,2502
5	26,77	0,54	0,51	0,74277	1,38209	66,1	D65/10°	-1,53	0,23	0,46	0,43	1,614	2,265
6	27,39	0,32	0,49	0,58523	25,27362	86,5	D65/10°	0,97	0,03	0,38	0,28	1,042	1,4501
7	29,14	0,46	0,39	0,60308	1,133354	80,5	D65/10°	0,33	0,14	0,28	0,26	0,455	0,6212
8	27,29	0,39	0,47	0,61074	2,61173	83,9	D65/10°	-0,70	0,10	0,36	0,30	0,793	1,1
9	28,13	0,41	0,45	0,60877	1,952962	77,3	D65/10°	-0,57	0,14	0,39	0,33	0,705	0,9653
10	28,03	0,35	0,51	0,61855	8,760758	80,3	D65/10°	-1,96	0,13	0,37	0,36	1,999	2,8222
11	28,78	0,41	0,46	0,6162	2,076276	81,0	D65/10°	-0,78	0,08	0,24	0,22	0,82	1,1528
12	28,13	0,37	0,53	0,64637	7,181139	74,3	D65/10°	-0,76	0,02	0,36	0,26	0,841	1,1625
13	27,81	0,33	0,64	0,72007	-2,58899	78,8	D65/10°	-1,25	0,05	0,65	0,44	1,41	1,9348
14	29,37	0,38	0,51	0,636	4,296214	77,9	D65/10°	1,18	0,04	0,33	0,25	1,226	1,72
15	28,86	0,44	0,50	0,66603	2,155186	85,7	D65/10°	2,20	0,14	0,32	0,32	2,228	3,1467
Médias	28,04	0,39	0,52	0,65182	0,38263	80,4		-0,39	0,09	0,40	0,32	1,14	1,58

Medição 50° dia - Reagente Multiuso s/ álcool)

Pontos	Color scale					Brilho	Ill/Obs	Diferença					
CIELab	L*	a*	b*	C	h*			dL*	da*	db*	dC	dE*	dH
1	27,78	0,43	0,45	0,62241	1,72931	86,4	D65/10°	0,23	0,12	0,21	0,23	0,334	0,4662
2	26,79	0,38	0,29	0,47802	0,95648	74,0	D65/10°	-1,80	0,09	0,23	0,18	1,817	2,564
3	27,07	0,38	0,43	0,57385	2,128453	88,1	D65/10°	-1,78	0,06	0,30	0,23	1,806	2,5461
4	27,22	0,30	0,36	0,46861	2,572152	83,9	D65/10°	-1,55	-0,01	0,38	0,16	1,596	2,2303
5	27,52	0,37	0,39	0,53759	1,759807	90,4	D65/10°	-0,78	0,06	0,34	0,22	0,853	1,1773
6	27,91	0,34	0,24	0,41617	0,852394	85,5	D65/10°	1,49	0,05	0,13	0,11	1,496	2,1144
7	26,84	0,33	0,40	0,51856	2,667442	85,2	D65/10°	-1,97	0,01	0,29	0,18	1,991	2,8069
8	27,59	0,34	0,37	0,50249	1,908869	84,4	D65/10°	-0,40	0,05	0,26	0,19	0,48	0,6535
9	27,01	0,38	0,55	0,66851	8,060711	75,2	D65/10°	-1,69	0,11	0,49	0,39	1,763	2,4735
10	27,67	0,40	0,42	0,58	1,743315	77,8	D65/10°	-2,32	0,18	0,28	0,32	2,344	3,3132
11	27,30	0,40	0,47	0,61717	2,393221	80,8	D65/10°	-2,26	0,07	0,25	0,22	2,275	3,2142
12	27,27	0,40	0,42	0,58	1,743315	84,8	D65/10°	-1,62	0,05	0,25	0,19	1,64	2,3131
13	27,70	0,36	0,31	0,47508	1,164169	84,6	D65/10°	-1,36	0,08	0,32	0,19	1,399	1,9611
14	26,57	0,31	0,30	0,43139	1,452158	93,3	D65/10°	-1,62	-0,03	0,12	0,05	1,625	2,2948
15	28,37	0,48	0,63	0,79202	3,785038	85,6	D65/10°	1,71	0,18	0,45	0,44	1,777	2,5057
Médias	27,37	0,37	0,40	0,55079	2,327789	84,0		-1,05	0,07	0,29	0,22	1,55	2,18