

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

JARBAS DA SILVEIRA COELHO SARMENTO FILHO

**ESTÉTICA E FUNCIONALIDADE NA APLICAÇÃO DO GRANITO PRETO DA REGIÃO
DE POMBAL - PB**

**RECIFE
2013**

JARBAS DA SILVEIRA COELHO SARMENTO FILHO
Arquiteto Urbanista, Universidade da Amazônia - UNAMA.
2005.

ESTÉTICA E FUNCIONALIDADE DO GRANITO PRETO DA REGIÃO DE POMBAL - PB

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 – UFPE.
Orientador: Professor Dr. Evenildo Bezerra de
Melo
Coorientador: Professor Dr. Júlio César de
Souza

Recife
2013

S246e Sarmento Filho, Jarbas da Silveira Coelho.
Estética e funcionalidade na aplicação do granito preto da Região do Pombal-PB / Jarbas da Silveira Coelho Sarmento Filho. – Recife: O Autor, 2013.
131f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Evenildo Bezerra de Melo.
Coorientador: Prof. Dr. Júlio César de Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral - PPGEMinas, 2013.
Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia Mineral. 2. Rocha Ornamental. 3. Diorito-Gabróide . 4. Estética. 5. Granito Preto. 6. Bilho das Rochas. 7. Colorimetria. II. Melo, Evenildo Bezerra de (Orientador). II. Souza, Júlio César de (Coorientador). III. Título.

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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

Jarbas da Silveira Coelho Sarmiento Filho

ESTÉTICA E FUNCIONALIDADE DO GRANITO PRETO DA REGIÃO DE POMBAL - PB.

Área de concentração rochas ornamentais

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo sob a presidência do Profº. Dr. Evenildo Bezerra de Melo Examinador Interno considera o candidato,

JARBAS DA SILVEIRA COELHO SARMENTO FILHO, aprovado.

Recife, 27 de junho de 2013.

Dr. Evenildo Bezerra de Melo
Orientador

Drª. Lucila Ester Prado Borges
Examinador Externo

Drª. Risale Neves de Almeida
Examinador Externo

Dr. Júlio César de Souza
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Ao DEUS Altíssimo agradeço pela vida e por todas as Bênçãos Celestiais em Cristo Jesus. Agradeço ainda pela oportunidade de alcançar mais esta etapa em minha caminhada, por me permitir compartilhar conhecimentos e experiências científicas com a comunidade acadêmica e profissional, assim também com todos os que se interessarem pelo tema.

Agradeço aos meus pais, pelo estímulo, pelo apoio e amor, especialmente a minha mãe.

Agradeço ao Profº. Dr. Evenildo Bezerra de Melo, ao Profº. Dr. Julio Cesar de Souza, pela orientação, paciência e pela liberdade de 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. Gerlania Brasileira de Arruda, MSc. Renata Barrêto Santos, MSc. Vanildo Mendes, pela amizade, incentivo e contribuições.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pelo incentivo e apoio financeiro como bolsista no período em que estive cursando o Mestrado em Engenharia Mineral - UFPE.

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

Dedico aos meus pais.

“No princípio Deus criou os céus e a terra”... “E Deus viu tudo o que havia
feito, e tudo havia ficado muito bom.” (Gênesis 1:1; 31)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de acesso – vias de escoamento.....	26
Figura 2	Escala Mohs.....	34
Figura 3	1)Politriz de mesa; 2)Politriz multicabeças.....	38
Figura 4	Rebolos abrasivos para polimento.....	39
Figura 5	Espectro visível resultante da incidência da luz	43
Figura 6	Representação das variáveis existentes no sistema Munsell. 1)Matiz; 2a)Valor; 2b)Croma.....	45
Figura 7	Variação do matiz vermelho no sistema Munsell (1) e sólido de Munsell (2).....	45
Figura 8	Mapa geológico.....	49
Figura 9	Detalhe de fratura.....	51
Figura 10	Detalhe de maciço diorito-gabróide.....	52
Figura 11	Localização dos blocos de partição nos pontos (1), (2), (3), (4), (10), (11) e (12).....	53
Figura 12	Microscópio óptico de luz transmitida.....	55
Figura 13	Lâmina petrográfica vista de microscópio de luz transmitida.....	55
Figura 14	Lâmina de seção delgada para análise petrográfica.....	55
Figura 15	1) Estufa ventilada; 2) Balança para pesagem de amostras secas e saturadas; 3) Balança Hidrostática para pesagem de amostras submersas.....	57
Figura 16	Prensa Hidráulica utilizada no ensaio de Compressão Uniaxial Simples.....	59
Figura 17	Prensa hidráulica utilizada no ensaio.....	61
Figura 18	Equipamento de ensaio Amsler.....	62
Figura 19	Reagentes utilizados no ensaio de alterabilidade.....	63
Figura 20	Seqüência de pontos medidos nas amostras.....	65
Figura 21	Espectrofotômetro BYK.....	66
Figura 22	Ficha de análise petrográfica.....	68
Figura 23	Imagem de inclusões de minerais opacos.....	69
Figura 24	Triangulo de Streickeisen.....	70
Figura 25	Triangulo indicador de materiais pétreos.....	70
Figura 26	Média dos valores da massa específica seca.....	71
Figura 27	Média dos valores da porosidade e absorção de água.....	72
Figura 28	Valores médios da compressão.....	73
Figura 29	Valores médios de desgaste Amsler.....	75
Figura 30	Organização de amostras(quadro).....	76
Figura 31	Organização de grupos/amostras/reagentes.....	79
Figura 32	Valores estabelecidos pela norma DIN 6174.....	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Perfil histórico.....	28
Gráfico 02	Principais países exportadores x participação mundial.....	28
Gráfico 03	Produção brasileira x tipo de rocha.....	29
Gráfico 04	Evolução da produção brasileira/ mercado.....	29
Gráfico 05	Relação de massa específica.....	71
Gráfico 06	Relação de porosidade.....	72
Gráfico 07	Relação de Valores Médios de Compressão Uniaxial.....	74
Gráfico 08	Relação de Valores Médios de Desgaste Amsler.....	75
Gráfico 09	Média de Brilho/ Tempo de Ataque.....	76
Gráfico 10	Variação de Brilho/ Tempo de Ataque.....	77
Gráficos (11-16)	Amostra P01 – Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Detergente).....	85
Gráficos (17-22)	Amostra P01 – Sistema Colorimétrico - Inicial a 50 dias (Detergente)...	86
Gráficos (23-28)	Amostra P01 – Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Detergente).....	87
Gráficos (29-34)	Amostra P02 – Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Detergente).....	93
Gráficos (35-40)	Amostra P02 – Sistema Colorimétrico – Inicial a 50 dias (Detergente)..	94
Gráficos (41-46)	Amostra P02 – Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Detergente).....	95
Gráficos (47-52)	Amostra P03 – Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	100
Gráficos (53-58)	Amostra P03 – Sistema Colorimétrico – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	101
Gráficos (59-64)	Amostra P03 – Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	102
Gráficos (65-70)	Amostra P04 – Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	107
Gráficos (71-76)	Amostra P04 – Sistema Colorimétrico – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	108
Gráficos (77-82)	Amostra P04 – Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Multiuso).....	109
Gráficos (83-88)	Amostra P05 – Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Água sanitária).....	114
Gráficos (89-94)	Amostra P05 – Sistema Colorimétrico – Inicial a 50 dias (Água sanit.)..	115
Gráficos (95-99)	Amostra P05 – Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Água sanitária).....	116
Gráficos (100-105)	Amostra P06 - Curva Espectral – Inicial a 50 dias (Água sanitária).....	121
Gráficos (106-111)	Amostra P06 - Sistema Colorimétrico – Inicial a 50 dias (Água sanit.)..	122
Gráficos (112-116)	Amostra P06- Índice de Brilho – Inicial a 50 dias (Água sanitária).....	123

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'Eclairage</i> – 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
λ	- Comprimento de Onda
ΔE^*_{ab}	- Diferença de cor no sistema CIELAB
KN	- Kilo Newton
MPa	- Mega Pascal
nm	- Nanômetro
N.e	- Não especificado
NBR	- Normas Brasileiras
Nicóis //	- Nicóis paralelos
Nicóis +	- Nicóis cruzados
Op	- Minerais opacos
Pl	- Plagioclásio
Px	- Piroxênio
Bi-	- Biotita
R	- Índice de reflexão
R, G, e B	- Cores primárias
T	- Período
X, Y, e Z	- Valores do sistema CIE XYZ 1931
x, y, e z	- Coordenadas reduzidas no sistema CIE XYZ 1931

RESUMO

Este trabalho disserta, à luz da estética, sobre fatores pertinentes às especificidades do material em estudo, abordando um direcionamento para a otimização de sua aplicação ornamental nos diferentes usos, mais ou menos susceptíveis à alterabilidade. Trata-se de tipo petrográfico diorito-gabróide, ocorrente no Sítio Trincheira, município de Pombal – PB, o qual é investigado com base nas observações de campo e laboratório, destacando o bloco de partição, que permite antevisão da anisotropia da rocha. Outrossim, na expectativa da maior ou menor susceptibilidade à oxidação ou hidratação nos locais de aplicação, enfatiza-se análise das características mineralógicas, texturais e estruturais, macroscópicas e microscópicas da rocha, visando à sua reprodutibilidade, fator importante na escolha e adequação para o seu uso otimizado. Partindo do conhecimento de que a alterabilidade varia em função da granulometria e do conteúdo químico da fórmula molecular dos minerais essenciais e acessórios da rocha, analisaram-se e utilizaram-se medidas de refletâncias nos diferentes espectros de cores e no brilho, os quais permitem suspeitar e identificar potencial de alterabilidade, em analogia com a composição supracitada e a textura petrográfica, sempre na perspectiva da estética. O brilho diminuiu após o ataque químico, todavia os índices de diminuição foram notadamente maiores após o ataque do reagente água sanitária, em relação aos resultados de alteração pelo ataque dos reagentes multiuso e detergente. A textura da rocha revelou que a presença de fissuras, embora esparsa, foi condição contribuinte com a acentuação da alterabilidade. Na escala de investigação microscópica, confirma-se uma composição essencialmente cálcica dos minerais incolores e mais magnésiana dos minerais coloridos, sendo o primeiro fator contributivo à boa qualidade do brilho original, enquanto o segundo fator inibe a alterabilidade. Finalmente a anisotropia indicada pelo bloco de partição da rocha mostrou-se extensiva para a escala microscópica e permite adicionais aproveitamentos de paginação de placas por ocasião de projeto e planejamento de utilização.

Palavras-chave: Rocha Ornamental; Diorito-Gabróide; Estética; Granito preto; Brilho das rochas; Colorimetria.

ABSTRACT

This work examines in the light of aesthetics on relevant factors to the specificities of the material under study, addressing a direction for the optimization of its ornamental application in different uses, more or less, susceptible to alterability. This is a diorite-gabbroid type occurring at Site Trincheira, municipality of Pombal - PB. Which is investigated based on laboratory and field observations, highlighting the partition block that enables to preview the anisotropy of rock. Furthermore, in expectation of greater or lesser susceptibility to oxidation or hydration in application places, emphasizes analysis of mineralogical, textural and structural features, macroscopic and microscopic of the rock, aiming at its reproducibility an important factor in the choice and suitability for the optimization of the material. It starting from the knowledge that the alterability varies depending on the particle size and chemical content of molecular formula of essential and accessory minerals of the rock, reflectance measurements were analyzed in different color spectrum and in brightness, which allows identification of alterability potential in analogy with the petrographic composition and texture mentioned above, always in the perspective of aesthetic quality. The brightness decreases when it uses bleach as reagent in relation to the results of multipurpose reagents and detergent. The texture of the rock revealed that the presence of cracks, although sparse, was contributing condition with the accentuation of the alterability. On the scale of microscopic examination, it confirmed a composition essentially colorless of the calcium mineral and magnesium minerals more colorful. The first being contributory factor to the good quality of the original brightness, while the second factor inhibits the alterability. Finally, indicated by the partition block the anisotropy of rock has extended to microscopic scale and allowed additional paging potentials of plates on the design and use planning.

Keywords: Rock; Ornament; Diorite-gabbroid; Aesthetics; Black granite; Glow rocks; Colorimetry.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	ROCHAS.....	16
2.1.	Tipos de Rochas.....	17
2.2.	Rocha Ornamental.....	18
2.3.	Tipos de Rochas Ornamentais.....	20
2.4.	Tipos de Exploração.....	22
2.5.	Tipos de Exploração ou Lavra.....	23
3.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	25
4.	PANORAMA MUNDIAL DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	26
5.	ESTÉTICA.....	30
5.1.	Estética, Qualidade Artística e a Arquitetura.....	30
5.2.	Estética e o Brilho nas Rochas Ornamentais.....	31
5.3.	Algumas Propriedades dos Minerais e a Estética.....	32
5.4.	Fatores de Polimento e Estética.....	35
6.	ÍNDICE DE BRILHO NAS ROCHAS.....	36
7.	POLIMENTO E LUSTRO NAS ROCHAS ORNAMENTAIS.....	36
8.	COR.....	41
8.1.	Compreendendo a Cor.....	41
8.2.	A Cor nas Rochas.....	42
8.3.	Colorimetria.....	43
8.3.1.	Sistemas Colorimétricos.....	44
9.	MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS.....	46
10.	Caracterização.....	47
10.1.	Dados da Geologia Local.....	47
10.2.	Petrografia.....	54
10.3.	Índices Físicos.....	56
10.4.	Resistência a Compressão Uniaxial.....	58
10.5.	Módulo de Ruptura.....	60
10.6.	Desgaste Amsler.....	61
11.	ALTERABILIDADE.....	62
12.	MEDIÇÃO DE BRILHO E COR.....	64
13.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
13.1.	Petrografia.....	66
13.2.	Índices Físicos.....	71
13.3.	Compressão Uniaxial.....	73
13.4.	Desgaste Amsler.....	74
14.	Resultados de Brilho.....	76
15.	Análises dos Gráficos Espectrais das Amostras Submetidas ao Ataque Químico.....	78
15.1.	Amostra Inicial e Amostras do Grupo I	78
15.2.	Amostra Inicial e Amostras do Grupo II	96
15.3.	Amostra Inicial e Amostras do Grupo III	110
16.	CONCLUSÕES.....	124

1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais têm sido amplamente empregadas na arquitetura e nas artes no decorrer dos séculos. O seu caráter estético e decorativo é enobrecido pelo requinte de sua aparência atraente, dado que associado às suas características de resistências e índices físicos adequados, indicam o material como opção para a aplicação estético-funcional na construção civil.

No Brasil existe uma grande variedade de rochas ornamentais com colorações e tipologias diferenciadas, cujo cromatismo está associado com as respectivas composições mineralógicas e texturais (SOUZA, 2002). A utilização de rochas ornamentais brasileiras segue, aproximadamente, as tendências mundiais para suas aplicações, predominando igualmente o uso para revestimentos na construção civil.

O panorama favorável aos investimentos no setor imobiliário e da construção aponta uma tendência ao aumento na demanda por materiais e insumos do setor de mineração. Desta forma, este fator tem contribuído para o fortalecimento da cadeia produtiva de rochas ornamentais, desde a produção de blocos e chapas, seu aparelhamento e sua comercialização.

É oportuno destacar que no meio do processo entre os aportes de investimentos para o setor de construção civil e a obra realizada está o arquiteto, responsável pelo projeto, suas especificações estéticas e funcionais que, adequadas ao uso, permitem a melhor composição entre beleza, harmonia, qualidade e durabilidade.

Um dos principais fatores que comprometem a qualidade estética da rocha no ambiente aplicado é a sua inadequação ao uso, associado aos incorretos procedimentos de aplicação.

A princípio, as alterações apresentadas pelas rochas, quando a inadequada ao uso, inclusive quanto à forma de aplicação, são percebidas somente através de parâmetros microscópicos. Todavia, posteriormente torna-se perceptível ao olho desarmado e assim é notada a mudança em sua

aparência estética, seja pela perda do brilho (lustro), seja pela alteração da cor, não raro, através de mancha.

A correta recomendação da rocha ornamental no projeto prevenirá problemas de caráter estético e também de ordem tecnológica, como perda de resistência mecânica, por exemplo.

Portanto, o presente trabalho teve como motivação o enfoque estético versus aplicação otimizada, direcionado ao estudo de uma rocha diorito-gabróide, de coloração cinza escuro a preta, com textura aparentemente homogênea, embora levemente inequigranular.

É oportuno esclarecer que a rocha estudada ocorre mais explicitamente no Sítio Trincheira, município de Pombal, Estado da Paraíba.

1.1. JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela busca da relação entre a estética (cor, brilho e textura) e características do tipo pétreo que desdobrem possíveis mudanças correlacionáveis com a perda de resistência e outras propriedades físicas.

Serão enfocadas alterações resultantes da susceptibilidade a ataques químicos associados aos índices físicos e de desgaste, direcionadas à aplicabilidade do material como rocha ornamental e de revestimentos, as quais possam mostrar mudanças de aparência e de comprometimento das características tecnológicas do material.

Desse modo, será possível estabelecer uma melhor indicação de uso, bem como, um comparativo estético e de aplicabilidade entre o diorito-gabróide, ocorrente em Pombal - na região semi-árida do Estado da Paraíba - e outro material de cunho semelhante, o Preto São Marcos, estudado por Santos (2012), ocorrente no município de Casserengue, nas vizinhanças do Brejo Paraibano.

Através da determinação das características mineralógicas, petrográficas, texturais e químicas, com o natural enfoque direcionado às

propriedades técnicas necessárias para caracterização de rochas ornamentais, buscou-se a determinação das características tecnológicas (índices físicos e resistências) e dos ensaios de susceptibilidade ao ataque químico desta rocha, focando sua qualificação como material ornamental e de revestimento.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é a determinação de parâmetros de fatores estéticos que indicarão a aplicação otimizada da rocha em estudo como material que poderá ser empregado na construção civil.

Assim, relacionam-se:

- i. caracterização dos índices físicos, de perda de brilho (lustro) do material pétreo, no estágio de chapa polida, à luz de alteração com ataques químicos, associado aos ensaios de desgaste por atrito e índices físicos;
- ii. identificação dos produtos minerais de alteração através de suas cores com o uso do dispositivo colorimétrico do equipamento espectrofotômetro *Color-Guide* da BYK;
- iii. determinação das características mineralógicas, texturais e estruturais da rocha em estudo;
- iv. correlação entre os parâmetros estéticos e os índices físicos da rocha.

2. ROCHAS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na sua terminologia de rochas e solos, NBR 6502 (1995), define rocha como “material sólido, consolidado e constituído por um ou mais minerais, com características físicas e mecânicas específicas para cada tipo”.

Oportuno registrar que as normas da ABNT encontram-se em processo de revisão para rochas ornamentais – estando disponível para consulta pública a revisão de terminologia.

2.1. TIPOS DE ROCHA

A rocha é parte essencial da camada mais externa da terra, denominada litosfera, que se encontra em constante transformação, causada pelas ações da erosão, intemperismo e nas condições de alta pressão e temperatura existente em seu interior.

Essas transformações resultam em um ciclo de origem das rochas (gênese), que determina sua formação e características. Assim, é possível classificar as rochas em três grandes grupos:

- Rochas Ígneas ou Magmáticas: Frascá e Sartori (1998) elucidam: “As rochas ígneas, ou magmáticas, resultam da solidificação de material rochoso, parcial a totalmente fundido, denominado magma, gerado no interior da crosta terrestre”. São provenientes diretamente da cristalização do magma fundido em profundidade (intrusivas ou plutônicas) ou através do resfriamento rápido do magma por meio das atividades vulcânicas (extrusivas). São exemplos de rochas ígneas os granitos, sienitos, monzonitos, dioritos, gabros, os seus correspondentes vulcânicos riolitos, traquitos, andesitos e basaltos.
- Rochas Sedimentares: são formadas pela desagregação de outras rochas, gerando fragmentos ou clastos, os quais, ao sofrerem compactação e cimentação, transformam-se em rocha novamente.

- Rochas Metamórficas: originam-se da transformação de outras rochas (ígneas e sedimentares) sob altas condições de temperatura e de pressão.

2.2. ROCHA ORNAMENTAL

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

Rocha de revestimento, por sua vez, é qualificada pelo órgão (ABNT, op. cit.) como material rochoso passível de desdobramentos e beneficiamentos diversos com emprego em acabamentos de superfícies de paredes e pisos em construções civis, inclusive destacando a sua rugosidade, como acontece com o exemplo do apicoamento.

Costa *et al.* (2002) conceitua rocha ornamental e de revestimento como tipos litológicos extraídos em blocos, podendo ser ou não desdobráveis em chapas, cortados ou modelados em formas diversas e beneficiados através de levigação, esquadrejamento, polimento e lustro.

Oportuno chamar a atenção para o fato de que o levigamento constitui uma etapa com múltipla utilização de rebolos com cerca de vinte diferentes gramaturas de abrasivos.

Fica patente que qualquer material pétreo natural, susceptível de extração como bloco e com possibilidades de desdobramentos em chapas, com ou sem beneficiamento, pode ser considerado potencialmente uma rocha ornamental.

Sua importância consiste no uso para a indústria de artes e construção civil, utilizada em escala industrial como placas de revestimentos de parede e pisos para áreas interna e externa, especificadas também para uso em bancadas, em cozinhas e banheiros, mobiliário, assim como artes funerárias.

A ampla aplicabilidade das rochas ornamentais está ligada, com maior frequência, à sua característica mineral, textural e/ou estrutural. Contudo, a relação técnica necessária que envolve o material pétreo e a sua aplicação não ocorre com o rigor que se implica um projeto de qualidade, principalmente por serem poucos os estudos de características e aplicabilidade das rochas ornamentais disponibilizados.

Almeida (2012) destaca que os arquitetos tendem a optar pelo fator estético (legítimo no âmbito da criação), mas que na prática não se sustenta isoladamente ao longo do tempo da obra, pelo contrário, exemplos e experiências demonstram precoce deterioração e comprometimento do projeto por falta de conhecimento das características tecnológicas das rochas e sua técnica apropriada na aplicação, desta forma implicando prejuízos muitas vezes irreversíveis.

Portanto, atualmente prevalece o exercício empírico por parte dos arquitetos que fazem suas escolhas e não especificações técnicas, priorizando-se os aspectos particulares de gosto e em segundo plano as características minerais e tecnológicas de brilho, dureza e densidade mineral.

Há aplicações de rochas ornamentais na forma bruta (*“in natura”*), como pedra de cantaria ou aparelhadas, isto é, serradas, levigadas ou polidas. No uso *“in natura”* embora possível de ser observado, o brilho natural dos minerais cede lugar de importância à densidade e à dureza dos minerais, principalmente para o uso específico em superfícies que demandam de aspereza ou rugosidade como em pisos de segurança, como por exemplo, rampas e escadarias.

No uso do material pétreo aparelhado ou beneficiado, seja serrado, levigado ou polido, este último ressalta sua beleza natural intensificando a importância do brilho conjunto dos minerais essenciais e acessórios.

Oportuno chamar a atenção que o polimento consiste em aumentar a planaridade da superfície para melhorar a refletividade da luz, cuja otimização do processo é aferida pelo que se chama de “fechamento” ou intensidade homogeneizada do brilho. Em suma, o levigamento e o polimento envolvem:

- i. desgaste e pulverização superficial da placa graças à abrasividade de lixas ou dos “rebolos” localizados nos cabeçotes das politrizes;
- ii. remoção desse pó aos locais com baixo relevo para criar a planaridade supracitada.

Dorigo (2012) diz que o processo de polimento de uma rocha ornamental se dá a partir de rebolos (equivalentes de lixas) que realizam movimentos circulares sobre a superfície da chapa. 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.

2.3 TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Mattos (2002) diz que os principais tipos de rochas utilizados como ornamentais são mármore (rochas metamórficas carbonáticas) e granitos (rocha plutônica). Esta classificação que predomina no mercado, é bastante genérica, e nem sempre corresponde à classificação correta da rocha, pois a expressão “granitos” inclui todas as rochas silicáticas, plutônicas ou vulcânicas.

Atualmente no Brasil, estão sendo explorados outros tipos pétreos, tais como: metaconglomerados, quartzitos, ardósias e filitos (rochas metamórficas de origem sedimentar clástica) e arenitos (rochas sedimentares clásticas).

2.3.1 GRANITOS

Para o setor de rochas ornamentais o termo "granito" designa um amplo conjunto de rochas silicáticas, compostas predominantemente por quartzo e feldspato. Abrangem rochas homogêneas (granitos, sienitos, monzonitos, dioritos, charnoquitos, diabásios, basaltos, gabros, etc.) e as

chamadas "movimentadas" (gnaisses e migmatitos), que são produzidas em blocos e utilizadas, principalmente, em placas e/ou ladrilhos polidos (CHIODI, 2009).

2.3.2 MÁRMORES

Mármore (*"lato sensu"*) são as rochas carbonáticas, incluindo calcários, dolomitos e seus correspondentes metamórficos que, similarmente, são produzidas em blocos e utilizadas, principalmente, em placas e/ou ladrilhos polidos. São rochas de origem sedimentar, evaporíticas, com pouco ou às vezes, sem teor de quartzo, o que as torna mais "macias" em relação aos granitos e conseqüentemente, mais susceptíveis ao desgaste, pois a dureza (resistência ao risco) é sensivelmente menor nos mármore do que nos granitos (MATTOS, 2002).

Todavia, sua maior densidade lhe confere maior resistência ao impacto.

2.3.3. METACONGLOMERADOS E QUARTZITOS

São rochas originadas a partir de sedimentos clásticos, compostas de seixos e de grãos de areia. Tais constituintes principais, referidos como seixos e matriz podem ser compostos por variados tipos de rochas e fragmentos ou monominerálicos (MATTOS, op. cit.).

Os quartzitos são rochas metamórficas originadas de arenitos (sedimentos clásticos endurecidos pela cimentação natural), têm uma estrutura mais coesa e são bastante utilizados em revestimento (MATTOS, op. cit.).

Possuem abrasividade, mas deixam a desejar quanto à resistência ao impacto, graças à presença dominante do quartzo.

2.3.4. PEDRAS NATURAIS

Esta denominação é usada pelo mercado para as rochas geralmente utilizadas em placas e ou lajotas não polidas, como: ardósias, arenitos, calcários, gnaisses e quartzitos foliados, utilizados *in natura*.

2.4. TIPOS DE EXPLORAÇÃO

De acordo com Melo, E.B. de *et al.* (2002), a exploração de rochas ornamentais ocorre inicialmente na forma de matacões e sucedaneamente alcançando os maciços expostos, isto é, resultam em lavra ou exploração pelo método a céu aberto, e em menor ocorrência podem-se identificar explorações subterrâneas, por exemplo.

No caso dos matacões, por ser mais fácil de lavrar e com menor custo operacional, é, via de regra, a forma de ocorrência inicialmente escolhida pelos empreendedores. Entretanto, devido à maior susceptibilidade à ação intempérica, há uma grande dificuldade de reprodutibilidade da qualidade do material, além das possíveis inadequações da forma esculpida pela erosão com a forma que ofereça melhor potencialidade na extração e exposição da melhor textura após a serragem das chapas comerciais.

Nos maciços rochosos que não estão em destaque topográfico, o confinamento produz fraturas de alívio, por ocasião da abertura da face livre, que se constituem como fator de encarecimento ou até inviabilidade para a exploração.

Considerando que é fundamental o conhecimento da qualidade da rocha faz-se oportuno um breve nivelamento em mineralogia, petrografia e geologia estrutural aplicada, a exemplo do que Melo *et. al.* (op.cit:) sumariza como critérios pertinentes à pedreira e que se fazem necessários à etapa inicial da exploração de rochas ornamentais:

- Estudo básico da constituição mineralógico-textural, evitando-se grandes freqüências ou participações modais (porcentagem no volume total) de minerais deletérios;
- Estudo da geometria estrutural para definição do “bloco de partição” e melhor escolha das superfícies alongante, trincante e levantante;
- Estudo das deformações, inclusive a investigação de pequenos corpos de enclaves (“mulas”) e/ou fenocristais, os mais usuais marcadores de deformação (“*strain*”);
- Estudo das mais emergentes propriedades dos minerais essenciais e sua influência nas resistências, parâmetros físicos e alterabilidade das rochas;
- Integração dos estudos de natureza petrográfica, textural, mineralógica e granulométrica, associados aos ensaios para busca dos parâmetros geomecânicos tais como resistências à compressão, à tração por flexão, ao impacto e à abrasão bem como os índices físicos (absorção de umidade, massa específica aparente seca e saturada, porosidade, permeabilidade), brilho, “fechamento” do polimento, alterabilidade, etc.

O estudo comparativo com outros materiais análogos pode ser um diferencial no futuro planejamento de marketing comercial.

2.5. TIPOS DE EXPLOTAÇÃO OU LAVRA

Oportuno o entendimento de que a exploração ou lavra é a etapa da exploração mineral subsequente à obtenção dos dados destacados no item anterior.

Os métodos de lavra consistem num conjunto específico dos trabalhos de planejamento, dimensionamento e execução de tarefas, devendo existir uma harmonia entre essas tarefas e os equipamentos dimensionados.

Este planejamento inclui a individualização dos blocos com dimensões adequadas à etapa seguinte da cadeia produtiva, representada pelo desdobramento dos blocos em chapas.

2.5.1 – Tipologias de lavra

Conforme a disposição espacial do material rochoso em relação à superfície, relevo da região e cobertura de material estéril, sua extração terá um tipo de lavra apropriado. Nesse tópico são apresentadas as tipologias de lavra a céu aberto e subterrânea de rochas ornamentais:

- i. Pedreira de matacões;
- ii. Pedreira em encosta (flanco);
- iii. Pedreira em fossa ou *open pit*;
- iiii. Pedreira em poço e lavra subterrânea.

2.5.2 – Metodologias de lavra

Vários fatores são fundamentais para a escolha do método de lavra, onde se destacam a morfologia do afloramento, as características estruturais e fraturamento da reserva mineral, geografia da área e principalmente os aspectos econômicos relacionados à lavra da pedreira.

Cada etapa por sua vez é subdividida em ciclos de trabalhos para maximizar a recuperação da jazida mineral.

Segundo Souza (2005), os métodos de lavra a céu aberto correspondem às metodologias de lavra de matacões, lavra por bancadas e lavra por desabamento. Na tipologia de lavra subterrânea ocorrem os métodos por câmaras e pilares.

a) Lavra a céu aberto:

- i. Lavra de matacões;
- ii. Lavra por bancadas altas/baixas;
- iii. Lavra por desabamento;
- iiii. Lavra seletiva;
- iiiii. Lavra por painéis verticais.

b) Lavra subterrânea

Quando se criam salões em sub-superfície sustentados por pilares, o método passa ser chamado de lavra subterrânea. A lavra subterrânea tem um alto custo operacional e por isso é apenas aplicável para materiais de alto valor comercial. Na região de Carrara, Itália, as jazidas de mármore são amplamente lavradas por métodos subterrâneos em função da infra-estrutura, domínio da tecnologia de exploração e altos valores comerciais do material explotado (SANTANA, 2008).

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O projeto envolveu o estudo de rocha diorito-gabróide, integrante da Suíte Máfica, ocorrente no município de Pombal, no Estado da Paraíba, compreendendo partes do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado da Paraíba (Fig.08, p.49).

A área em estudo situa-se na Região Semi-árida da Paraíba, mais precisamente no Sítio Trincheira, município de Pombal. No geral as vias de acesso são consideradas boas, acessíveis ao tráfego de veículos pesados durante o ano todo.

O acesso é feito a partir de João Pessoa através da rodovia federal BR-230, leste-oeste, até Pombal em percurso de 400 km, passando por Campina Grande, Juazeirinho, Santa Luzia, Patos, Malta e Condado. A partir de Pombal segue-se através da rodovia estadual PB-325, para norte, em trecho

de 15 Km até a localidade de Trincheira, esta ocorrência se situa à margem oeste da rodovia estadual PB-325, que dá acesso ao Sítio Trincheira (Fig.01).

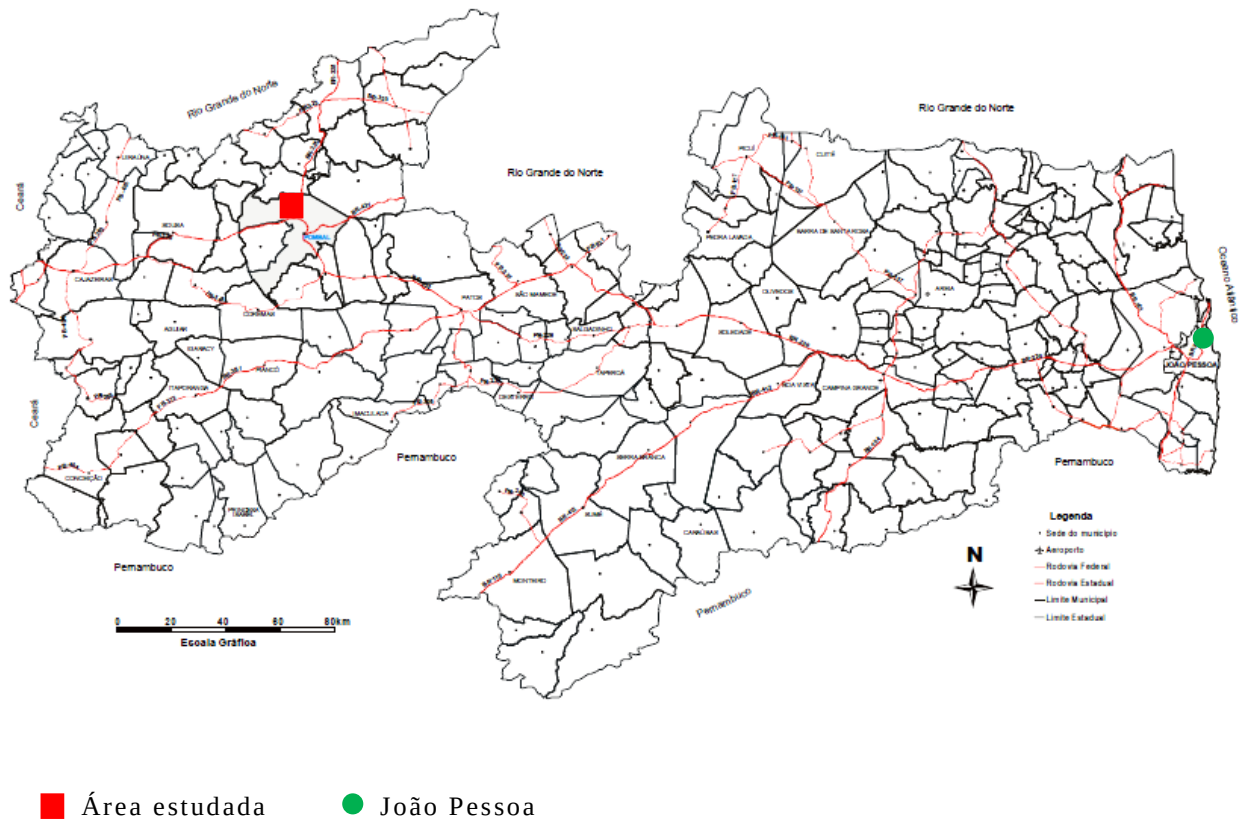


Figura 01 - Mapa de acesso rodoviário. Fonte: CPRM, 2005, p.3, modificado pelo autor, 2013.

4. PANORAMA MUNDIAL DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

As rochas gabróides de coloração cinza escura apresentam características estéticas com ampla aceitação pelo mercado consumidor brasileiro, bem como para o mercado mundial, segundo pesquisas realizadas nos anos de 2010 e 2012.

Chiodi (2012) relaciona alguns fatos de destaque no setor de rochas ornamentais e diz que o crescimento da China no mercado internacional favoreceu sensivelmente a produção mundial em contraponto com o esfriamento decorrente do estouro da bolha imobiliária no mercado dos EUA em 2008 e que por indução atingiu os países da zona do euro. Destaca a

evolução dos projetos de promoção das exportações contemplados nos convênios APEX (Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos) - ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais), que através de mecanismos de promoção como estes aumentou significativamente a participação brasileira no mercado dos EUA, com chapas polidas de granito e rochas similares.

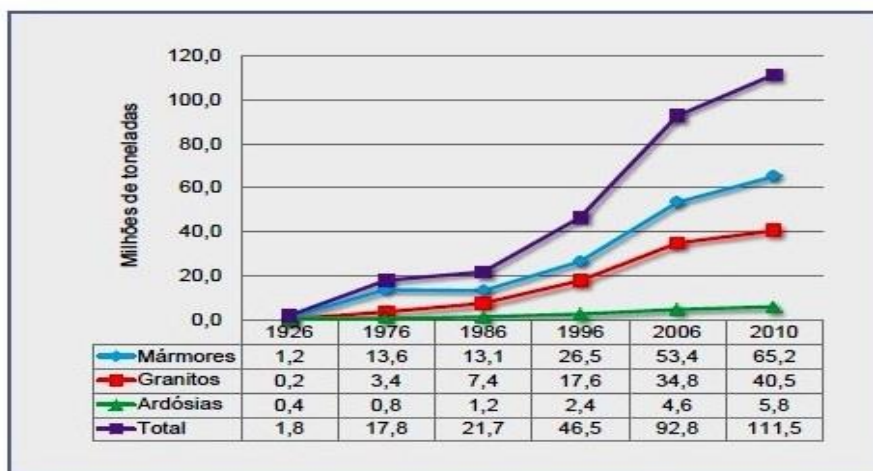
Oportuno compreender as relações e perspectivas de conciliação entre mercados interno e externo para cada tipo de rocha, aspecto que traz à tona a peculiaridade de rochas do tipo desta ora enfocada.

Pode-se perceber uma retomada de crescimento do Brasil, mesmo que discreta, no que diz respeito à atividade de mineração em países em desenvolvimento, destacando-se o ano de 2007 (Gráf.02, p.28). Todavia, tal situação aponta à natural potencialidade ao esperado fortalecimento da cadeia produtiva local.

4.1. PRODUÇÃO MUNDIAL DAS ROCHAS ORNAMENTAIS – PERFIL HISTÓRICO

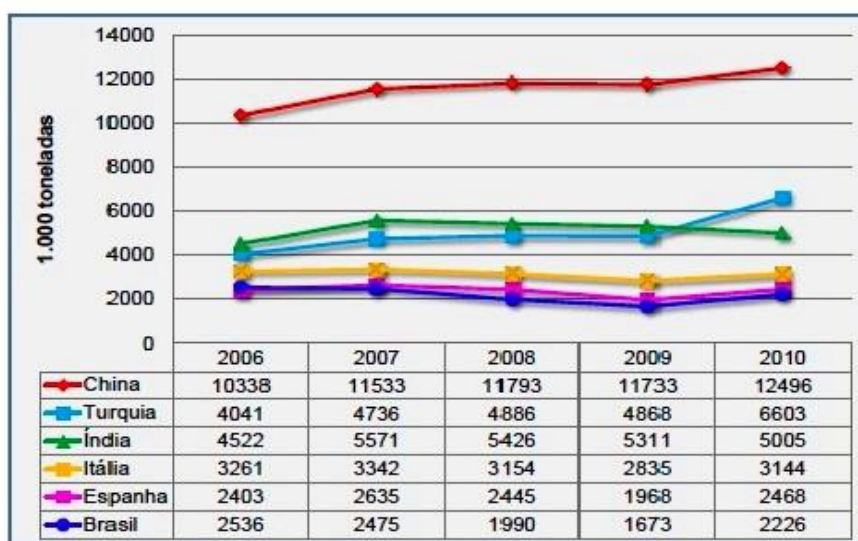
Os principais produtos de produção da indústria de rochas ornamentais no mundo são os mármore e granitos, como são comercialmente conhecidos. O gráfico (01) destaca a evolução da produção mundial a partir do ano de 1926 até 2010.

Oportuno esclarecer que a produção mundial de mármore é superior à de granito (Gráf.01, p.28), o que não ocorre com relação a produção no Brasil (Gráf.03, p.29), esta, aponta o granito como tipo de rocha de maior produção para a indústria brasileira e o mármore em segunda colocação.

Gráfico 01 – Perfil histórico.

Fonte: MONTANI, Carlo (2011).

Com relação ao volume de produção exportada, o Brasil ocupa uma posição modesta em relação a outros países como, China, Turquia e Índia (Gráf.02). No entanto, as exportações brasileiras estão bem próximas aos valores das exportações dos países europeus como Espanha e Itália (Gráf.02).

Gráfico 02 – Principais países exportadores; Evolução do volume físico de exportações e participação percentual no total mundial.

Fonte: MONTANI, Carlo (2011).

Gráfico 03 – Produção brasileira x tipo de rocha.

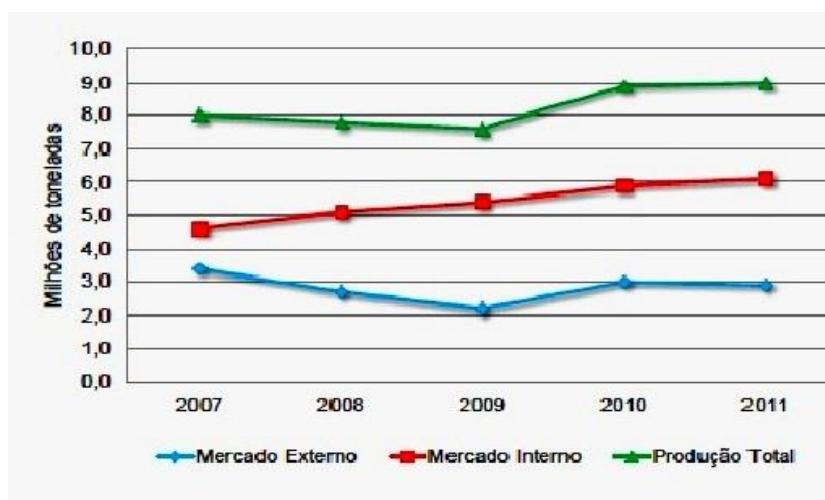
Tipo de Rocha	Produção (Milhão t)	Participação
Granito e similares	4,5	50,0%
Mármore e Travertino	1,6	17,8%
Ardósia	0,8	8,7%
Quartzito Foliado	0,8	8,7%
Quartzito Maciço	0,5	5,6%
Pedra Miracema	0,2	2,2%
Outros (Basalto, Pedra Carini, Pedra-Sabão, Pedra Morisca, etc.)	1,0	11,0%
Total estimado	9,0	100%



Fonte: CHIODI Filho, Cid. (2012), p.14.

4.2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ROCHAS VOLTADA PARA OS MERCADOS INTERNO E EXTERNO - 2007-2011

Interessante a observação quanto ao crescimento do mercado interno (Gráf.04), fator promissor à cadeia produtiva, afora a oportunidade que se apresenta à melhor divulgação de informações para permitir conhecimento mais extensivo sobre o tema.

Gráfico 04 – Evolução da produção brasileira/mercado.

Fonte: CHIODI Filho, Cid. Santos/São Paulo, 2012, p.19-20.

5. ESTÉTICA

Segundo Trombetta (1998), a estética investiga os problemas que se levantam na contemplação dos objetos estéticos que são todos aqueles, naturais e ou artefatos, que se convertem em vetores da experiência de observação contemplativa e pelos quais se emitem juízos de gosto ou juízos estéticos.

Para Kant (1993), experiência estética é “o que agrada (dá prazer) universalmente, sem conceito”. Ora, esta validade universal reside na comunicabilidade ou possibilidade que aquele prazer tem de ser participado por todos os seres humanos. Por outras palavras: na beleza de uma obra de arquitetura esteticamente bem elaborada, há comunicabilidade universal do sentimento de prazer que ela proporciona; de maneira geral, a obra bela nos dá logo a impressão de ser aquilo que deve ser.

No entanto, o conceito de beleza é relativo ao gosto e ao referencial estético de cada um, levando-se em consideração fatores individuais como a formação, o meio e a cultura em que cada indivíduo está inserido, a educação visual assimilada e o caráter próprio.

5.1. ESTÉTICA, QUALIDADE ARTÍSTICA E A ARQUITETURA

Conforme Waisman (1972), a qualidade artística da arquitetura depende do grau em que a reflexão estética manifesta-se na concepção e materialização da obra. Costa (2002) fala de intenção plástica como referência estética na arquitetura, e diz: "Arquitetura é antes de qualquer coisa construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente e não deve se confundir com arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto, desde a germinação do projeto, até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para

cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica esteticamente apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada. A intenção plástica que semelhante escolha subentende é precisamente o que distingue a arquitetura da simples construção".

No projeto arquitetônico, os elementos funcionais e estéticos, o tratamento paisagístico, o uso das cores e, naturalmente, os aspectos associados ao conforto ambiental, como luminosidade e ventilação são fatores determinantes para a qualidade do ambiente construído e para a garantia do bem-estar proposto.

Portanto, o equilíbrio entre os aspectos de estética, conforto ambiental e a adequação do desenho projetual é o elo fundamental entre as expectativas do usuário e a efetividade das ações desenvolvidas no ambiente construído de maneira harmônica, com conforto e segurança.

5.2. ESTÉTICA E O BRILHO NAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Rochas ornamentais são elementos naturais, artefatos de valor mercadológico, cuja preferência de uso vem da sua estética (possibilidade de sua observação contemplativa), dentro da qual a intensidade e homogeneidade do brilho possuem grande importância.

É importante destacar que o brilho nas rochas ornamentais tem grande influência para aplicabilidade arquitetônica e para seu uso específico, seja em ambientes internos ou em ambientes externos. É tarefa relacionada ao profissional especificador interrelacionar os dados qualificadores desse (brilho) com propriedades correspondentes do material, como a porosidade e absorção de umidade, todos dependentes da composição mineral e da textura.

Deve-se destacar que a rocha de melhor brilho nem sempre se adéqua ao uso sugerido. Oportuno mencionar que, para a maioria dos arquitetos, a ausência de conhecimentos técnicos específicos da rocha e sua relação com a aplicabilidade no ambiente proposto têm comprometido a qualidade e durabilidade da obra.

Para este trabalho serão levadas em consideração as análises macroscópicas e microscópicas do material em amostras polidas e também do maciço e matacões identificados no local da ocorrência, considerando suas características texturais e estruturais entre sua estética natural.

5.3. ALGUMAS PROPRIEDADES DOS MINERAIS E A ESTÉTICA

Cada tipo de mineral é caracterizado por suas propriedades físicas, químicas e conseqüentemente morfológicas. Cor, brilho, clivagem, fraturas, hábito e a dureza são algumas das propriedades mais observadas.

COR - a cor de uma substância mineral está diretamente relacionada com a absorção da luz e o espectro por ela refletido, ou transmitido. Divide-se em:

a) Idiocromáticos: apresentam cor própria, constante, inerente à composição química;

b) Alócromáticos: quando são incolores (acróicos) e assumem diversas cores em função da presença de impurezas, variações na composição química ou imperfeições no retículo cristalino.

BRILHO - Para Betejtin (1977), o brilho é o resultado da relação entre os fenômenos de refração e reflexão da luz nas faces dos cristais, nos planos de clivagem ou nas fraturas. Quanto maior for a intensidade da luz incidente no mineral mais evidente será a observação do seu brilho, considerada a reflexão, daí as superfícies polidas apresentarem maior possibilidade de brilho.

Segundo Betejtin (op. cit.), pode-se estabelecer através de uma escala a intensidade do brilho dos minerais, como a seguir:

- a.** brilho vítreo – presentes nos minerais com índices de refletância $N=1,3 - 1,9$;
- b.** brilho adamantino – próprio dos minerais com $N=1,9 - 2,6$;
- c.** brilho semi-metálico – presentes nos minerais translúcidos e semitranslúcidos, com $N=2,6 - 3,0$;
- d.** brilho metálico – próprio dos metais com índices superiores a 3.

Portanto, se o material for opaco apresentará brilho metálico como nos sulfetos (pirita e galena, por exemplo) ou nos óxidos, dos quais os mais comuns são os de ferro, pelo seu mais elevado potencial de oxidação. Quando for transparentes, resultará em brilho não metálico, com uma variedade de tipos, como: adamantino, leitoso, sedoso, resinoso, oleoso e vítreo (SANTOS, 2012).

Os silicatos possuem extensivamente brilho não-metálico, donde se conclui que refletâncias maiores sobre suas superfícies podem indicar alterações, sobretudo se aquelas refletâncias estiverem associadas com espectros colorimétricos específicos e similares àqueles das cores dos produtos de alteração que, no caso dos silicatos ferromagnesianos, são vermelha, marrom e amarela, indicadores de oxidação e hidratação.

FRATURA E CLIVAGEM - a fratura é a superfície de quebra dos minerais, podendo ser plana ou conchóide (ou concoidal). Quando a quebra se dá preferencialmente segundo superfícies planas e que se repetem paralelamente, dizemos que o mineral apresenta clivagem. Portanto estas propriedades repercutem na forma e nas resistências ao impacto.

COR DO TRAÇO - É a cor do pó mineral. Esta propriedade é especialmente importante em minerais com presença de metais em sua composição, visto que em inúmeros casos a cor do pó é bem distinta da cor

exibida pela superfície do mineral. Portanto a cor do traço pode denunciar alteração no material pétreo.

DUREZA - é a resistência que a superfície lisa do mineral oferece ao risco, portanto é a abrasividade. Em determinações rápidas para se conhecer a natureza relativa de um exemplar utiliza-se uma escala formada por minerais comuns, conhecida por “Escala de *Mohs*”, que consta de dez minerais em que cada um pode riscar todos os anteriores (Fig.02). Esta escala é apenas relativa, sem quantificação.

Figura 02 - Escala de *Mohs*.

Dureza	Minerais	Dureza	Minerais
1	Talco	6	Feldspato
2	Gipso	7	Quartzo
3	Calcita	8	Topázio
4	Fluorita	9	Coríndon
5	Apatita	10	Diamante

HÁBITO - É a forma mais freqüente com que se apresentam os indivíduos de uma mesma espécie mineral. Ajuda na identificação, mas principalmente interfere na estética através do fator brilho e do fator forma muito contributiva pela identificação de formas exóticas atraentes.

Dentre todas as propriedades minerais relacionadas, destacam-se para este trabalho as propriedades de brilho e cor dos minerais do material pétreo em estudo.

5.4. FATORES DE POLIMENTO E ESTÉTICA

A chapa polida é a preferencial nas indicações mais usuais.

Todavia quanto maior a quantidade de minerais de alta dureza, por exemplo, mais difícil será seu polimento, conseqüentemente menos intenso será o brilho.

Conforme já visto, o brilho nas rochas está diretamente relacionado com a sua cor, textura/estrutura e composição mineral. Também exerce influência, o maior dimensionamento de grãos de minerais com clivagem, pois menor será o microfissuramento e porosidade, o que resulta em melhor brilho.

Sabe-se que o brilho de uma superfície pode ser definido pela razão entre a intensidade da luz incidente pela intensidade da luz refletida (DORIGO, 2012). Como importante característica estética, a qualidade do brilho de materiais polidos tem grande influência no mercado de rochas ornamentais.

O brilho, por ser facilmente perceptível, é de fundamental importância na estética da rocha (BETEJTIN, 1977). Embora, do ponto de vista comercial, a preferência estético-decorativa resulte na especificação dominante de material que apresente o melhor brilho, deve-se destacar que este material deve ser usado em ambientes com menor iluminação.

Outrossim, em ambientes externos, com grande iluminação, onde se requer que a rocha tenha baixa alterabilidade, o brilho é o parâmetro indicador da qualidade do polimento.

É importante a observação do arquiteto ou profissional especificador para os dados apontados resultantes dos ensaios caracterizadores da rocha indicada ao projeto. Oportuno chamar a atenção dos arquitetos para a possibilidade de serem feitos ensaios tecnológicos do material antes da sua indicação ao uso. Também é possível encontrar rochas ornamentais já caracterizadas pelos centros de tecnologias, como o CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, por exemplo.

6. ÍNDICE DE BRILHO NAS ROCHAS

Souza (2002) diz que o índice de brilho em rochas ornamentais é utilizado para avaliar a sua melhor utilização em ambientes interiores ou exteriores. Resalve-se que esta observação é referente a aplicação de materiais polidos. O índice de brilho e os índices físicos dependem da mineralogia e da textura (e estrutura) das rochas e sua aferição quantitativa auxilia na caracterização quanto à melhor utilização com finalidade ornamental.

A aplicabilidade e funcionalidade do índice de brilho, índice de cor e sua comparação com os índices físicos de amostras com aceitação mercadológica da coloração preta é conteúdo essencial deste trabalho.

A medição do brilho é feita com o uso de equipamento portátil, denominado espectrofotômetro *Color-Guide* da BYK, de operação prática, sendo fundamentado em princípios de refletividade da superfície analisada e de parâmetros colorimétricos.

7. POLIMENTO E LUSTRO NAS ROCHAS ORNAMENTAIS

O processo de polimento de placas de rochas ornamentais caracteriza-se por uma série de operações que reduzem a rugosidade da superfície trabalhada a fim de transformá-la em uma placa com determinada intensidade de brilho.

Para rochas que tem alta absorção de umidade e porosidade e de preferência comercial as etapas de serragem e polimento são antecedidas por resinação.

A intensidade do brilho ou lustro que uma superfície apresenta é função das propriedades refletivas do material, sendo também inversamente proporcional à rugosidade da superfície. Logo, o brilho de uma rocha ornamental é alcançado mediante a máxima eliminação destas rugosidades. Portanto, a medida que se vai procedendo a levigação e sucedaneamente com

o polimento, alcança-se o estágio em que a granulometria do pó oriundo do desbaste é sucessivamente mais fina, mais susceptível e adequada para preencher os poros, cada vez menores, resultando na planaridade.

A redução da rugosidade se associa ao “fechamento dos poros” entre os diferentes minerais que formam a textura da rocha. Isto se dá pela ação de rebolos abrasivos que, conduzidos em movimentos de atrito sobre o material, efetua o trabalho de desbastamento até atingir o grau de polimento desejado, à medida que a granulometria do abrasivo diminui, conforme KASCHNER, 1996.

Portanto, durante o polimento, fatores como a composição mineral, o teor e as dimensões dos grãos de quartzo, a textura da rocha e sua cor, controlam a manutenção ou a perda do lustro, conforme ARTUR, *et al.*, 2002.

Do exposto em rochas silicáticas a presença do quartzo, com dureza mais alta e ausência clivagem, resulta em menor resistência ao impacto, portanto, gerando microfissuramento na rocha acentuado durante o polimento.

7.1. QUALIDADE DO POLIMENTO DE CHAPAS SERRADAS

Foi explicitado que a operação de polimento é desenvolvida por meio de elementos abrasivos que, conduzidos em movimentos de fricção sobre as placas, trabalham desbastando-o até atingir o grau de polimento desejado.

A qualidade final do polimento de uma placa de rocha ornamental é determinada apenas por métodos empíricos. Como regra geral, tal parâmetro é inferido pela granulometria dos abrasivos utilizados durante as etapas de polimento (SILVEIRA, 2007).

Os equipamentos utilizados nessa operação são politrizes e rebolos abrasivos, fixados em cabeçotes rotativos que, por sua vez, são aplicados sob pressão e em movimentos circulares sobre a superfície das placas. Como as chapas provenientes do desdobramento de blocos apresentam uma rugosidade elevada, o polimento deve ser realizado pela diminuição gradual dessa rugosidade. Para tal, utilizam-se rebolos de grãos abrasivos de granulometrias

diferentes, em seqüência decrescente. Para refrigeração do processo e escoamento dos resíduos, utiliza-se um fluxo constante de água (MACHADO e CARVALHO, 1992).

7.2. EQUIPAMENTOS DE POLIMENTO

O maquinário de polimento consiste em um equipamento dotado de várias cabeças polidoras (Fig.03), compostas de materiais abrasivos que, em contato com as peças em alta rotação, com velocidade controlada e em presença de água, executam o polimento, sendo que à medida que a peça passa pela máquina, os abrasivos usados apresentam gradativamente uma granulometria mais fina, até atingir o resultado desejado (BITTENCURT e BENINCÁ, 2002).

A velocidade de rotação dos satélites é constante em todas as politrizes. No entanto, diferentes tipos de rocha, com durezas, texturas e estruturas distintas podem requerer procedimentos operacionais que considerem as especificidades de cada material.



Figura 03 – 1) Politriz de mesa; 2) Politriz multicabeças. Disponível em: <http://www.guiarochas.com.br/ver-empresa/1712/sindirochas>. Acesso: 03.2013.

7.3. TIPOS DE ABRASIVO

O termo abrasivo pode ser definido como sendo uma partícula ou grão com dureza capaz de executar um rápido e eficiente desgaste de uma superfície sólida (STACHOWAIAK e BATCHELOR, 1993).

No setor de rochas ornamentais os abrasivos para o polimento (Fig.04) são divididos em dois grupos:

Abrasivos Magnesianos – Utilizam como ligante o Óxido de Magnésio (MgO) e como elemento abrasivo o Carbetto de Silício (SiC).

Abrasivos Diamantados – Fabricados em liga de ferro e cobalto ou em resina epoxídica. Estes abrasivos são os que representam a maior revolução tecnológica dos últimos anos no que é referente ao polimento de rochas para fins ornamentais e revestimento. As principais vantagens no uso destes abrasivos consistem no aumento de produtividade e melhoria do acabamento final, além de melhorar a qualidade da água reciclada. Outrossim, diminui o consumo de energia elétrica, reduz sensivelmente o esforço e tensão humana na execução do trabalho, reduz o tempo morto, dentre outras. Este tipo de abrasivo tem se mostrado muito eficiente na remoção de falhas na etapa de serragem das chapas.



Figura 4 – Rebolos abrasivos para polimento. Disponível em: <http://www.reiabrasivos.com.br/rebolos-linha-industrial.htm>. Acesso: 03.2013.

7.4. DESGASTE ABRASIVO

Para Silveira (2007), é pelo polimento, pelo desgaste da superfície das placas da rocha que se atinge o brilho, a beleza e a durabilidade destes materiais, sendo de suma importância a compreensão dos processos de atrito e desgaste envolvidos no processo de polimento. Oportuno estabelecer nesta etapa a definição de um modelo tribológico, que possibilite à fixação de taxas de desgaste, considerando todos os atributos intervenientes no processo.

7.5. TRIBOLOGIA

A resistência ao desgaste é considerada como parte de um sistema tribológico, sendo muitos os parâmetros que acabam por influir na taxa de desgaste, incluindo as características do projeto, condições de operação, tipo de abrasivo e propriedades do material (ZUM-GAHR, 1987).

Tribologia é definida como a ciência e tecnologia da interação entre superfícies em movimento relativo e das práticas relacionadas.

A palavra tribologia é derivada da palavra grega *tribos* significado de fricção. Tribologia envolve a investigação científica de todos os tipos de fricção, lubrificação e desgaste e também as aplicações técnicas do conhecimento tribológico (ZUM-GAHR, 1987).

De acordo com a ASTM (2001) os fatores que mais influem num determinado sistema tribológico são:

- Composição dos materiais;
- Acabamento da superfície de cada sólido;
- Natureza das condições de contorno;
- Carga aplicada;
- Velocidade relativa entre os corpos;

- Natureza do movimento entre os corpos (unidirecional, para trás e para frente, etc.);
- Natureza do contato;
- Temperatura da região interfacial;
- Características da máquina a ser utilizada.

Portanto, tipos de rochas com pouca ocorrência de quartzo e ricos em minerais portadores de clivagens, como os silicatos, apresentam-se bem resistentes ao impacto. Outrossim, a rocha de composição granulométrica fina da ordem máxima de três milímetros aponta para boa resistência à compressão. Deste modo, a composição mineral do material pétreo contribui à funcionalidade do sistema tribológico.

8. COR

As cores derivam do espectro luminoso (distribuição da energia da luz versus comprimento de onda) interagindo com o olho, e depende da sensibilidade espectral dos receptores de luz (NASSAU, 1983).

8.1. COMPREENDENDO A COR

Para Costela (2004), a cor é uma realidade sensorial e não uma propriedade intrínseca dos objetos. É o resultado da interação dos comprimentos de ondas, reagindo às condições atmosféricas, absorvidos ou refletidos em determinadas superfícies.

A reação do ser humano à cor é particular e subjetiva, consideradas as diferentes culturas e vivência em que cada indivíduo esteja inserido. Contudo, temos em comum a condição de ser humano, assim sendo,

compartilhamos reações semelhantes a determinados estímulos sensoriais concludentes da cor (COSTELA, 2004).

A cor é um fenômeno psicobiofísico definido como “a sensação recebida por meio de nossos olhos devido à observação de um objeto colorido. Envolve assim aspectos físicos, biológicos e psicológicos” (BILLMEYER, 1966).

A cor é resultado da combinação de três elementos distintos: uma fonte de luz (um iluminante), o objeto cuja cor está sendo avaliada e um observador (JUDD, 1931).

8.2. A COR NAS ROCHAS

As cores das rochas são fundamentalmente determinadas pelos seus constituintes mineralógicos.

Os “granitos” (*“lato sensu”*) são definidos por associações com quantidades variáveis de quartzo, feldspatos, micas, piroxênios e anfibólios, com diversos minerais acessórios em proporções reduzidas. O quartzo normalmente é translúcido, incolor ou fumê; os feldspatos potássicos conferem a coloração rosada, branca a creme-esbranquiçada, enquanto os plagioclásios são responsáveis pela cor branca acinzentada. A cor negra, variavelmente impregnada na matriz das rochas, é conferida por teores de mica (biotita), anfibólio e piroxênio, principalmente.

A cor amarelada nos granitos, não raro se associa com manchas de alteração de minerais ferromagnesianos, ao passo que a cor marrom a avermelhada se associa com a presença de minerais acessórios do grupo da granada, cuja composição é cálcico-ferromagnesiana.

Nos mármore, o padrão cromático é definido por minerais acessórios e ou impurezas, pois os constituintes principais são calcita e a dolomita que são normalmente brancos. Os travertinos apresentam coloração geralmente bege-amarelada, em suas cavidades e feições brechóides identificam-se frequentes impurezas argilosas e silicosas (MATTOS, 2002).

8.3. COLORIMETRIA

A partir da descoberta de que o olho humano percebe todas as cores através da composição das três cores básicas (vermelho, verde, azul), cuja detecção é efetuada pelos cones, na retina, a colorimetria foi fundamentada no princípio que todas as cores podem ser representadas a partir da composição dessas três cores básicas (GRASSMANN, 1854).

O estudo da colorimetria originou-se da experiência que Isaac Newton fez em 1676, fazendo a luz branca passar por um prisma (Fig.05), decompondo-se em todas as suas componentes coloridas. Newton acreditava que a luz era composta por partículas, ao contrário de outros cientistas da época, que acreditavam que a luz era um movimento ondulatório de natureza desconhecida (LOSANO, 1978).



Figura 05 - Espectro visível resultante da incidência da luz branca no prisma. Fonte: Pedrosa, 2010, apud. Santos, 2012, p.37.

No final do século XIX, Maxwell unificou o eletromagnetismo clássico enunciando as quatro Leis de Maxwell. Com isso comprovou-se que a luz era, na verdade, uma onda eletromagnética. Maxwell também conseguiu calcular a velocidade da luz no vácuo a partir de constantes do eletromagnetismo (LOSANO, 1978).

A radiação eletromagnética é caracterizada por seu comprimento de onda (ou frequência) e sua intensidade. Quando os comprimentos de onda

estão dentro do intervalo perceptível pelos humanos (variável aproximadamente entre 380 e 740 nm) são conhecidos como luz visível.

A cor pode ser estudada através de três aspectos básicos importantes: o primeiro o aspecto físico da cor, relacionados aos fenômenos luminosos, que ocorre independentemente 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. (SANTOS, 2012, p.35).

Os outros dois aspectos dizem respeito ao fenômeno “fisiológico e aos aspectos culturais simbólicos da percepção cromática” (SILVEIRA, 2012, apud Santos, p.35).

Assim, considerando que o fenômeno da sensação faz uso dos elementos físicos (luz) e fisiológicos (olho), estando o fenômeno da percepção agregado os dados culturais e simbólicos, que alteram significativamente a qualidade do que se vê, resulta que, todos os três aspectos devem ser pensados juntos, isso é, um está inevitavelmente ligado ao outro” (SILVEIRA, 2012, apud Santos, p.35).

8.3.1. SISTEMAS COLORIMÉTRICOS

Santos (2012) cita o artista americano Albert Henry Munseel, que em 1905 desenvolveu um influente sistema de modelagem da cor, por meio de um sólido tridimensional irregular (Fig.06, p.45), baseado nas variáveis de análise de cada cor, onde se distinguem: o matiz (diferença de uma cor para outra), o valor (grau de luminosidade contida numa cor) e o croma (indicador do grau de pureza de cada cor, saturação).

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. (SANTOS, 2012)

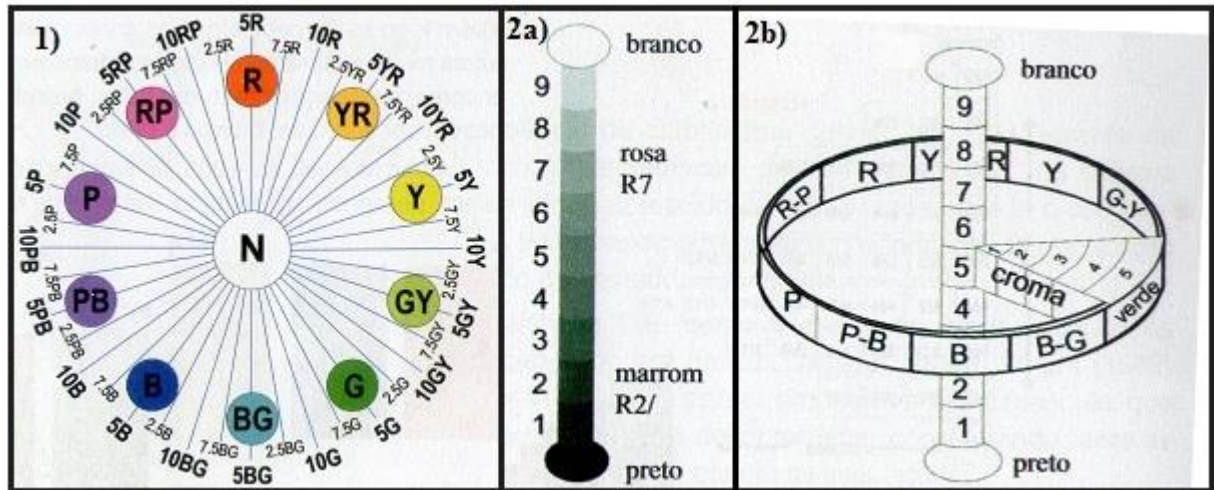


Figura 06 – Representação das variáveis existente no Sistema de Munsell: Matiz (1), Valor (2a), e Cromo (2b). Fonte: Santos, 2012, p. 47, modificado pelo autor, 2013.

Portanto, para que o sólido fosse controlado, Munsell projetou uma escala de 1 a 10 e colocou-a no centro do círculo de matizes, representando a variação de 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). (SANTOS, 2012. – p.48).

O conjunto de “todas as variáveis resultou em um sólido irregular, que é uma maneira racional de descrever a cor, e por meio de uma linguagem clara e de fácil leitura visual” (SANTOS, 2012. – p.48) (Fig.07).

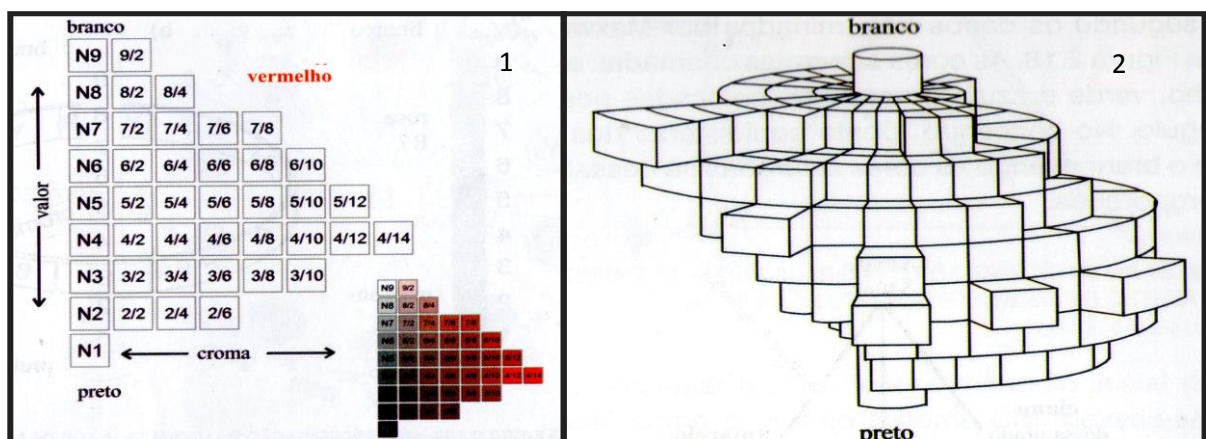


Figura 07 - Variação do matiz vermelho no sistema Munsell (1) e sólido de Munsell (2). Fonte: Santos, 2012, p. 48.

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, 2007, apud Santos, 2012, p.48).

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 (*Green*) e azul (*Blue*)) (SANTOS, 2012).

9. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS

A metodologia seguida para o desenvolvimento deste trabalho foi:

- Caracterização geológica da área de ocorrência do material em estudo, com coleta de amostras;
- Análise petrográfica das amostras coletadas *in loco*;
- Ensaios de caracterização tecnológica, especificamente incluíram ensaios quanto à alterabilidade; índices físicos, resistência a compressão uniaxial simples, desgaste abrasivo Amsler;
- Ensaios de determinação da cor e do brilho nas amostras expostas aos ataques químicos.

Para Menezes e Larizzatti (2005), a escolha da rocha mais indicada ao projeto arquitetônico ou de engenharia, deve ser precedida do conhecimento de suas propriedades intrínsecas, conjugadas ao conhecimento do meio físico ao qual ficará submetida e às solicitações inerentes ao respectivo uso, para melhor qualidade e viabilidade de emprego.

O uso inadequado dos materiais pétreos pode levar ao comprometimento da durabilidade e da estética, e, adicionalmente, implicações de ordem econômica e de segurança.

A realização de alguns ensaios estará condicionada ao tipo de solicitação de uso que se dará à rocha. Portanto, algumas dessas determinações, tais como o cálculo dos índices físicos, da resistência à compressão e a petrografia, independem de um tipo de aplicação específica da rocha, fazendo parte de procedimentos de rotina da caracterização tecnológica dos materiais pétreos.

Com exceção da análise petrográfica, todos os demais ensaios possuem valores de referência para diversos tipos de rochas, padronizados por órgãos normatizadores.

10. CARACTERIZAÇÃO

10.1. DADOS DA GEOLOGIA LOCAL

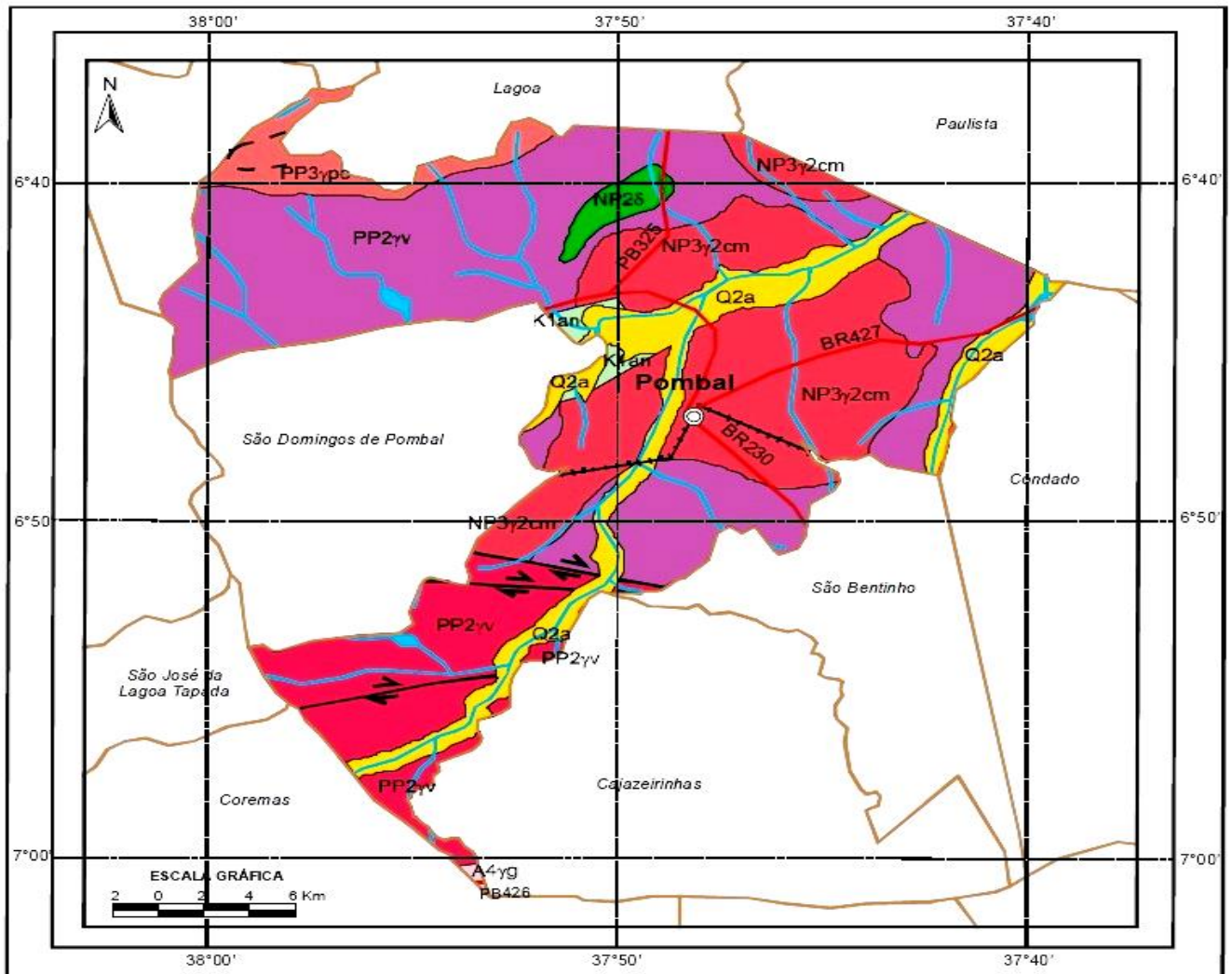
A área de ocorrência do material foco desse estudo está situada na Região do Semi-árido no Estado da Paraíba, mais precisamente no Sítio Trincheira, a cerca de 15 km do município de Pombal e cerca de 400 km da capital João Pessoa (Fig.01, p.26).

Enfocam-se sucintamente aspectos quanto à anisotropia do tipo pétreo, desde as feições de campo, motivadoras, certamente da investigação quanto à extensividade dessa propriedade às demais escalas de observação.

O material pétreo estudado integra a Suíte Máfica (Figura 08, p.50), de idade neoproterozóica, tratando-se de gabro, mais especificamente diorito-gabróide, um tipo de ocorrência petrográfica, com constituição silicática, integrante do campo magmático ou ígneo, de coloração cinza escura, melanocrático, de textura fanerítica (visível), inequigranular fina, cujos indivíduos minerais alcançam no máximo cerca de três milímetros. Compõe-se

essencialmente de piroxênio, anfibólio e mica, em associação com plagioclásios predominantemente mais cálcicos, dados que apontam para uma natureza cálcio-ferromagnésiana.

No mapa geológico não se identifica, no corpo, feição estrutural rúptil marcante, dado promissor à investigação procedida (Fig.08, p.49).



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Cenozóico

Q2a Depósitos aluvionares (a): areia, cascalho e níveis de argila

Mesozóico

K1an Formações Antenor Navarro (an): arenito fino a grosso, siltito e argilito (leque aluvial entrelaçado)

Neoproterozóico

NP3γ2cm Suíte calcálcica de médio a alto potássio Itaporanga (cm): granito e granodiorito porfírico associado a diorito (588 Ma U-Pb)

NP2s Suíte máfica: gabro, diorito e tonalito

Paleoproterozóico

PP3γpc Suíte Poço da Cruz: augengnaisse granítico, leuco-ortognaisse quartzo monzonítico a granito (1900 Ma U-Pb)

PP2γv Suíte Várzea Alegre: ortognaisse tonalítico-granodiorito e migmatito (2098 Ma U-Pb)

PP2γcai Complexo Caicó (ycal): ortognaisse diorito a granítico com restos de supra crustais 2300 Ma U-Pb

Arqueano

A4γg Complexo Granjeiro (yg): ortognaisse TTG (2541 Ma U-Pb)

Figura 08 - Mapa geológico, corpo aflorante e indicação de estrutura NE-SW. Fonte: CPRM (2005), pág.4, modificado pelo autor, 2013.

10.1.1 - Levantamento do fraturamento local

Em locais potenciais procedeu-se a observação e análise do fraturamento, verificando sua frequência e orientação. A coleta dos dados de fraturamento e sua frequência média, juntamente com os apontamentos pertinentes aos veios e espessuras, permitiram a elaboração de modelo de melhor orientação de desmonte, que via de regra, deverá se orientar pelo bloco de partição natural da rocha.

Oportuno destacar que a definição do bloco de partição deve ser norteada pela existência de planos naturais de fragilidade das rochas, procedimento este que traz facilidades operacionais, minimização de custos e otimização dos blocos extraíveis.

Neste sentido, as frequências com que ocorram planos de foliação, fraturas (Fig.09, p.51), suas respectivas orientações, bem como de sigmóides e enclaves, são fatores mais determinantes do estado de deformação e do bloco de partição supra referidos, orientando racional e otimizadamente as operações de criação da face livre. Constituem os chamados planos de “corrida” ou “superfície alongante” das rochas.

Outrossim, as faces longitudinais, principalmente associadas à base dos blocos, com mergulhos preferencialmente suaves a horizontalizados, são comumente definidas como superfície levantante, enquanto os planos pertinentes às faces transversais, expressos pela menor dimensão do bloco de partição, constituem a superfície trincante.

Oportuna a clareza quanto à melhor adequação à produção de blocos para placas ornamentais, quando for menor a frequência de ocorrência dos elementos planares e quando forem mais ortogonais entre si.



Figura 09 – Detalhe de fratura. Fonte: Autor, 2012.

Na observação *in-loco*, o ponto (01) apresenta superfície alongante de $070^{\circ}\text{Az} - 250^{\circ}\text{Az}$, (cerca de 250 m), e superfície a trincante segundo $350^{\circ}\text{Az} - 170^{\circ}\text{Az}$. (Fig.11, p.53).

No ponto (02), alonga-se segundo $085^{\circ}\text{Az} - 265^{\circ}\text{Az}$, sendo a trincante $030^{\circ}\text{Az} - 210^{\circ}\text{Az}$ com extensão menor da ordem de 80m (Fig.11, p.53).

O maciço, onde faz sentido a tomada de orientações dos parâmetros estruturais, apresenta veios com orientação de $100^{\circ}\text{Az} - 280^{\circ}\text{Az}$ ($55^{\circ}/190^{\circ}\text{Az}$), compativelmente com direções medidas em outro local, indicando a extensividade da orientação (Fig.10, p.52).

Constitui fator restritivo à reprodutibilidade do material, a presença de veios, que não é visível na maior parte dos pontos observados, tanto no maciço quanto nos matacões, apresentando espessuras e direções distintas em vários pontos da área estudada. Fator atenuante, todavia, quanto à presença de veios é a espessura centimétrica (na ordem de 0,01m a 0,03m) com distância de aproximadamente de um a dois metros entre si. As orientações variáveis de latitude $100^{\circ}\text{Az} - 280^{\circ}\text{Az}$ a $110^{\circ}\text{Az} - 290^{\circ}\text{Az}$ ($35^{\circ}/190^{\circ}\text{Az}$) a ($50^{\circ}/200^{\circ}\text{Az}$), respectivamente, em determinado ponto do maciço no ponto (01) expressariam

fraturas de distensão preenchidas, o que caracterizaria recuperação estrutural do maciço (Fig.11, p.53).

Nos pontos (01) e (11), as fraturas se apresentam com mais frequência, segundo duas direções: $115^{\circ}\text{Az} - 295^{\circ}\text{Az}$ ($60^{\circ}/025^{\circ}\text{Az}$) e $140^{\circ}\text{Az} - 320^{\circ}\text{Az}$ ($18^{\circ}/050^{\circ}\text{Az}$). As frequências de 2/m (duas por metro) e 4/m (quatro por metro), respectivamente, inviabilizam a produção de blocos. Ainda nesse ponto, as distâncias mínimas entre duas de cada família, respectivamente de 6 cm e 30 cm caracterizam uma rocha frágil-rúptil (01), reforçando a inviabilidade do local (Fig.11, p.53).

Também como exemplo de inviabilidade, o ponto (02) exhibe fraturas orientadas segundo $085^{\circ}\text{Az} - 265^{\circ}\text{Az}$ ($60^{\circ}/355^{\circ}\text{Az}$), com frequência de 2/m e distância $d=6\text{cm}$; $160^{\circ}\text{Az} - 340^{\circ}\text{Az}$, com frequência de 3/m e distância mínima $d=10\text{cm}$ (Fig.11, p.53).

Portanto, a melhor disposição para a programação de abertura de frente de lavra foi observado no ponto (12), uma vez que apresentou melhor ortogonalidade e anisotropia (Fig.11, p.53), permitindo facilidades de conformação de blocos comerciais com dimensionamento favorável ao desdobramento, padronização e dimensionamento de chapas de boa qualidade estética.



Figura 10 – Detalhe de maciço diorito-gabróide (Sítio Trincheira, Pombal-PB), com ênfase à sua anisotropia, embora discreta. Fonte: Autor, 2012.

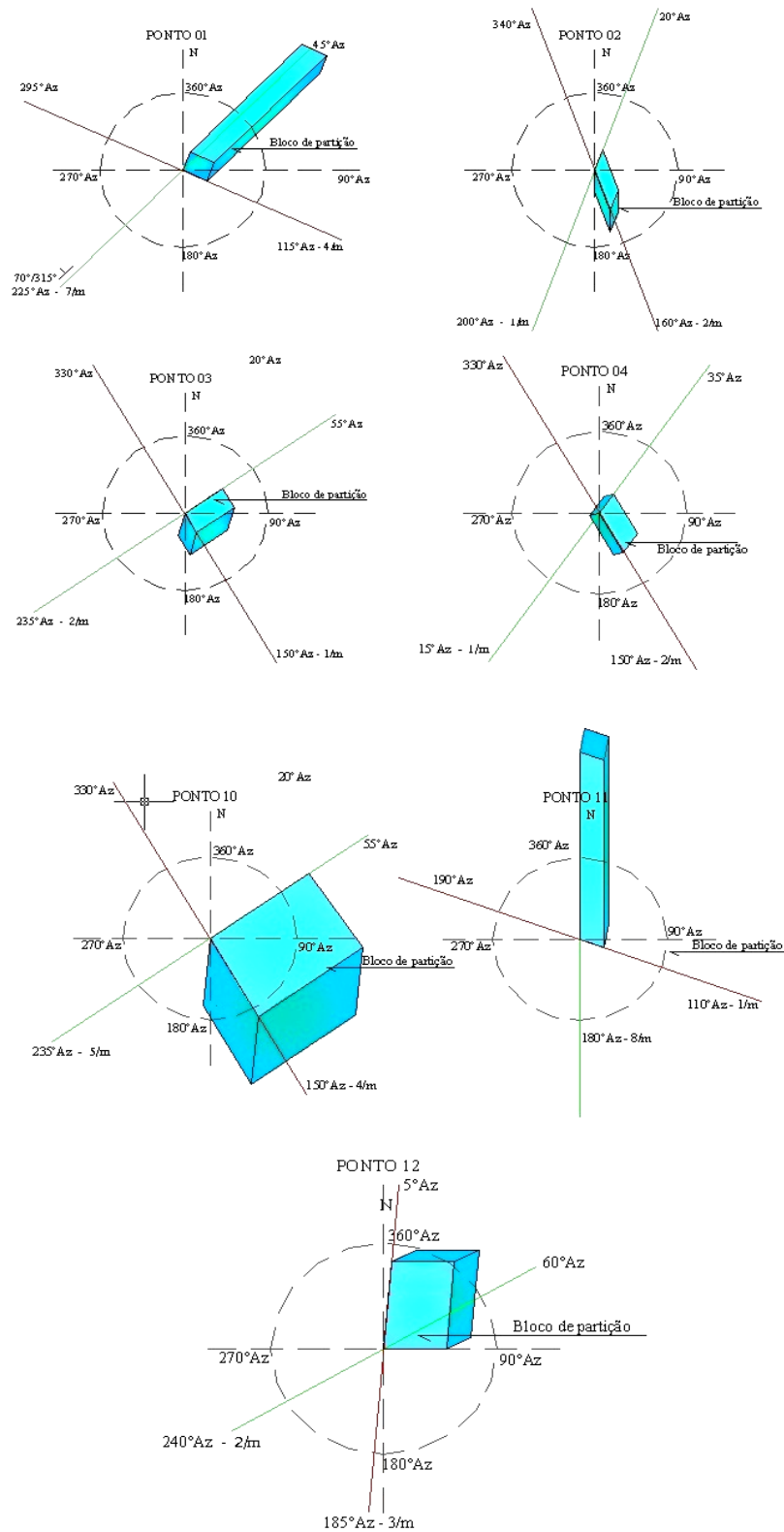


Figura 11 – Ilustração dos desenhos dos blocos de partição nos pontos (01), (02), (03), (04), (10), (11) e (12). Fonte: MSc. Renata Barrêto Santos, 2013.

10.2. PETROGRAFIA

Esta análise fundamenta-se na observação de sessões delgadas das rochas com espessura de 30µm ao microscópio óptico de luz transmitida, segundo as normas de caracterização petrográfica de rochas de revestimento (ABNT - NBR 15845:2010).

As primeiras contribuições a nível nacional para o setor de rochas ornamentais, a respeito da importância dos estudos petrográficos, foram feitas por Frazão & Farjallat (1995), Rodrigues et al. (1996) e Navarro (1998), que abordam de modo qualitativo, a importância dos estudos petrográficos e do nível de informações detalhadas que são possíveis obter por meio dessa técnica, e com isso aprimorar a compreensão dos resultados tecnológicos e assegurar uma melhor aplicação da rocha (KALIX, 2011).

Para Frascá (2002), a petrografia fornece a natureza, mineralogia e classificação da rocha, com ênfase às feições que poderão comprometer suas resistências mecânica e química, e afetar sua durabilidade e estética. A análise fundamenta-se na observação de seções delgadas das amostras (Fig.[12];[13], p.56), inclusive, através de estudos sob o microscópio óptico de luz transmitida. (Fig.12, p.55).

O estudo petrográfico do diorito-gabróide teve como objetivo identificar suas frações minerais e composição da rocha, visando determinar e visualizar a distribuição dos minerais que determinam sua estética e adequação para utilização como rocha ornamental.

Os ensaios foram realizados com base na norma da ABNT - NBR 15845:2010, utilizando o laboratório de Estudos Metalogenéticos Aplicados – LAMA, vinculado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.



Figura 12 – Microscópio óptico de luz transmitida. Fonte: http://www.labhouse.com.br/index.php?main_page. Acesso: 03.2013

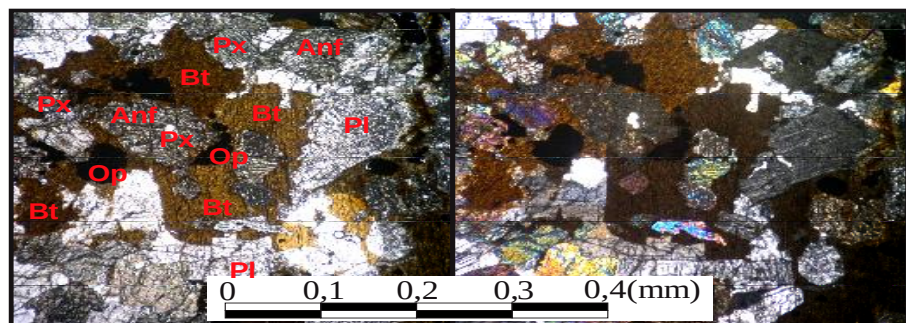


Figura 13 – Lâmina petrográfica vista de microscópio de luz transmitida. Fonte: Autor, 2013.



Figura 14 – Lâmina de seção delgada para análise petrográfica. Fonte: Autor, 2013.

10.3. ÍNDICES FÍSICOS

Segundo Rajab (1998), os índices físicos da rocha são as propriedades de massa específica aparente seca e saturada (ou densidade), porosidade aparente e absorção de água. A porosidade representa o volume total de vazios em porcentagem e a absorção de água indica uma relação percentual entre os pesos da amostra e da água contida nela. Para um mesmo tipo de rocha, quanto maior a massa específica aparente, menores serão a porosidade e a absorção de água, sendo a relação contrária também verdadeira. Existe também uma relação inversa entre porosidade e resistência mecânica.

Conforme a Norma da ABNT NBR 15845:2010 – Anexo A, os índices físicos são definidos pela 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.

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 (Fig.15[1], p.57). Após secagem as amostras foram pesadas obtendo-se a massa seca (Msec.).

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. Depois de transcorridas 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.) (Fig.15[2], p.57). 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 (Msat.) (Fig. 15[3], p.57).

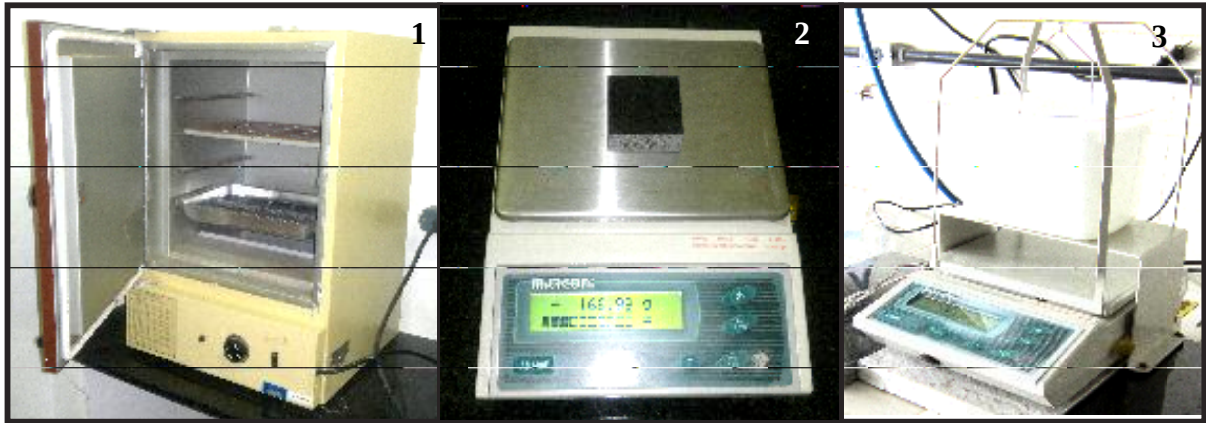


Figura 15 – 1) Estufa ventilada; 2) Balança para pesagem de amostras secas e saturadas; 3) Balança Hidrostática para pesagem de amostras submersas. Fonte: Santos*.

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:**

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

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

* Fotos pertencentes ao arquivo pessoal da Msc. Renata Barrêto Santos.

10.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL

O ensaio de compressão uniaxial visa determinar qual a tensão máxima que uma rocha suporta, sem romper, quando submetida à esforços compressivos. É aplicável em rochas sobre as quais atuarão esforços verticais (Vidal *et al*, 1999).

A tensão máxima pode variar de acordo com as características da rocha, como: composição mineralógica, textura, grau de alteração, granulometria e porosidade, mas é função inversa da granulometria, isto é, tanto maior quanto menor e mais homogênea a granulometria. No caso de materiais pétreos anisotrópicos, como as rochas metamórficas, a resistência na direção perpendicular à estrutura é, em geral, maior que na direção paralela.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, e seguiu a Normativa da ABNT NBR 15845/2010 – 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 CONTENCO – HD200T (Fig.16, p.59), e submetidos à ação de uma força de compressão, sob uma taxa de 300KN/min.



Figura 16 – Prensa Hidráulica utilizada no ensaio de Compressão Uniaxial Simples. Fonte: Ribeiro, 2008.

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 médias das resistências à compressão (MPa) para o tipo material em estudo, diorito-gabróide.

10.5. MÓDULO DE RUPTURA (FLEXÃO POR CARREGAMENTO EM 3 PONTOS)

O ensaio consiste no rompimento dos corpos-de-prova assentados sobre dois cutelos inferiores (de reação) e um superior (de ação). Este ensaio dá indicação da tensão mínima ou da flexão máxima que provoca a ruptura de um bloco ou placa de rocha quando submetidos a esforços de compressão e/ou tração. Este valor determinará qual o maior tamanho e/ou a menor espessura que uma placa devera ter para suportar as condições estruturais (KALIX, 2011).

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 (Fig.17[2], p.61), 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 – SOLOTEST - de três pontos, com capacidade de 20 toneladas, e submetidos à ação de esforços flexores (Fig.17[1], p.61).

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 – ANEXO F.

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 – é o valor numérico do módulo de ruptura (MPa);

P – força de ruptura (kN);

L – distancia entre os roletes inferiores (m);

b – largura do corpo de prova (m);

d – espessura do corpo de prova (m).

1)



2)



Figura 17 – Prensa Hidráulica utilizada no ensaio de Flexão por Carregamento 3 pontos, detalhe do ensaio (1); Estufa ventilada para secagem de amostras (2). Fonte: Ribeiro, 2008.

10.6. DESGASTE ABRASIVO AMSLER

Este ensaio segue a norma NBR 12042 (ABNT, 1992), mede a resistência dos materiais frente à solicitação abrasiva (areia quartzosa seca, nº 50) por meio da verificação na redução de espessura (em mm) que placas de rochas apresentam após um percurso abrasivo de 500 metros e/ou 1000 metros, medidas em equipamento apropriado denominado “Máquina Amsler” (Fig.18, p.62). Este ensaio tem como objetivo determinar os ambientes nos quais as placas possam ser aplicadas.

Foram confeccionados 3 corpos de prova com dimensões de 8 cm x 8 cm x 2 cm, de cada tipo do granito Preto Royal.

Os cálculos da redução de espessura (em mm) para cada amostra são efetuados de acordo com as fórmulas a seguir:

$$d = a - b;$$

$$e = a - c;$$

sendo:

a = Altura inicial média das quatro (4) faces (mm);

b = Altura média das quatro (4) faces (mm) após 500 metros;

c = Altura média das quatro (4) faces (mm) após 1000 metros;

d = Desgaste médio após quinhentos (500) metros (mm);

e = Desgaste médio após um mil (1000) metros ou Desgaste Amsler (mm).

O resultado obtido do desgaste é um reflexo da mineralogia, do grau de irregularidade da superfície, do estado de agregação dos minerais e da orientação da rocha.



Figura 18 – Equipamento de ensaio para determinação do desgaste por abrasão tipo Amsler. Disponível em: <http://www.cpmtec-igc-ufmg.org>. Acesso: 03.2013.

11. ALTERABILIDADE (ATAQUE QUÍMICO)

O objetivo para a realização dos ensaios de alterabilidade é a indicação da possibilidade que um ataque químico possa alterar e afetar a

estética da rocha, prejudicando a manutenção do brilho e/ou causar possíveis limitações de sua aplicação.

Os procedimentos para a realização dos ensaios de alterabilidade seguiram a norma NBR 13818:1997 – Anexo H.

Para a realização destes ensaios foram selecionadas três corpos de prova em placas polidas medindo 10 cm x 10 cm x 2 cm, tiradas de uma única amostra. As placas foram identificadas e submetidas a ataques químicos distintos para cada corpo. As substâncias químicas utilizadas nos ensaios, água sanitária, detergente neutro e Multiuso tradicional, foram escolhidas por estarem constantemente presentes na limpeza diária de ambientes domésticos ou de trabalho (Fig.19).

Figura 19 - reagentes utilizados no ensaio de alterabilidade – ataques químicos

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

O procedimento para os 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, seguindo metodologia semelhante 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.

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

12. MEDIÇÃO DE BRILHO E COR

O objetivo do ensaio é analisar e monitorar os aspectos estéticos (cor e brilho) das amostras submetidas ao ataque químico por um período de 50 dias, desta forma, verificar possíveis alterações na cor e no brilho ocasionado pelo ataque dos reagentes.

O ensaio teve início com a escolha de seis amostras de placas polidas, medindo 10 cm x 10 cm x 2 cm, as quais, foram submetidas simultaneamente aos ataques químicos e as medições de cor e brilho.

A princípio, foram realizadas medições nas amostras *in natura*, com o objetivo de estabelecer um padrão de comparação entre essas medições e as medições das amostras após ataque químico.

O ensaio foi realizado a cada dez dias, num período de 50 dias de ataques químicos consecutivos. Em cada ensaio foram selecionados vinte e cinco (25) pontos a serem medidos, pontos estes devidamente traçados (Fig.20, p.65).

As medições foram realizadas com as amostras limpas e secas, seguindo a sistemática de reaplicação dos reagentes.

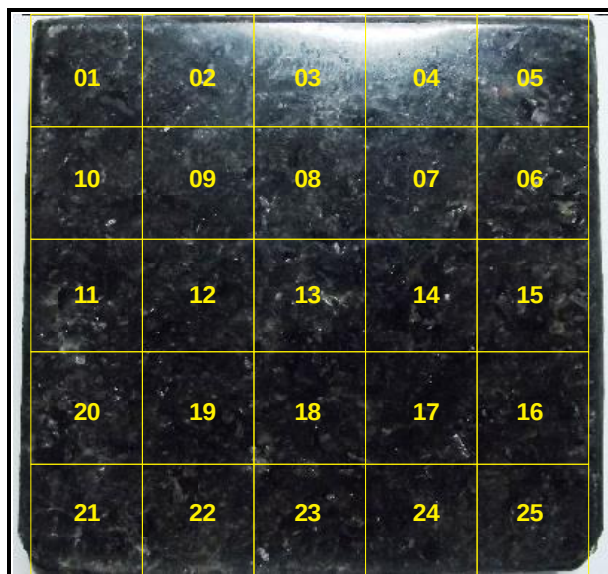


Figura 20: Seqüência de pontos medidos nas amostras. Fonte: Autor, 2013, modificada por Santos*, 2013.

Os procedimentos adotados utilizam o sistema de coordenadas retangulares $L^*a^*b^*$ definido em 1976 pela Comissão Internacional e do IEclairage (CIE) (BERNARDIN, 1999, apud SANTOS, 2012, p,71).

O resultado quantitativo corresponde à média da perda de brilho em porcentagem (%) e os resultados qualitativos são as observações a olho desarmado.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, com o auxílio do equipamento Espectrofotômetro *Color-Guide* da marca BYK, que mede de forma simultânea os índices de cor e de brilho. O equipamento (Fig.21, p.66) segue padrões do sistema de cores CIELab e iluminante D65.

* Msc. Renata Barrêto Santos.



Figura 21 - Espectrofotômetro *Color-Guide* da BYK. Fonte: BYK, 2011. (SANTOS, 2012, p.71)

13. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados e discutidos os resultados dos ensaios realizados, de caracterização geológica, análise petrográfica, índices físicos e medição colorimétrica das amostras do material em estudo, diorito-gabróide.

Oportuno registrar que a área, objeto de análise deste trabalho, está requerida junto ao Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM. O autor, em contato com os titulares responsáveis pela pesquisa do bem mineral junto a este órgão, foi informado a respeito do nome sugerido para o uso comercial do litotipo ora em pesquisa, estando reservado o nome Preto Royal para sua utilização comercial quando este estiver disponibilizado ao mercado.

Portanto será adotado sugestivamente o nome Preto Royal para o material pétreo objeto deste trabalho.

13.1. PETROGRÁFICA

A petrografia indicou informações quanto à natureza, mineralogia, textura e classificação da rocha, enfatizando as feições que possam ocasionar futuras imperfeições no material e comprometimentos para sua resistência mecânica, fatores limitadores para seu uso e fatores que alterem sua estética.

A rocha estudada está inserida no campo petrográfico de diorito-gabróide. A granulometria apresentou heterogeneidade submilimétrica a milimétrica e os minerais presentes são predominantemente plagioclásios, calco-sódicas e de composição ferromagnesianos.

Os plagioclásios são identificados pela cor cinza esbranquiçada e os ferro-magnesianos são de cor escura, podendo ser identificados pelas fotos das lâminas ou de seção delgada (Fig.23, p.69), representadas na ficha de análise petrográfica (Fig.22, p.69).

A microscopia permite identificar os plagioclásios na relação do conteúdo mais sódico ou cálcico. A composição mais cálcica na maioria desses minerais félsicos repercute na perspectiva de carbonatação resultando no melhor fechamento de brilho isto é, homogeneidade e intensidade.

A rara ocorrência de quartzo torna a rocha menos abrasiva, mas também lhe confere baixa absorção de umidade.

Quanto aos máficos, a ocorrência na cor esverdeada sob luz polarizada, observada ao microscópio com os nicóis paralelos, traduz composição mais magnesiânica, o que resulta em menor alterabilidade, sobretudo em superfícies expostas em áreas externas.

“Materiais pétreos com granulometria 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, cuja composição envolve maior presença de plagioclásios e minerais ferromagnesianos, sobretudo micas, anfibólios e piroxênios.” (Santos, 2012).

A granulometria fina do material pétreo estudado, submilimétrica a milimétrica, fortalece a resistência à compressão e, uma vez que seja comprovada pelos ensaios, permite a sua utilização para revestimento de pisos, com as limitações impostas pela presença de umidade (Fig.25, p.70).

A aparência e textura heterogranular podem ser bem exploradas quando o plano projetual de aplicação recomende o material de cor escura (tonalidade sóbria) para revestimento visando otimizar o conforto ambiental.

As rochas escuras, com predominância de minerais ferro-magnesianos, sofrem fortes limitações para aplicação em áreas molhadas (secagem e molhagem), como cozinhas e banheiros, devido à susceptibilidade às alterações, tanto por oxidação como por hidratação via hidrólise. Contudo, recomenda-se a impermeabilização do material quando este for aplicado em ambientes úmidos.

Figura 22 - Ficha de Análise Petrográfica do “Granito” Preto Royal

Denominação comercial: Preto Royal ou Preto Pombal	Procedência: Sítio Trincheira. Pombal-PB	Amostras: PR ou PP
Descrição Macroscópica: Rocha de cor escura, de aparência heterogranular fina, minerais predominantemente submilimétricos, de granulação fina, mas formando agregados com até 5mm.. A rocha varia na composição relativa máficos : félsicos, entre razões 3:2 a 2:3. Há presença de opacos, mais rara. Estruturalmente há tênue foliação, sem indício, aparentemente, de deformação dútil. Os félsicos são essencialmente plagioclásios enquanto entre os máficos se destacam micas, anfibólios e piroxênios, citadas em ordem decrescente de abundância aparente. Apresenta um aspecto homogêneo, quanto à cor, mas a textura apresenta discreta anisotropia.		
Descrição Microscópica Rica em minerais ferro-magnesianos (cerca de 45 a 65%), contendo até 6% de opacos. Os plagioclásios constituem 55 a 35% do volume da rocha e os mais cedo- cristalizados, mais automórficos, são labradoritas (0,200mm x 0,130mm), com até 62% de anortita, mais cálcicos portanto, o que confere à rocha uma origem gabróide. Todavia, predominam andesinas cálcicas (0,875mm x 1,750mm) com cerca de 47% até 35% de anortita, cujos indivíduos são geminados segundo as leis tipos albita-carlsbad e albita, e mais oligoclásios sódicos (1,000mm x 0,375mm) com 12% de anortita. O significado é que o ambiente de formação da rocha envolveu o aumento do conteúdo em sódio no magma, resultando em rocha diorito-gabróide. Os piroxênios são os menores cristais dentre os máficos [(0,500mm x 0,375mm) a 0,750mm x 0,750mm)]. enquanto as biotitas (1,250mm x 2,000mm), magnesianas ou ferríferas, geralmente expressam a foliação, sem indício de deformação frágil a dútil. A composição magnesiana dos minerais máficos é expressa pela cor esverdeada, inclusive com variação de tonalidades (pleocróismo), mais freqüente em micas e anfibólios. Há, inclusive, piroxênio magnesiano. A composição ferrífera se materializa nos cristais pelas tonalidades de cor marrom clara a escura e avermelhada. Os opacos, acessórios mais freqüentes variam desde (0,250mm x 0,500mm) a (0,250mm x 0,250mm). Não há indícios de manchas. Há indícios de saussurita (epidoto mais carbonato) e carbonatação nos plagioclásios mais cálcicos, dado que deve repercutir no brilho mais homogêneo da chapa polida.		
Análise Textural: heterogranular, de granulação fina, com minerais de tamanho supra a submilimétrico. Há ordem de cristalização dos minerais, em que as micas são mais tardi-cristalizadas, o que sugere aumento na mobilidade do magma pela presença da água, pois micas são mais hidratadas. Daí as possibilidades de corpos com forma de diques. Fator químico interferente na mobilidade do magma foi o aumento no conteúdo em sódio dos		

plagioclásios mais tardios, dado que suscita alterabilidade natural naquele mineral .				
Análise estrutural: Há foliação melhor materializada pelas micas, conferindo à rocha discreta anisotropia, com todas as repercussões nas aplicações da rocha.				
Minerais Essenciais: Plagioclásio cálcico [andesina a labradorita(<=mm)] subordinadamente oligoclásio a andesina (menos cálcio); piroxênio, anfibólio magnesiano e biotitas magnesiana e ferrífera				
Minerais Acessórios: opacos epidotos e alterações destacando-se carbonatação.				
Mineralogia Secundária (alterações): óxido de ferro, carbonatos				
Sumário da Descrição Microscópica:				
Análise Modal: Ferro magnesianos (40 a 60%) Plagioclásios (55% a 35%) Acessórios (5%)				
Plagioclásios	Anfibólio	Piroxênio	Biotita	Outros: (< 5%) Opacos, Epidoto, Carbonato Cloritas magnesiana e ferrífera.
Andesinas, Oligoclásio e Labradorita	Hornblenda magnesiaana (20 a 15%)	Enstatita (5 a 5%)	Magnesiana (20 % a 30%)	
Tipo de Contato (%)				Grau de Microfissuramento:
Côncavo-convexo e/ou interlobado	Poligonal	Serrilhado e/ou Reto	Índice de Coloração	Índice de Quartzo
10%	80%	10%		0 %

Fonte: Profº. Dr. Evenildo Bezerra de Melo - Departamento de Geologia, UFPE.

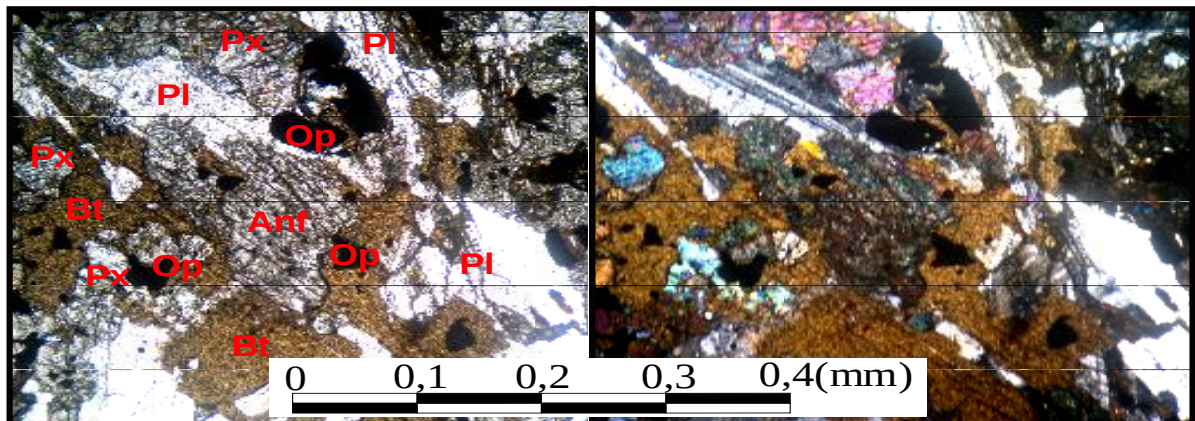
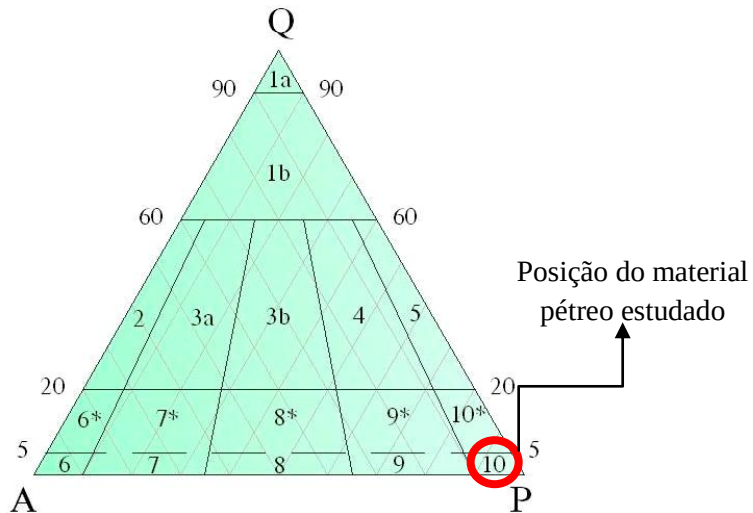
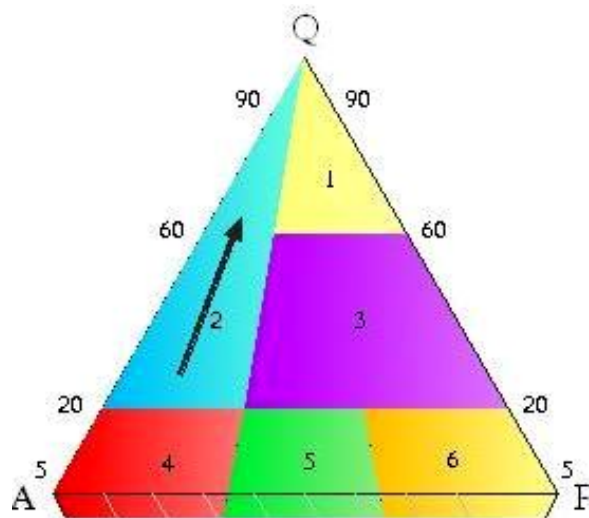


Figura 23 - Imagem de inclusões de minerais opacos (Op), podendo ser óxido de ferro, piroxênio (Px), anfibólio (Anf) e biotita (Bt). (nicóis // e nicóis #) (4x). Fonte: Autor, 2013.



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

Figura 24 - Triângulo de Streickeisen, apresentando classificação material pétreo estudado. Fonte: Santos, 2012.



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).

Figura 25 - Triângulo apresentando indicações de uso para os materiais pétreos. Fonte: Melo (2002) in Santos (2012).

13.2. ÍNDICES FÍSICOS

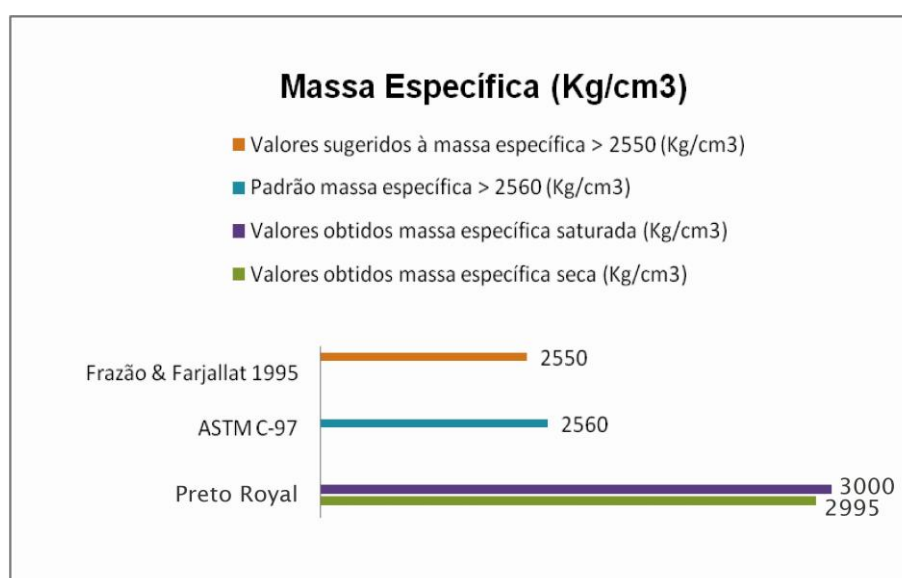
13.2.1 - MASSA ESPECÍFICA

Os valores médios obtidos no ensaio de massa específica do litotipo em estudo apresentam-se na figura (26) e no gráfico (04).

Figura 26 - Média dos valores da massa específica seca e saturada do material pétreo estudado

Material	MASSA ESPECÍFICA (Kg/m ³)	
	Massa Esp. Seca	Massa Esp. Saturada
Preto Royal	2995	3000

Gráfico 05 - Relação de massa específica do material pétreo Preto Royal e os valores estabelecidos pela norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat (1995).



Fonte: Autor, 2013.

Os valores da massa específica aparente estabelecida pela norma indicam valores para as rochas silicáticas superiores a 2.560 Kg/m³, e Frazão & Farjallat, sugerem valores superiores a 2.550 Kg/m³, deste modo

observamos que o litotipo estudado atende à especificação estabelecida pela norma e também a sugerida por Frazão & Farjallat (1995).

13.3.2 - ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE

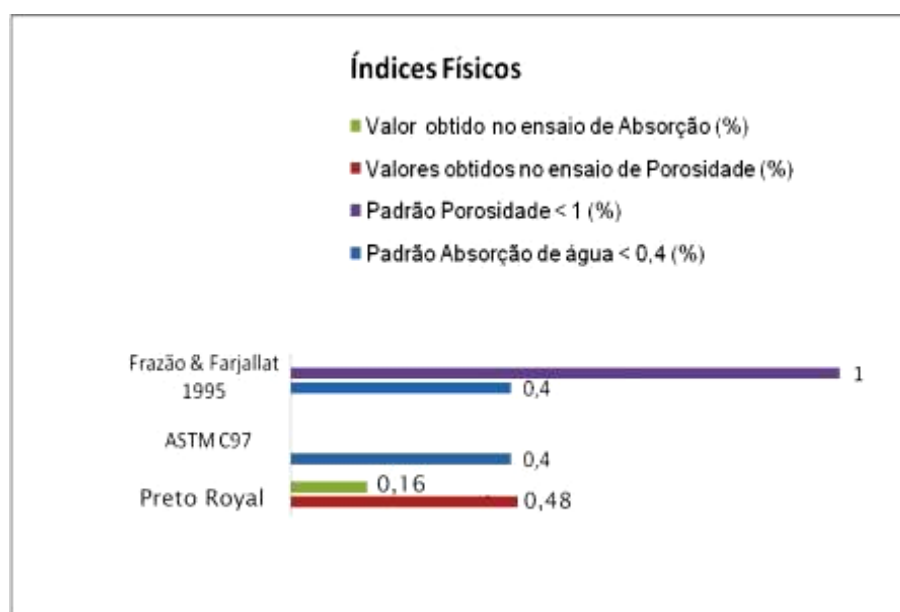
Os valores médios percentuais da porosidade e absorção d'água do material pétreo estudado estão apresentados na figura (27) e no gráfico (05).

Figura 27 - Média dos valores da porosidade e absorção de água do litotipo em estudo

Material	POROSIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA	
	Porosidade (%)	Absorção de água (%)
Preto Royal	0,48	0,16

Fonte: Autor.

Gráfico 06 - Relação da Porosidade e Absorção de água do litotipo em estudo e os valores estabelecidos pela norma ASTM e sugerido por Frazão & Farjallat (1995).



Fonte: Autor

Frazão & Farjallat (1995) e ASTM C-97 citam que as rochas com características graníticas devem ter a absorção de água $\leq 0,4 \%$.

Para porosidade, Frazão & Farjallat (1995) citam que as rochas com características graníticas devem ter porosidade $\leq 1,0 \%$.

Conforme a tabela (Fig.27, p.72), o material em estudo absorveu pouca quantidade de água, e o valor de porosidade é bem abaixo do sugerido por Frazão & Farjallat (op.cit.), o que aponta adequação da rocha, inclusive para ASTM C97.

13.3. COMPRESSÃO UNIAXIAL

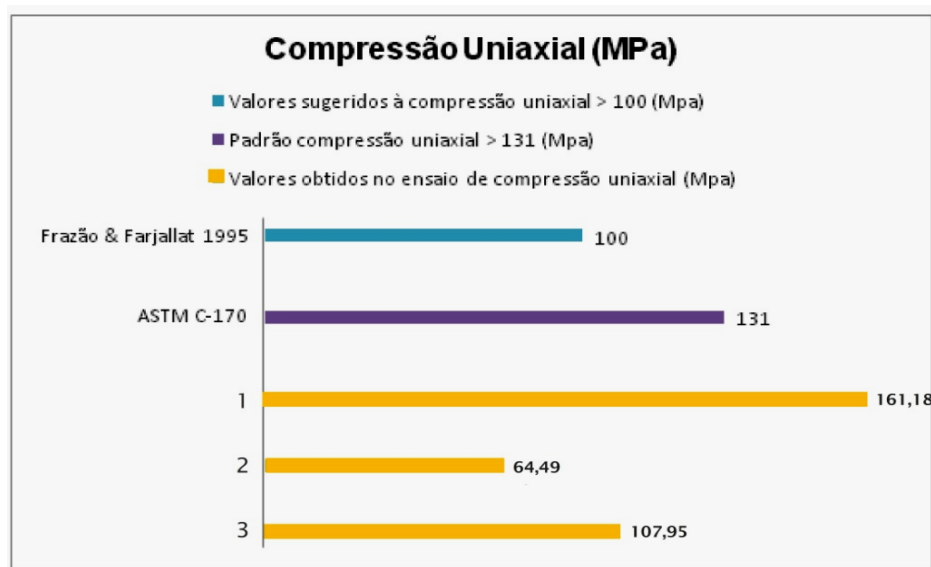
Os resultados dos valores médios de compressão uniaxial na condição seca estão apresentados na tabela (Fig.28).

Figura 28 - Valores médios da compressão uniaxial na condição seca das 3 amostras do litotipo em estudo.

Preto Royal	Condição Seca	Desvio Padrão
1	161,18 MPa	3
2	64,49 MPa	5
3	107,95 MPa	5

Fonte: Autor

Gráfico 07 - Relação dos valores de compressão Uniaxial do litotipo em estudo Preto Royal e os valores estabelecidos pela norma ASTM (C-170) e sugerido por Frazão & Farjallat (1995).



Fonte: Autor

Referindo-se à normatização da ASTM, o material em estudo apresentou resultados positivos quanto a resistência à compressão uniaxial da amostra (1).

Oportuno lembrar que é anisotrópico, pois há presença de tênue foliação, conforme as características de afloramentos abordadas na geologia, o que explica o resultado da amostra (2), provavelmente com carga aplicada paralelamente àquele elemento estrutural da amostra.

Ainda mais, os valores obtidos pelos ensaios nas amostras (1) e (3), conforme gráfico (Gráf.07), apresentaram resultados superiores ao valor sugerido por Frazão & Farjallat (1995). Portanto, o resultado é positivo para o material quanto à compressão uniaxial.

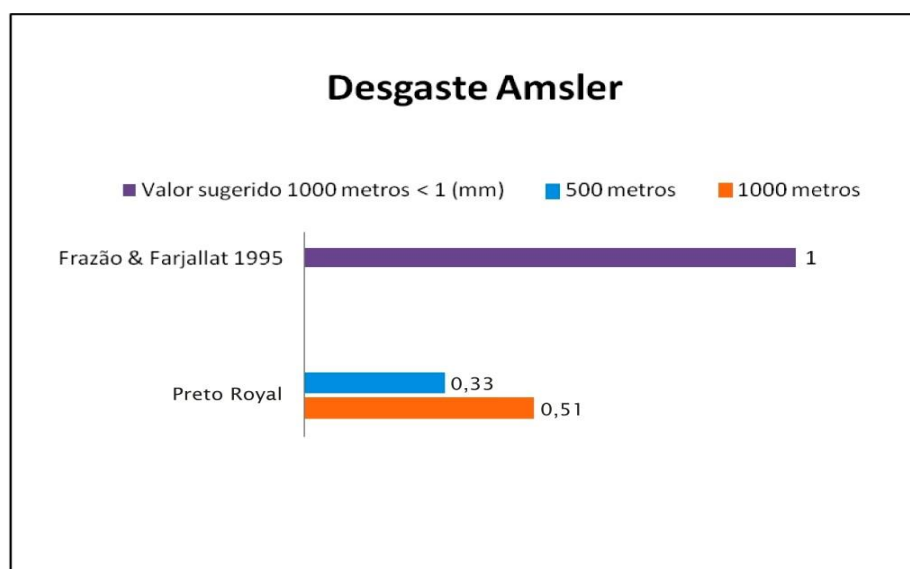
13.4. DESGASTE AMSLER

Os resultados dos valores médios do desgaste Amsler estão expostos na tabela (Fig.29) e representados no gráfico (08).

Figura 29 - Valores médios do desgaste Amsler do litotipo em estudo.

Material	Desgaste (500 m)	Desgaste (1000 m)
Preto Royal	0,33 mm	0,51mm

Fonte: Autor.

Gráfico 08 - Relação dos valores médios do desgaste abrasivo Amsler do litotipo em estudo (Preto Royal) e o sugerido por Frazão & Farjallat (1995).

Fonte: Autor

Para o ensaio de desgaste por abrasão, a norma ASTM C-615 (1992) não especifica limites. Os limites estabelecidos por Frazão & Farjallat (1995) para as rochas silicáticas serem consideradas de boa qualidade é $\leq 1,0\text{cm}$.

O litotipo analisado atendeu ao limite estabelecido por Frazão & Farjallat (1995). Portanto, sob este aspecto, o material pétreo em estudo pode ser aplicado em pisos de tráfego intenso e fachadas. Oportuno esclarecer que os limites sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), não são normatizados, mas sim considerados como referência de pesquisa.

14 – MEDIÇÃO DO BRILHO

Seguindo a sistemática de medição, as amostras foram nomeadas e organizadas de acordo com o reagente usado para o ataque químico, conforme tabela (Fig.30). Os resultados estão apresentados nos gráficos (09) e (10).

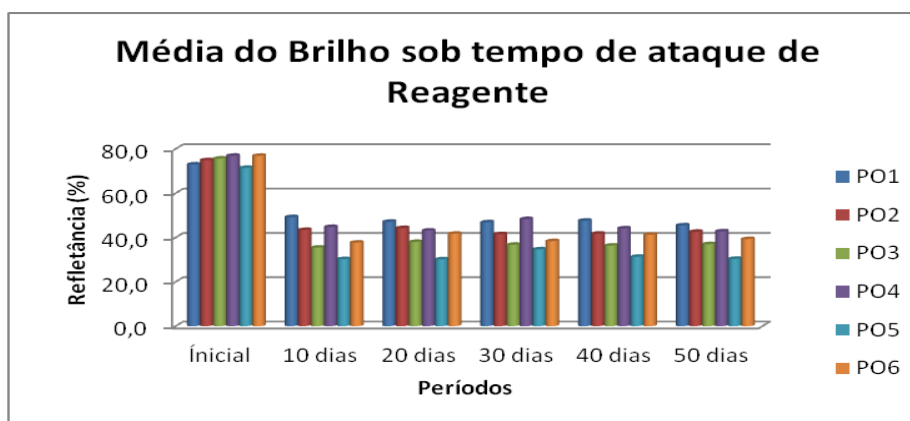
Figura 30 – Organização de amostras / reagentes

Amostra P01	Detergente neutro
Amostra P02	
Amostra P03	Multiuso tradicional
Amostra P04	
Amostra P05	Água sanitária
Amostra P06	

Fonte: Autor

A perda do brilho ocorreu em todas as amostras após os ataques dos reagentes. Os resultados apontaram uma variação expressiva de valores (%) entre as amostras *in natura* (refletância original) e amostras atacadas.

Gráfico 09 – Média do brilho/tempo de ataque

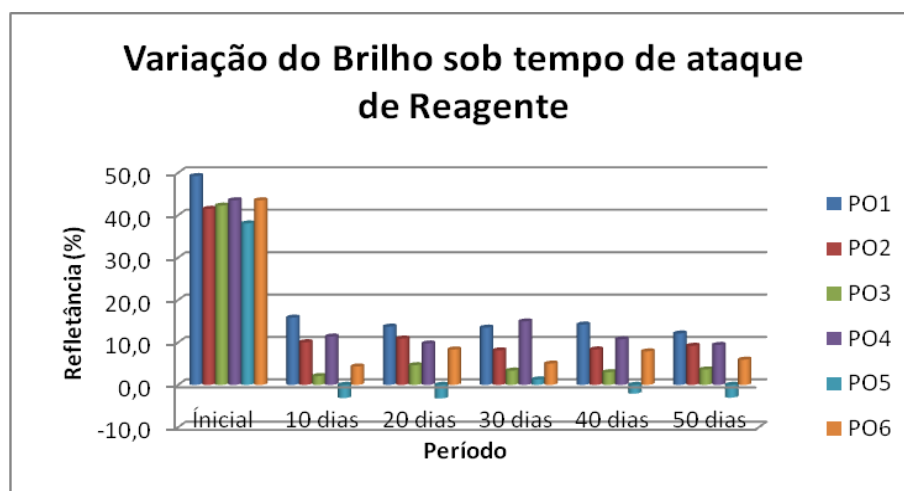


	Ínicial	10 dias	20 dias	30 dias	40 dias	50 dias
P01	73,0	49,2	47,1	46,9	47,6	45,5
P02	74,9	43,4	44,3	41,5	41,7	42,6
P03	75,7	35,5	38,0	36,8	36,4	37,0
P04	76,9	44,8	43,1	48,3	44,1	42,8
P05	71,4	30,3	30,2	34,7	31,3	30,4
P06	76,9	37,7	41,7	38,4	41,3	39,3

Fonte: Autor

As médias de valores de brilho nas amostras reduziram cerca de 40% em relação ao valor original, sendo mais notável a alteração após o 20º e 50º dia. Especialmente a variação de perda de brilho das amostras sob a ação de água sanitária, particularmente na amostra P05, esta apresentou microfissuras como fator contributivo para a sua maior degradação.

Gráfico 10 – Variação do brilho/tempo de ataque



	Inicial	10 dias	20 dias	30 dias	40 dias	50 dias
P01	49,2	15,9	13,7	13,5	14,2	12,1
P02	41,5	10,1	10,9	8,1	8,4	9,2
P03	42,3	2,1	4,6	3,4	3,0	3,6
P04	43,5	11,4	9,8	15,0	10,7	9,4
P05	38,1	-3,1	-3,2	1,3	-2,1	-3,0
P06	43,5	4,3	8,3	5,0	7,9	5,9

Fonte: Autor

A medição apontou o reagente água sanitária como o mais degradante na redução dos valores médios de brilho, o que se explica pelo princípio ativo ácido clórico em sua composição química. E menor sob ação dos reagentes multiuso e detergente. O detergente revelou menor perda de brilho nas amostras após os ataques o que esta sendo atribuído ao seu principio ativo de alta salinidade.

15 - ANÁLISES DOS GRÁFICOS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS SUBMETIDAS AO ATAQUE QUÍMICO

Para Meneses (2001), 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 denominado curva de refletância espectral.

Portanto, todo objeto na superfície terrestre apresenta uma curva espectral indicando refletância espectral no que é visível. Portanto, “quanto maior for o pico de refletância, mais clara 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).

Os gráficos analisados a seguir, exibem as características da refletância espectral material analisado, diorito-gabróide Preto Royal, em amostras preservadas *in natura* e nas amostras submetidas e alteradas por ataque químico.

15.1. AMOSTRA INICIAL E AMOSTRAS DO GRUPO I - SUBMETIDAS AO ATAQUE COM REAGENTE DETERGENTE NEUTRO

Com as análises colorimétricas desenvolvidas nesta pesquisa foi possível identificar parâmetros significativos para alteração estética (cor e brilho) do material em estudo.

Seguindo a metodologia de medição de cor e brilho, foram realizados os ensaios em três grupos de amostras submetidas ao ataque químico pelos reagentes detergente neutro, multiuso tradicional e água sanitária, conforme tabela (Fig.31,p.79).

Os gráficos analisados são referentes aos resultados dos índices colorimétricos, das curvas espectrais, e do comportamento dos índices de brilho dos materiais com base nas análises colorimétricas estabelecidas pela CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*).

Figura 31 – Organização de grupos/ amostras / reagentes

Grupo I	Amostra P-01	Detergente neutro
	Amostra P-02	
Grupo II	Amostra P-03	Multiuso tradicional
	Amostra P-04	
Grupo III	Amostra P-05	Água sanitária
	Amostra P-06	

Fonte: Autor

Importante o entendimento dos gráficos para os resultados das medições de cor e brilho à luz da estética. Portanto a análise, segundo a leitura do gráfico de curva espectral, indica o percentual de refletância de cor em cada ponto da amostra medida pelo equipamento para cada espectro de variação do comprimento de onda dentro de uma escala de valores que varia de 400 nm até 700 nm.

Através do gráfico do sistema colorimétrico, segundo CIE, foi identificada a localização dos pontos, dados referentes da relação entre os valores do Δa e do Δb , e, este ainda apresentou os resultados quanto a sua escala de luminosidade (d).

Para uma melhor avaliação dos dados, 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 da tabela (Fig.32,p.80), onde é possível “observar uma classificação utilizada na indústria das tintas de impressão para controle de qualidade” (HUNTRELAB, 1996, apud LIMA, 2010, p.41).

Figura 32 - Os valores estabelecidos pela Norma DIN 6174 para a diferença absoluta ΔE_{ab} das três coordenadas ΔL^* , Δa^* e Δb^*

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.

Grupo I – Amostra P-01 (in natura)

De acordo com as medições obtidas do grupo I, a amostra P-01 no estado *in natura*, apresentou resultados onde se identificou a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 4,5% e 6%, indicando pequena variação. Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para as indicações máximas em 460 nm, 480 nm, 600 nm, 640 nm e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm e 560 nm, demonstrando certa linearidade com pequenas oscilações, conforme pode ser visto no gráfico (11).

Na medição obtida na amostra P-01, foi possível observar que no seu estado *in natura*, os pontos referentes à obtenção da leitura com o espectrofotômetro, conformaram-se dois grupos de refletância compreendidos nos intervalos de refletância máxima e mínima.

Este agrupamento pode ser identificado no gráfico (17) pela concentração nos valores do $\Delta a = -3,00$; e $\Delta b = -12,00$; e identificado também os resultados da escala de “d”, que se observa o agrupamento dos pontos e a concentração dos resultados no ponto médio -50%. Daí os valores de Δa apontaram para aproximação da cor verde e os resultados do Δb apontaram para a aproximação da cor azul.

Grupo I – Amostra P-01 (10 dias)

As análises referentes à medição no décimo dia apresentaram uma diminuição da refletância inicial compreendida entre 4,5% e 5,1%, conforme gráfico (12), porém a variação entre máxima e mínima permaneceu entre 4,5% e 6 %, como na amostra *in natura*. Os comprimentos de onda do espectro visível apresentaram uma similaridade em relação às oscilações máximas e mínimas em comparação ao gráfico da amostra *in natura*. Mas podendo ser observado uma pequena mudança de comportamento, resultado de possível alteração pelo ataque do reagente.

Na leitura do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.18), percebe-se uma discreta alteração de posicionamento da concentração de resultados, identificados pelos pontos ajuntados nos valores correspondentes a -2,80 (Δa) e -11,80 para (Δb). Na escala de luminosidade, os resultados obtidos nessa medição não revelaram alteração, identificando similaridade com a leitura da amostra inicial, correspondentes ao valor médio de (d) em -50.

Portanto, oportuno o registro de uma sinalização ao início de alteração pelo reagente aos dez dias de ataque, contudo, não foi notada variação significativa quanto a sua refletância e luminosidade.

Grupo I – Amostra P-01 (20 dias)

Os resultados apontados para a medição do vigésimo dia da amostra P-01, submetida ao ataque pelo reagente detergente neutro, segundo o gráfico (13) de curva espectral, observa-se que na escala de variação de refletância, no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm que este resultado mínimo evoluiu de 4,5% para 5% em relação com a medição do décimo dia, e atingindo 6,8% de valor máximo de refletância em 700 nm, indicando assim uma variação maior que a medição do décimo dia.

De maneira geral, nos dez diferentes pontos da amostra P-01 medidos pelo equipamento e representados pelo gráfico de curva espectral com linhas de cores diferenciadas pelo número correspondente a sequência de captura do ponto medido, que parte de 001 até 010, oscilaram entre os valores máximos e mínimos de refletância dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm, com mínimas diferenças de variação entre si. Entretanto, nota-se picos de oscilação ascendente nos comprimentos de ondas equivalentes a 460 nm, 480 nm, 600 nm, 640 nm e 700 nm (máx.), e picos de oscilações mínimas em 400 nm e 680 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.19), os resultados para a medição do vigésimo dia da amostra P-01, apontou para a concentração dos valores de Δa e Δb em -3,00 e -12,00, respectivamente. Identifica-se desta forma, uma estabilidade com relação aos dados revelados nas medições anteriores. De acordo com a medição anterior, não foi percebido alteração expressiva de cor. Da mesma forma é possível identificar uma estabilidade para o resultado quanto a luminosidade, que concentrou os resultados (d) em -50, com mínimas variações para mais ou para menos. Portanto não foi percebida mudança significativa quanto à luminosidade.

Grupo I – Amostra P-01 (30 dias)

Para a medição do trigésimo dia da amostra P-01 destaca-se os resultados apontados no gráfico de curva espectral (Gráf.14), estes quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, que revelou uma expressiva variação entre os valores mínimos e máximos de refletância, registrando nesta ocasião a mais baixa medição de refletância mínima para este reagente, indicando 3,7% de refletância, e, indicando nesta mesma curva espectral, valor máximo de 5,5%.

Desperta atenção para a medição quanto ao comprimento de onda equivalente a 700 nm, registrando neste ponto a máxima variação de refletância com resultados oscilando dentro dos valores de 4% até 7,2%.

Os resultados revelados pelo gráfico (Gráf.20) do sistema colorimétrico indicaram uma pequena mudança, tanto para a média de resultados de Δa , que registrou -2,75 e quanto para Δb , apontando o resultado médio em -11.

Oportuno registrar uma pequena desconcentração para estes resultados em relação à medição anterior, sugerindo uma tendência à alteração de cor das amostras atacadas pelo reagente detergente neutro especifica para a medição do trigésimo dia.

Quanto à luminosidade (d), o gráfico apontou para uma pequena variação indicada pelo valor máximo em -55 e mínimo em -45.

Portanto, esta medição registrou que as amostras submetidas ao ataque do reagente detergente neutro apontaram para um estágio de maior alteração a partir do trigésimo dia.

Grupo I – Amostra P-01 (40 dias)

Na leitura da medição do quadragésimo dia, os resultados obtidos no gráfico (15) de curva espectral da amostra P-01, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 4,75% de refletância mínima, desta forma revelou um aumento de um ponto percentual em relação a medição anterior. Esta leitura registrou máxima de 6,75% no comprimento de onda de 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 460 nm, 480 nm, 600 nm e 680 nm, e, mínimos em 400 nm e 680 nm.

Os resultados revelados por esta medição (40 dias), segundo o gráfico (21) do sistema colorimétrico, indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -2,80 em Δa , e de Δb em -11,5. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Oportuno registrar que a análise para estes resultados em relação às medições anteriores sugere uma tendência à estabilização, tanto para

alteração de cor quanto para a alteração de luminosidade para estas amostras submetidas ao reagente detergente neutro.

Grupo I – Amostra P-01 (50 dias)

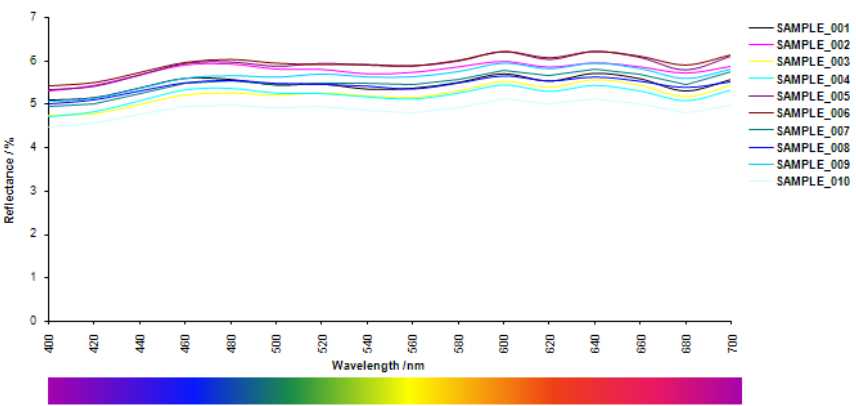
Na última medição, os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.16) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 4,5% a 7,5% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 460 nm, 600 nm e 700 nm, representados pelos valores de 7,2%, 7,4% e 7,5% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,5% e 540 nm com valor de 4,7% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.22) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos se assemelham com os resultados da medição realizada no vigésimo dia, estes destacados pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Da mesma forma, se identifica uma semelhança desta medição comparada à medição do vigésimo dia com relação à variação de luminosidade, esta, apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -50.

Portanto, de uma forma geral, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-01, é possível identificar que o material sofreu pouca alteração de cor ao reagente detergente neutro, contudo, é oportuno notar que o ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente ao detergente neutro, poderá apresentar uma sutil alteração de cor a partir do trigésimo dia.

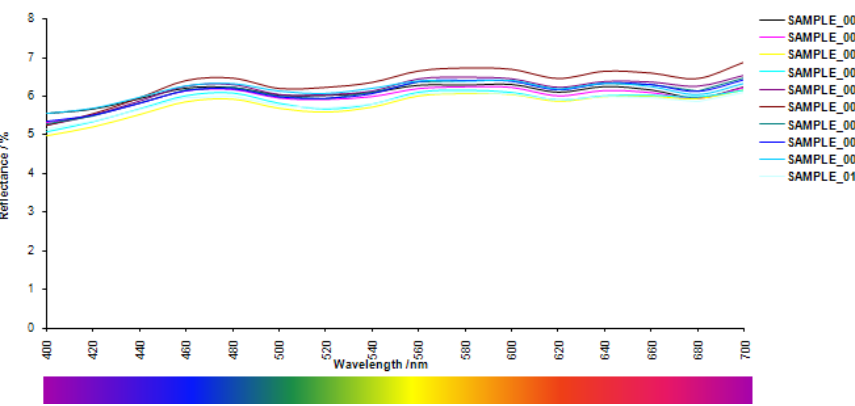
Portanto é importante a atenção para o registro das informações coletadas, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 11: Grupo I – Amostra P-01 - Curva Espectral– Inicial (Detergente).



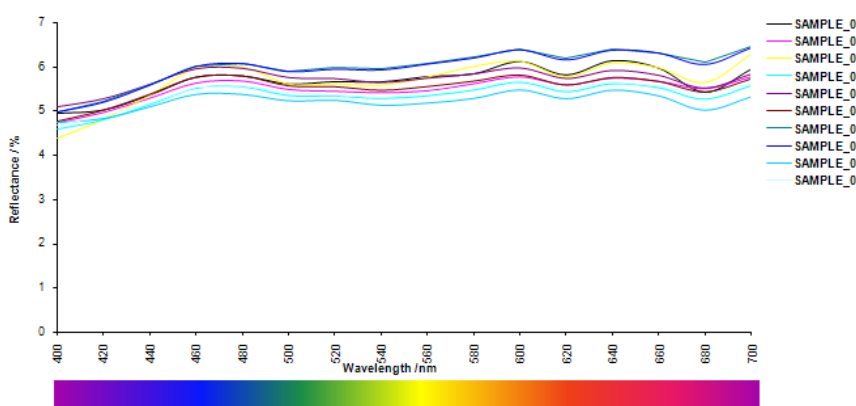
Fonte: O autor

Grafico 12: Grupo I – Amostra P-01 - Curva Espectral –10 dias(Detergente).



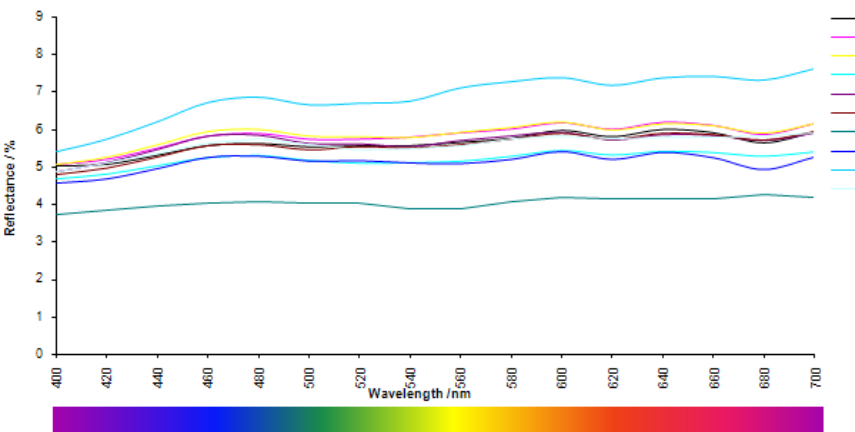
Fonte: O autor

Gráfico 13: Grupo I– Amostra P-01 - Curva Espectral – 20 dias(Detergente).



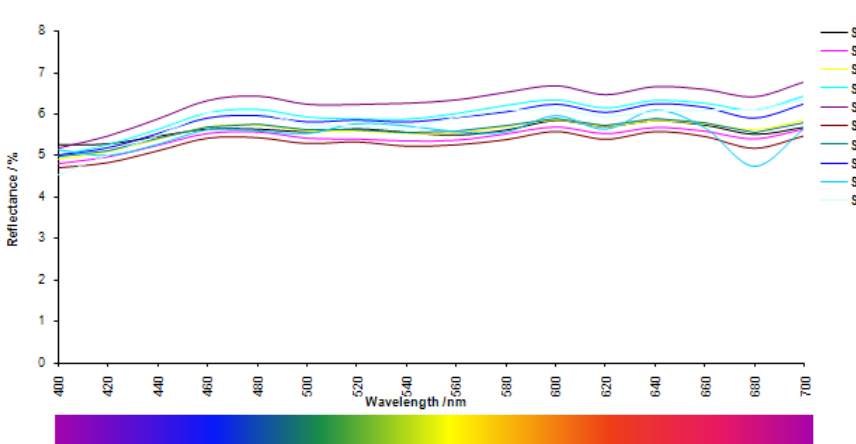
Fonte: O autor

Gráfico 14: Grupo I – Amostra P-01 - Curva Espectral – 30 dias(Detergente).



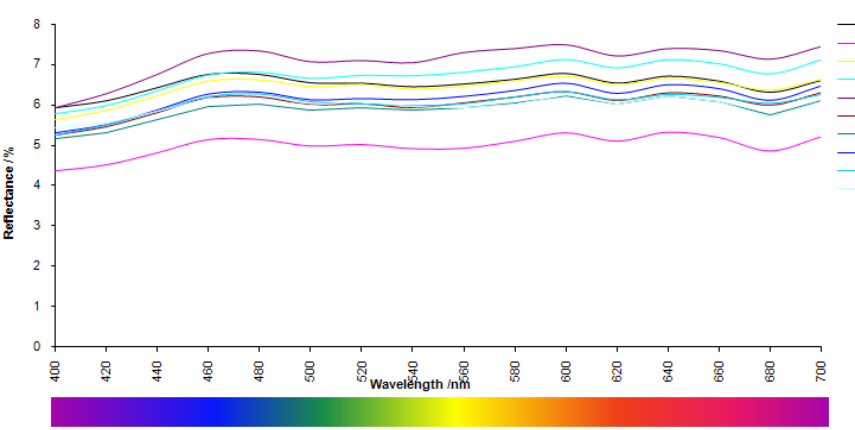
Fonte: O autor

Gráfico 15: Grupo I – Amostra P-01 - Curva Espectral – 40 dias(Detergente).



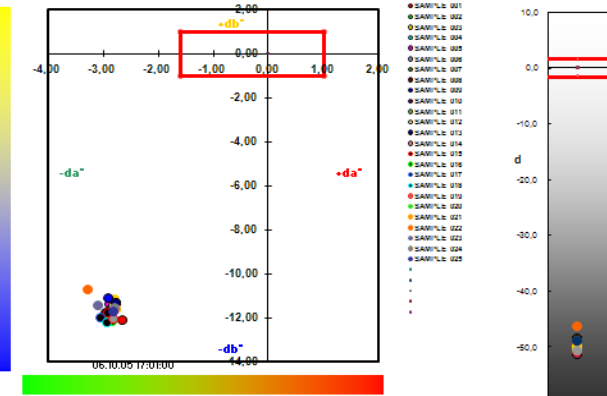
Fonte: O autor

Gráfico 16: Grupo I – Amostra P-01 - Curva Espectral – 50 dias(Detergente).



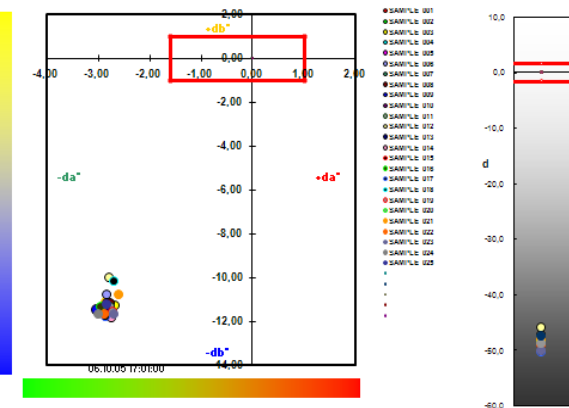
Fonte: O autor

Gráfico 17: Grupo I – Amostra P-01 –Sistema Colorimétrico– Inicial (Detergente).



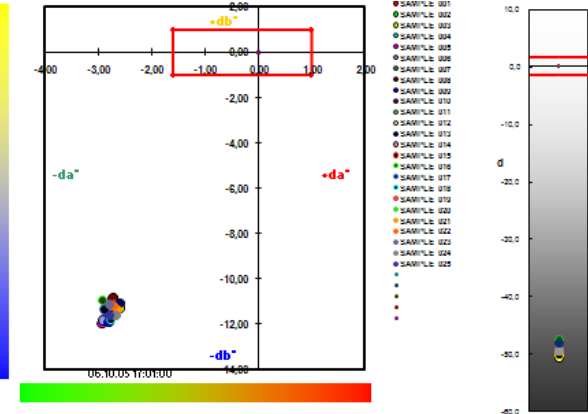
Fonte: O autor

Gráfico 18: Grupo I – Amostra P-01 - Sistema Colorimétrico–10 dias (Detergente).



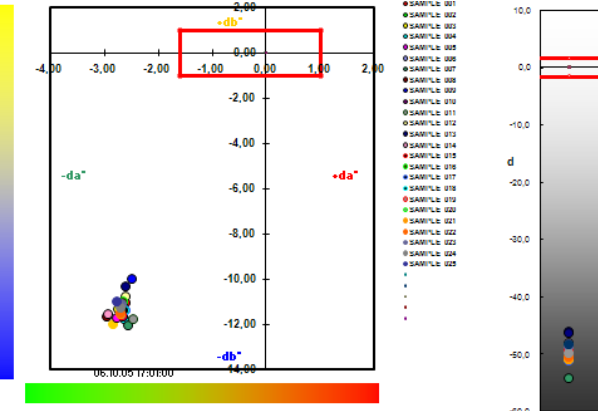
Fonte: O autor

Gráfico 19: Grupo I – Amostra P-01–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Detergente).



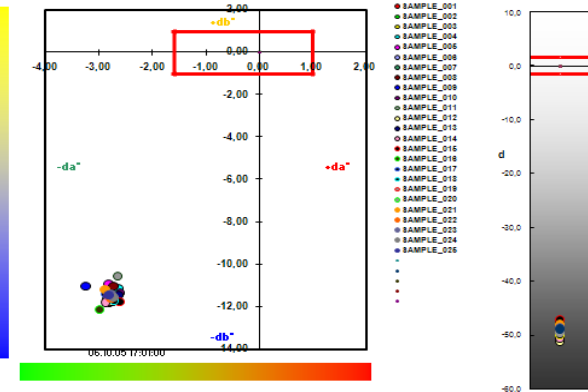
Fonte: O autor

Gráfico 20: Grupo I – Amostra P-01 - Sistema Colorimétrico– 30 dias (Detergente).



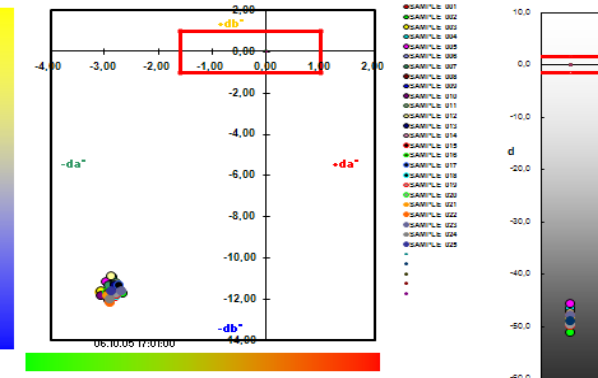
Fonte: O autor

Gráfico 21: Grupo I – Amostra P-01 - Sistema Colorimétrico– 40 dias (Detergente).



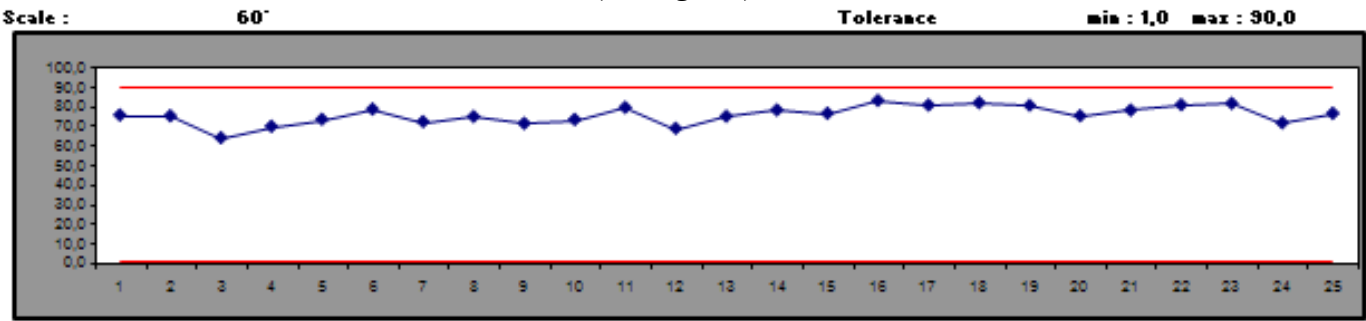
Fonte: O autor

Gráfico 22: Grupo I – Amostra P-01 - Sistema Colorimétrico– 50 dias (Detergente).



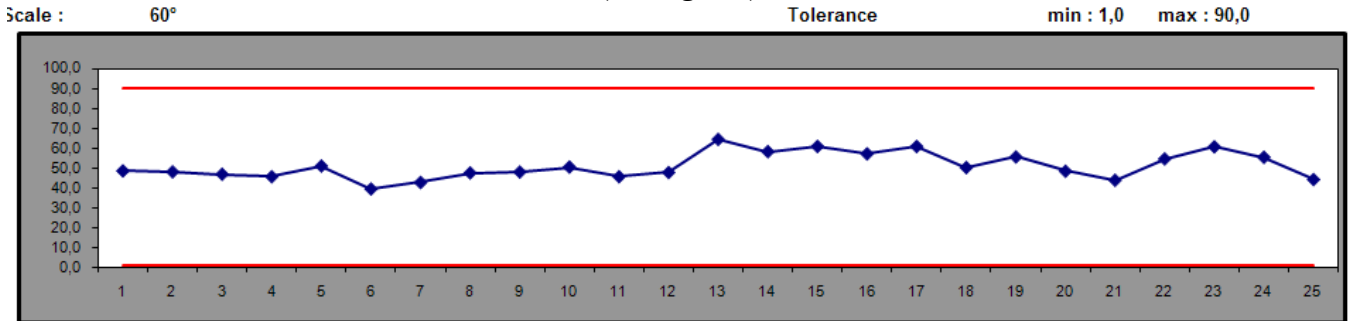
Fonte: O autor

Gráfico 23: Grupo I – Amostra P-01 – Índice de Brilho – Inicial (Detergente).



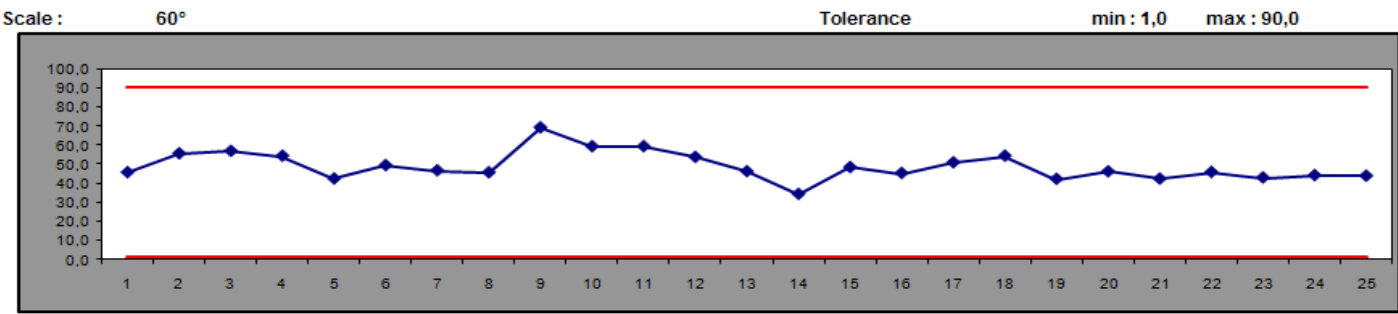
Fonte: O autor

Gráfico 24: Grupo I – Amostra P-01 - Índice de Brilho – 10 dias (Detergente).



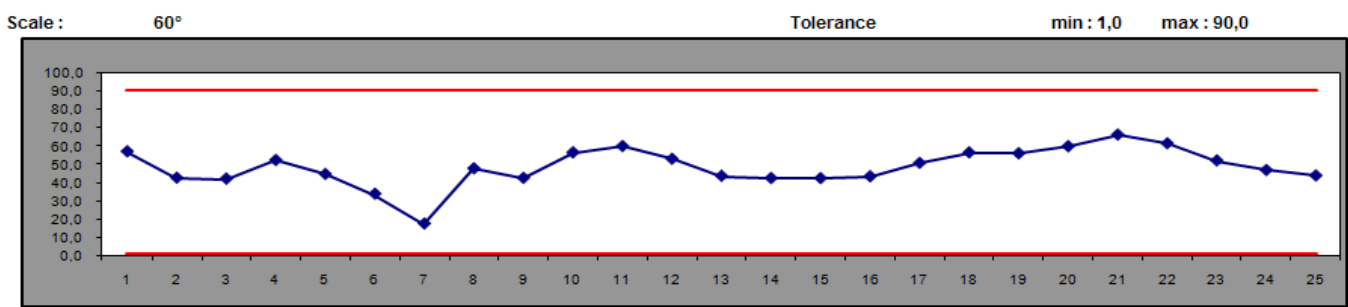
Fonte: O autor

Gráfico 25: Grupo I – Amostra P-01 – Índice de Brilho – 20 dias (Detergente).



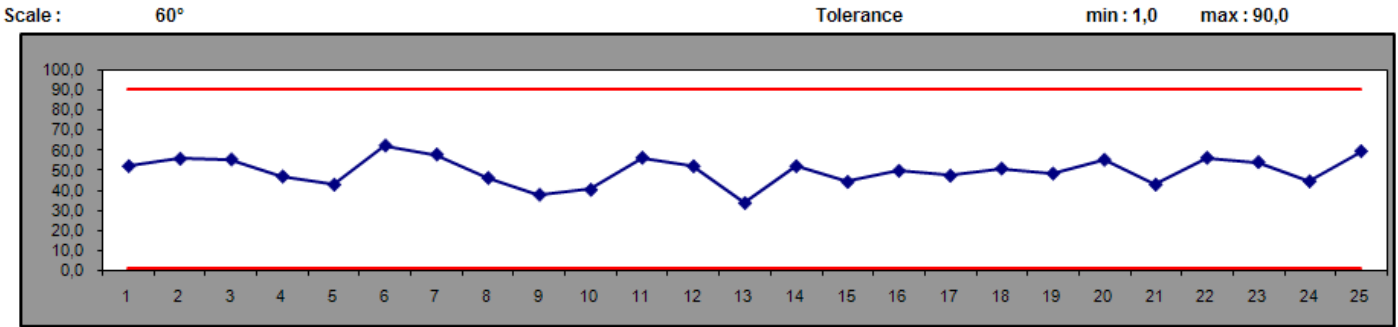
Fonte: O autor

Gráfico 26: Grupo I – Amostra P-01 - Índice de Brilho – 30 dias (Detergente).



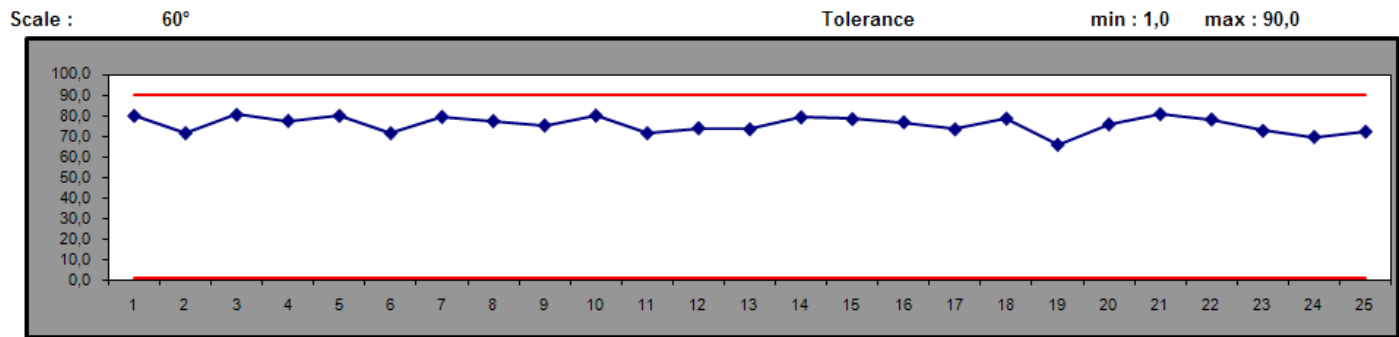
Fonte: O autor

Gráfico 27: Grupo I – Amostra P-01 - Índice de Brilho – 40 dias (Detergente).



Fonte: O autor

Gráfico 28: Grupo I – Amostra P-01 - Índice de Brilho – 50 dias (Detergente).



Fonte: O autor

Grupo I – Amostra P-02 (in natura)

De acordo com as medições obtidas do grupo I, a amostra P-02 no estado *in natura*, apresentou resultados onde se identificou a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 4,8% e 5,5%, indicando pequena variação. Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para as indicações máximas em 460 nm, 600 nm, 640 nm e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm e 560 nm, demonstrando certa linearidade com pequenas oscilações, conforme gráfico (29).

A medição obtida na amostra P-02, observa-se que no seu estado *in natura*, os pontos referentes à obtenção da leitura com o espectrofotômetro, conformaram-se os pontos de refletância compreendidos nos intervalos de refletância máxima e mínima.

Este agrupamento pode ser identificado no gráfico (Gráf.35) pela concentração nos valores do $\Delta a = -3,00$; e $\Delta b = -12,00$; e identificado também os resultados da escala de (d), que se observa o agrupamento dos pontos e a concentração dos resultados no ponto médio -50%. Daí os valores de Δa apontaram para aproximação da cor verde e os resultados do Δb apontaram para a aproximação da cor azul.

Portanto os valores aferidos demonstraram a uma similaridade entre os resultados das amostras, respondendo de forma semelhante para as amostras P-01 e P-02 do material pétreo (*in natura*).

Grupo I – Amostra P-02 (10 dias)

As análises referentes à medição no décimo dia apresentaram uma diminuição da refletância inicial compreendida entre 4,5% e 5,5%, conforme gráfico (30), porém a variação entre máxima e mínima permaneceu entre 4,5% e 6 %, como na amostra *in natura*. Os comprimentos de onda do espectro visível apresentaram uma maior variação em relação às oscilações máximas e

mínimas em comparação ao gráfico da amostra *in natura*. Podendo ser observado uma pequena mudança de comportamento, resultado de possível alteração pelo ataque do reagente.

Na leitura do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.36), os resultados identificados pelos pontos concentrados nos valores correspondentes a -3,00 (Δa) e -12,00 para (Δb). Na escala de luminosidade, os resultados obtidos nessa medição não revelaram alteração, identificando similaridade com a leitura da amostra inicial, correspondentes ao valor médio de (d) em -50.

Portanto, oportuno o registro de uma sinalização ao início de alteração pelo reagente aos dez dias de ataque, contudo, não foi notada variação significativa quanto a sua refletância e luminosidade.

Grupo I – Amostra P-02 (20 dias)

Os resultados apontados para a medição do vigésimo dia da amostra P-01, submetida ao ataque pelo reagente detergente neutro, segundo o gráfico de curva espectral (Gráf.31), observa-se que na escala de variação de refletância, no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm que este resultado mínimo evoluiu de 4,5% para 5% em relação com a medição do décimo dia, e atingindo 6,8% de valor máximo de refletância em 700 nm, indicando assim uma variação maior que a medição do décimo dia.

De maneira geral, os pontos aferidos da amostra P-02 oscilaram entre os valores máximos e mínimos de refletância compreendidos entre 4,3% a 5,2%, dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm, com mínimas diferenças de variação entre si. Entretanto, nota-se picos de oscilação ascendente nos comprimentos de ondas equivalentes a 460 nm, 480 nm, 600 nm, 640 nm e 700 nm (máx.), e picos de oscilações mínimas em 400 nm e 680 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.37), os resultados para a medição do vigésimo dia da amostra P-02, apontou para a concentração dos

valores de Δa e Δb em -3,00 e -12,00, respectivamente. Identifica-se desta forma, uma estabilidade com relação aos dados revelados na medição anterior. De acordo com a medição aferida no décimo dia, não foi percebido alteração expressiva de cor para esta medição.

Da mesma forma é possível identificar uma estabilidade para o resultado quanto à luminosidade, que concentrou os resultados (d) em -50, com mínimas variações para mais ou para menos. Portanto não foi percebida mudança significativa quanto à luminosidade.

Grupo I – Amostra P-02 (30 dias)

Para a medição do trigésimo dia da amostra P-02 o gráfico de curva espectral (Gráf.32), resultados da medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, revelou uma variação entre os valores mínimos e máximos de refletância, indicando 4,5% de refletância, e, indicando nesta mesma curva espectral, valor máximo de 5,8% em 600 nm.

Os resultados revelados pelo gráfico (38), do sistema colorimétrico, indicaram resultados de Δa em -2,75 e para Δb apontando o resultado médio em -12.

Oportuno registrar que não houve mudança significativa para estes resultados em relação à medição anterior, sugerindo uma tendência à estabilidade quanto à alteração de cor das amostras atacadas pelo reagente detergente neutro especifica para a medição do trigésimo da amostra P-02.

Quanto à luminosidade (d), o gráfico apontou estabilidade indicada pelo valor máximo em -50.

Grupo I – Amostra P-02 (40 dias)

Na leitura da medição do quadragésimo dia, os resultados obtidos no gráfico (33), de curva espectral, da amostra P-02, quanto à medição

equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 4,6% de refletância mínima, desta forma revelou um aumento de um ponto percentual em relação à medição anterior. Esta leitura registrou máxima de 6,8% no comprimento de onda de 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 640 nm, e, mínimos em 400 nm e 680 nm.

Os resultados revelados por esta medição (40 dias), segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.39), indicaram para um conformidade dos resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12,00. Porém, destaca-se neste gráfico a um pequeno espalhamento dos pontos, isto o diferencia dos resultados anteriores, caracterizando uma possível alteração da amostra sob o reagente a partir de 40 dias. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Grupo I – Amostra P-02 (50 dias)

Na última medição, os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.34) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 4,8% a 7% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 460 nm, 600 nm e 640 nm, representados pelos valores de 7%, 6,5% e 6,2% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,8% e 680 nm com valor de 4,8% de refletância.

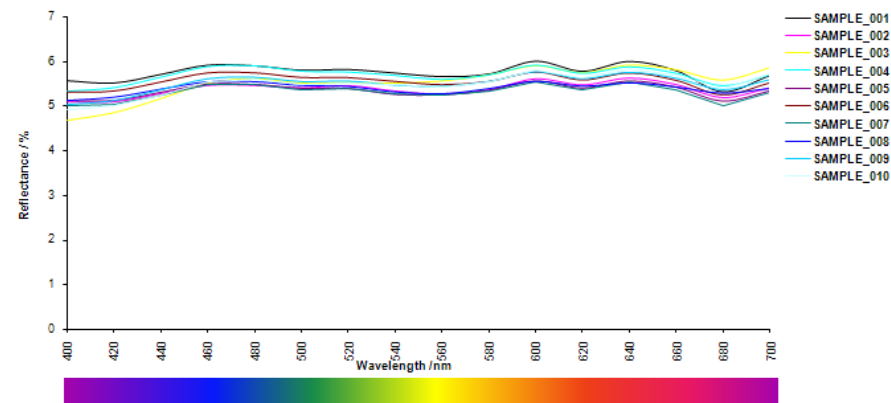
A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.40) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos mostram concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12,00 (Δb). A variação de luminosidade apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -50.

Portanto, de uma forma geral, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-02, é possível identificar que o material sofreu pouca alteração de cor ao reagente detergente neutro, contudo, é

oportuno notar que o ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente ao detergente neutro, poderá apresentar uma sutil alteração de cor a partir do quadragésimo dia.

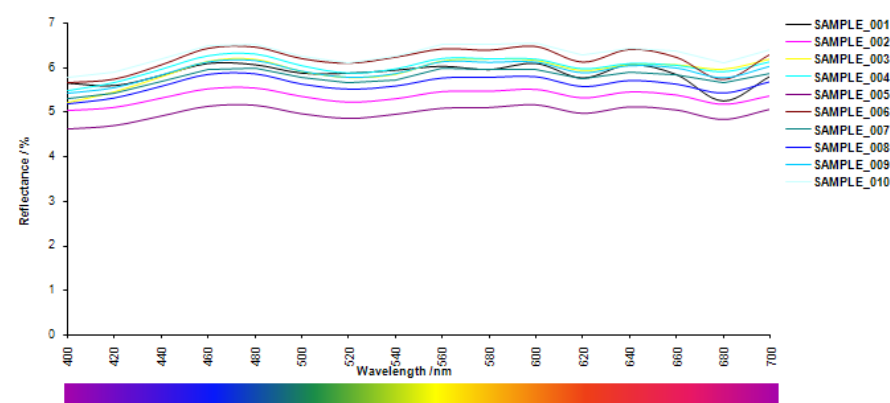
Portanto é importante a atenção para o registro das informações coletadas, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 29: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – Inicial (Detergente).



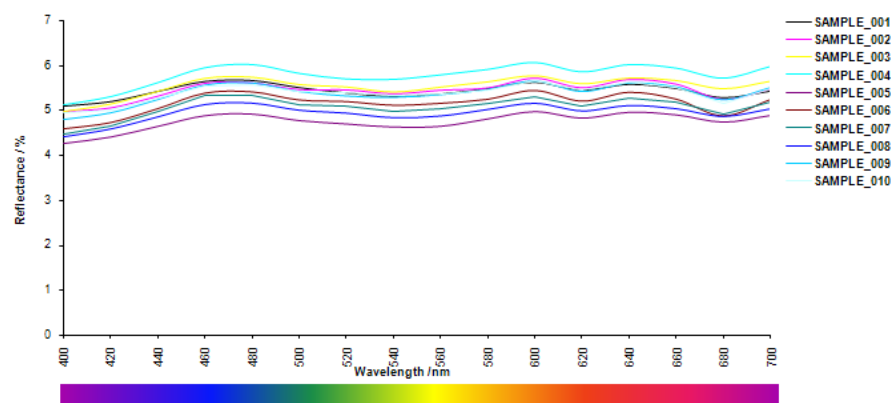
Fonte: O autor

Gráfico 30: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – 10 dias (Detergente).



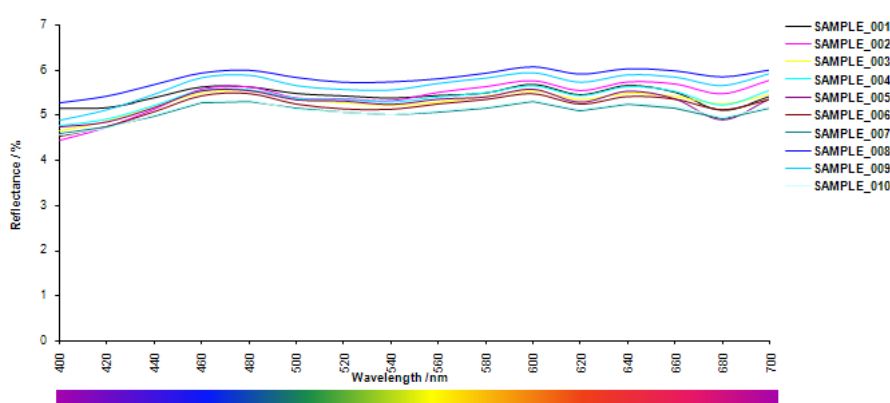
Fonte: O autor

Gráfico 31: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – 20 dias (Detergente).



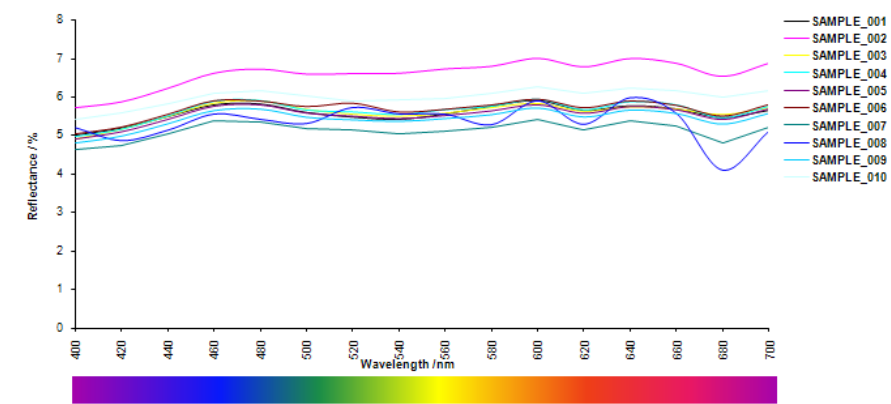
Fonte: O autor

Gráfico 32: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – 30 dias (Detergente).



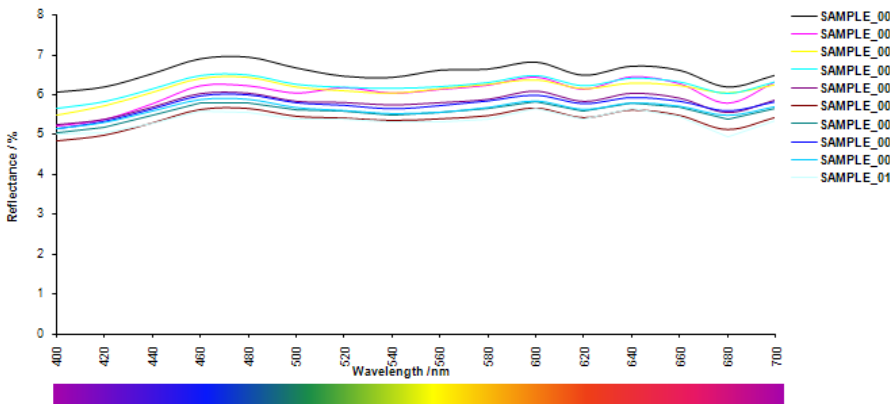
Fonte: O autor

Gráfico 33: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – 40 dias (Detergente).



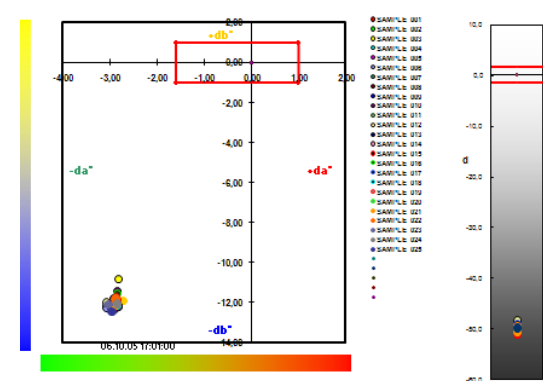
Fonte: O autor

Gráfico 34: Grupo I – Amostra P-02 - Curva Espectral – 50 dias (Detergente).



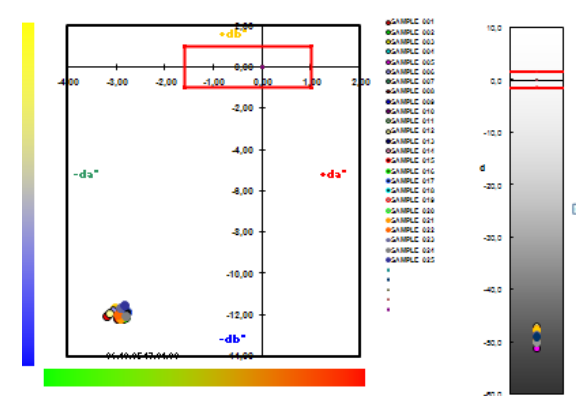
Fonte: O autor

Gráfico 35: Grupo I – Amostra P-02–Sistema Colorimétrico– Inicial (Detergente).



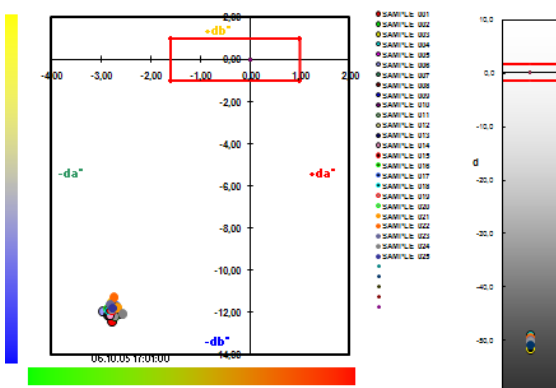
Fonte: O autor

Gráfico 36: Grupo I – Amostra P-02 - Sistema Colorimétrico– 10 dias (Detergente).



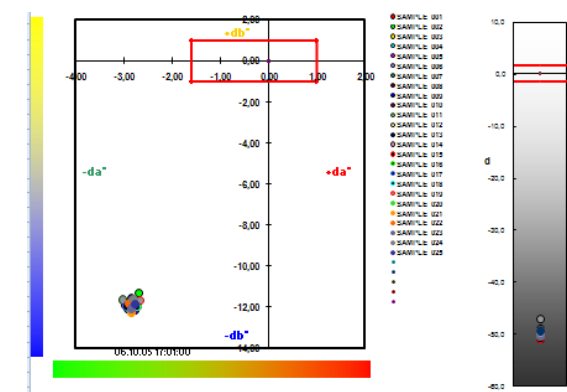
Fonte: O autor

Gráfico 37: Grupo I – Amostra P-02–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Detergente).



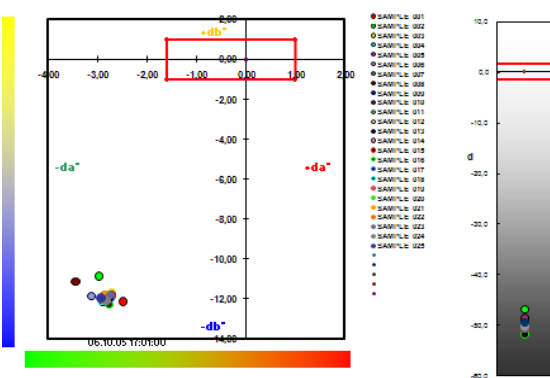
Fonte: O autor

Gráfico 38 Grupo I – Amostra P-02 - Sistema Colorimétrico– 30 dias (Detergente).



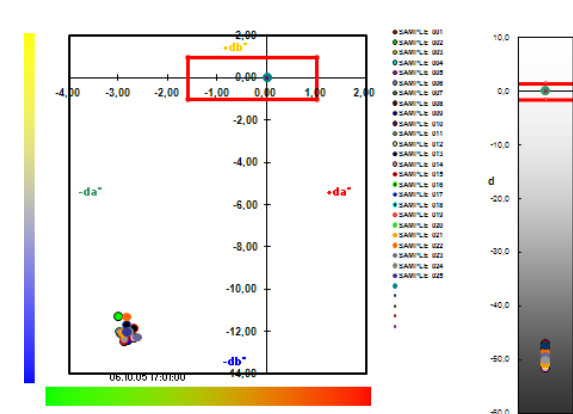
Fonte: O autor

Gráfico 39: Grupo I – Amostra P-02 - Sistema Colorimétrico– 40 dias (Detergente).



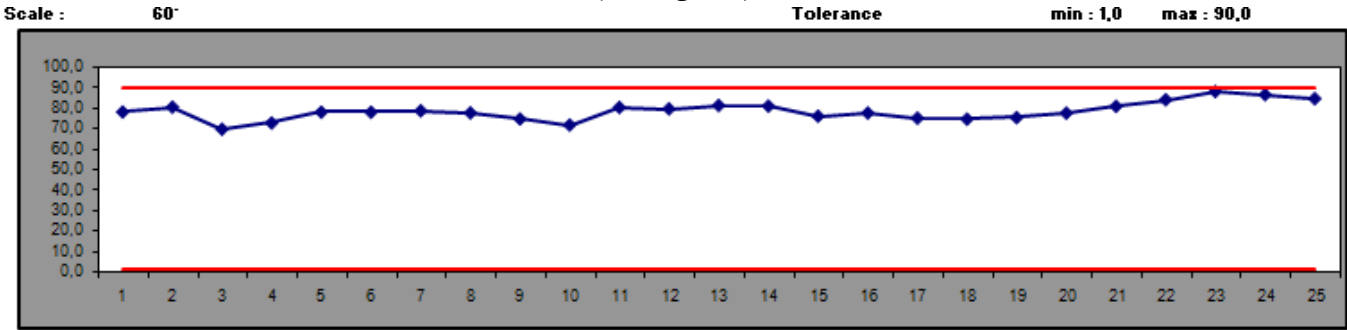
Fonte: O autor

Gráfico 40: Grupo I – Amostra P-02 - Sistema Colorimétrico– 50 dias (Detergente).



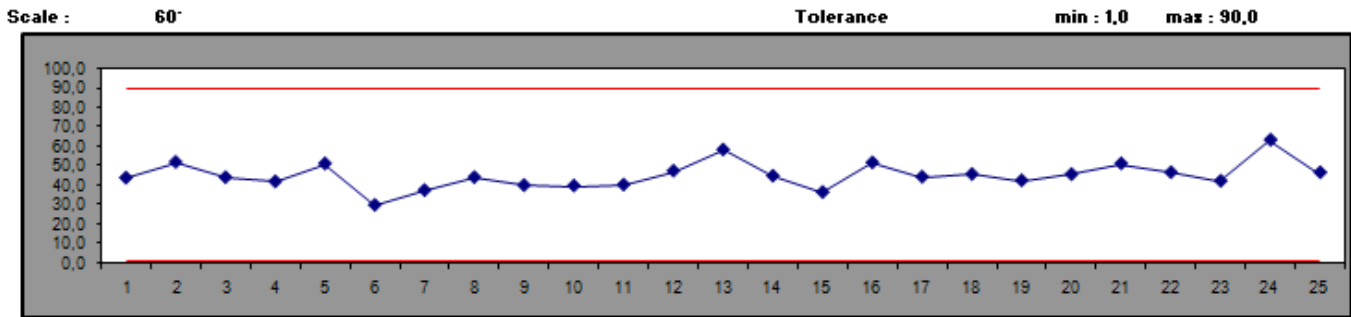
Fonte: O autor

Gráfico 41: Grupo I – Amostra P-02 – Índice de Brilho – Inicial (Detergente).



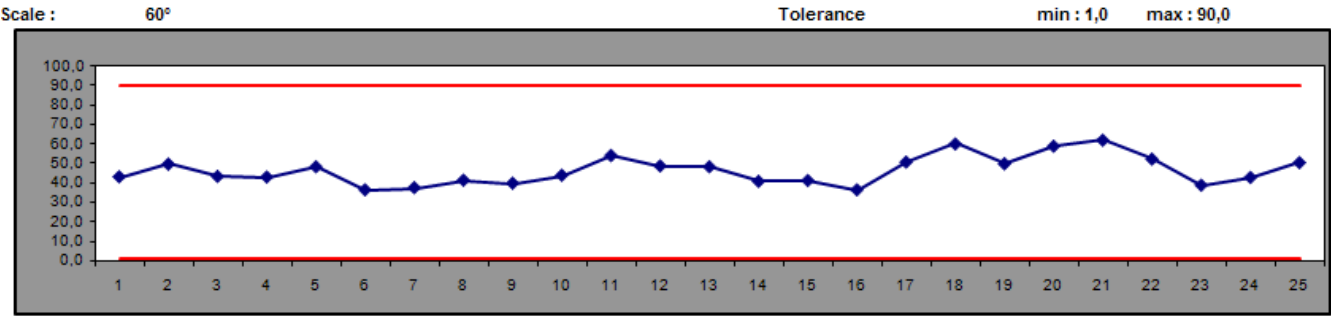
Fonte: O autor

Gráfico 42: Grupo I – Amostra P-02 - Índice de Brilho – 10 dias (Detergente).



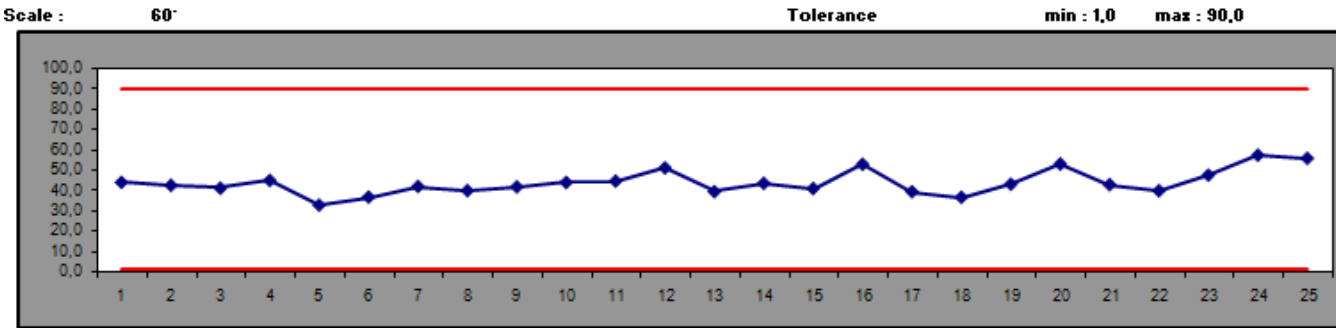
Fonte: O autor

Gráfico 43: Grupo I – Amostra P-02 – Índice de Brilho – 20 dias (Detergente).



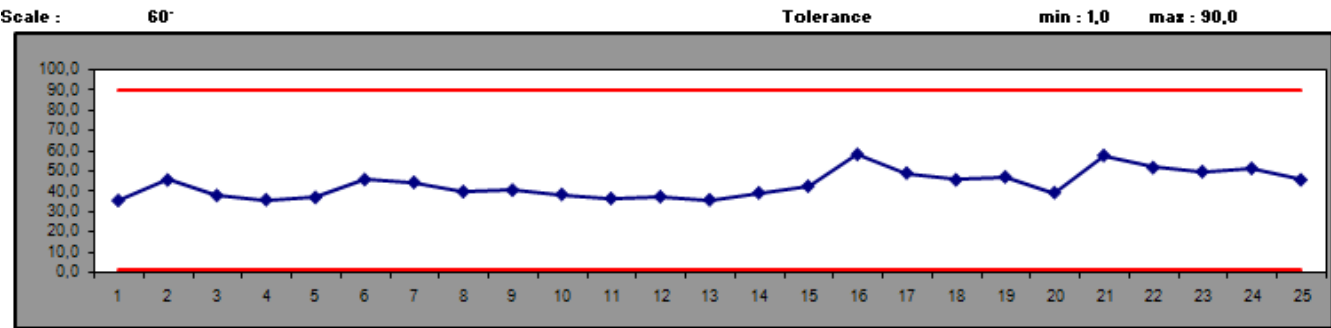
Fonte: O autor

Gráfico 44: Grupo I – Amostra P-02 - Índice de Brilho – 30 dias (Detergente).



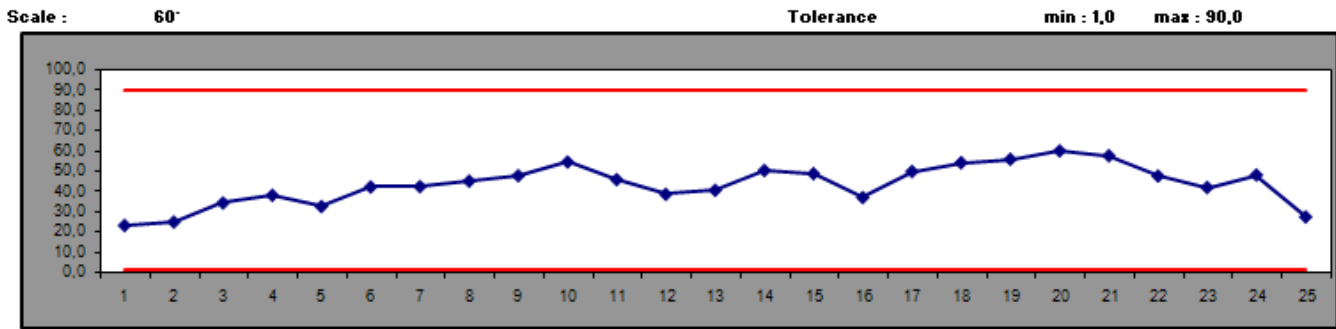
Fonte: O autor

Gráfico 45: Grupo I – Amostra P-02 - Índice de Brilho – 40 dias (Detergente).



Fonte: O autor

Gráfico 46: Grupo I – Amostra P-02 - Índice de Brilho – 50 dias (Detergente).



Fonte: O auto

15.2. AMOSTRAS DO GRUPO II - SUBMETIDAS AO ATAQUE COM REAGENTE MULTIUSO TRADICIONAL

Grupo II – Amostra P-03 (in natura)

De acordo com as medições obtidas do grupo II, a amostra P-03 em seu estado *in natura*, os resultados apontaram para a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 5% e 6,5%, indicando pequena variação. Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para picos máximos nas indicações dos comprimentos de onda em 460 nm, 480 nm, 600 nm, e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm e 680 nm, demonstrando certa linearidade com pequenas oscilações, conforme gráfico (47).

Os resultados revelados pela medição (*in natura*), segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.53), indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração dos resultados nos valores aproximados de -50.

Grupo II – Amostra P-03 (10dias)

Na leitura da medição do décimo dia, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.48) da amostra P-03, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, que registrou 4,75% de refletância mínima, e máxima de 7% no comprimento de onda equivalente a 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 700 nm, e, mínimos em 400 nm e 520 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.54), indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na

escala de luminosidade (d) uma concentração para os resultados de todos os pontos medidos nos valores aproximados de -48, com variações mínimas para mais e para menos.

Grupo II – Amostra P-03 (20 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.49) mostraram uma variação de refletância compreendida entre os valores de 4,2% a 7,2%, para os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 480 nm, 600 nm e 700 nm, representados pelos valores de 7,0%, 7,1% e 7,2% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,2% e 600 nm com valor de 4,7% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.55) para esta medição revelou que os resultados são destacados pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Quanto a luminosidade, os resultados concentram-se nos valores aproximados de -50 (d).

Grupo II – Amostra P-03 (30 dias)

Os resultados apontados para a medição do trigésimo dia, segundo o gráfico de curva espectral (Gráf.50), que na escala de variação de refletância, identifica-se no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm o resultado mínimo de 4,75%, e atingindo 6,8% de valor máximo de refletância em 600 nm.

De maneira geral, o gráfico mostra pequena oscilação entre os valores máximos e mínimos de refletância dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm, com mínima variação entre si. Entretanto, nota-se picos de oscilação ascendente nos comprimentos de ondas equivalentes a 460 nm, 600 nm (máx.), 640 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.56), os resultados para a medição do amostra P-03 apontaram para a concentração dos valores de Δa e Δb em -3 e -12, respectivamente. Identifica-se desta forma, uma estabilidade com relação aos dados revelados nas medições anteriores. Da mesma forma é possível identificar uma estabilidade para o resultado quanto à luminosidade, que concentrou os resultados (d) em -50, com mínimas variações para mais ou para menos. Portanto não foi percebida mudança significativa quanto à luminosidade.

Grupo II – Amostra P-03 (40 dias)

Na leitura desta medição, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.51) da amostra P-03, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 4,75% de refletância mínima, e registrou máxima de 6,5% no comprimento de onda de 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 700 nm, e, mínimos em 400 nm e 680 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.57), indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12,00. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Grupo II – Amostra P-03 (50 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.52) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 3,8% a 6,5% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 460 nm, 600 nm e 640 nm, representados pelos valores de 6,2%, 6,3% e 6,5% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no

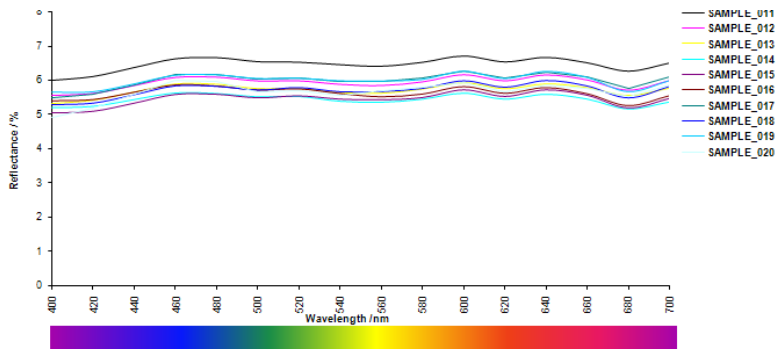
intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 3,8% e 540 nm com valor de 4,2% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.58) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos se destacam pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Da mesma forma, se identifica uma semelhança desta medição comparada às medições anteriores, com pouca diferença em relação aos resultados. Quanto a variação de luminosidade, esta, apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -50. Seguindo desta forma uma hegemonia em relação a todos os resultados anteriores.

Portanto, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-03, é possível identificar que o material sofreu pouca alteração de cor ao ataque submetido pelo reagente multiuso tradicional, contudo, é oportuno notar que o ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente a este reagente, poderá apresentar uma sutil alteração de cor a partir do 50º dia.

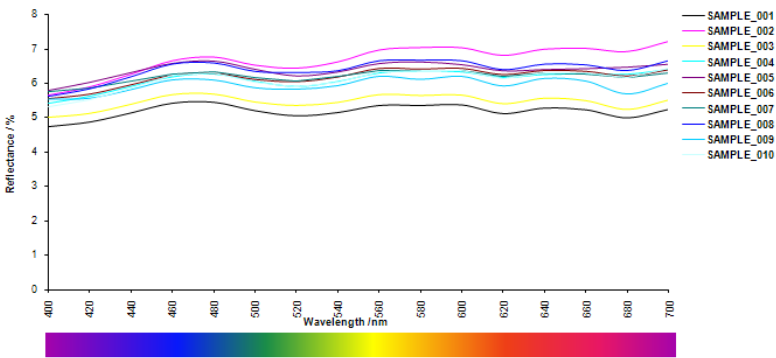
Logo, assim como no caso anterior, é importante a sugestão para o registro das informações coletadas do estudo, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 47: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – Inicial (Multiuso).



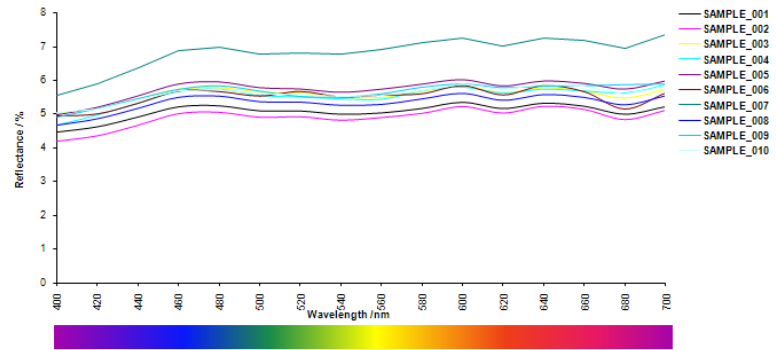
Fonte: O autor

Gráfico 48: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – 10 dias (Multiuso).



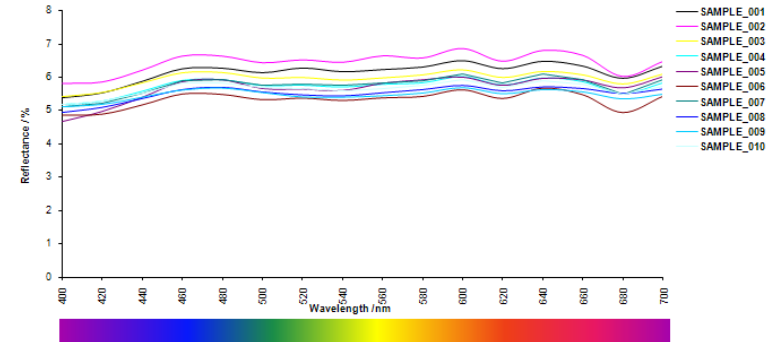
Fonte: O autor

Gráfico 49: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – 20 dias (Multiuso).



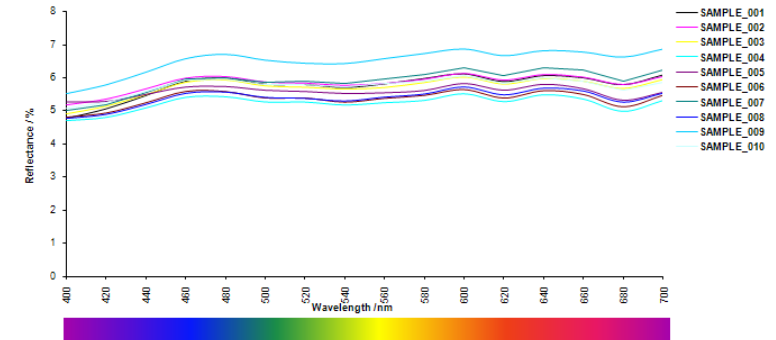
Fonte: O autor

Gráfico 50: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – 30 dias (Multiuso).



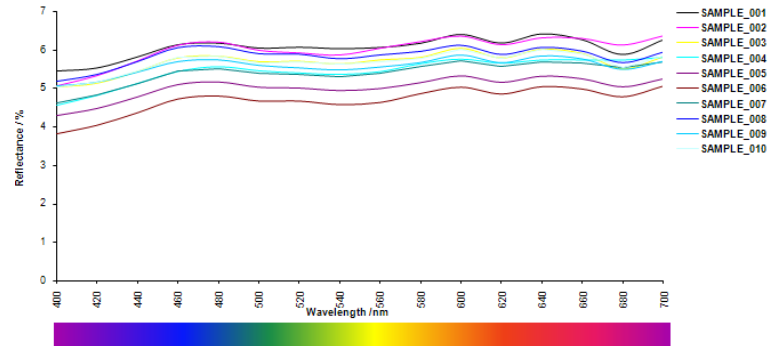
Fonte: O autor

Gráfico 51: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – 40 dias (Multiuso).



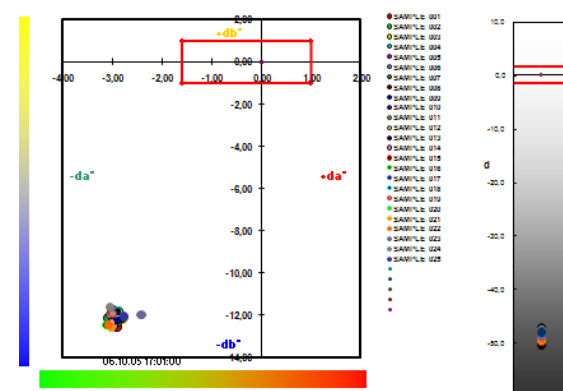
Fonte: O autor

Gráfico 52: Grupo II – Amostra P-03 - Curva Espectral – 50 dias (Multiuso).



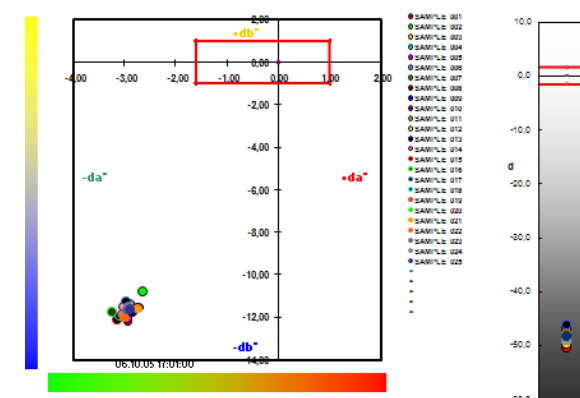
Fonte: O autor

Gráfico 53: Grupo II – Amostra P-03 –Sistema Colorimétrico– Inicial (Multiuso).



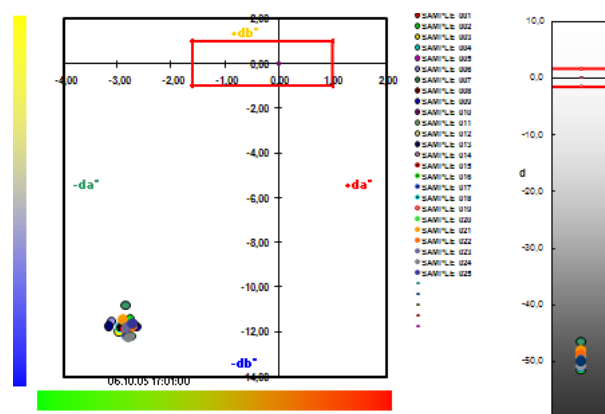
Fonte: O autor

Gráfico 54: Grupo II – Amostra P-03 - Sistema Colorimétrico– 10 dias (Multiuso).



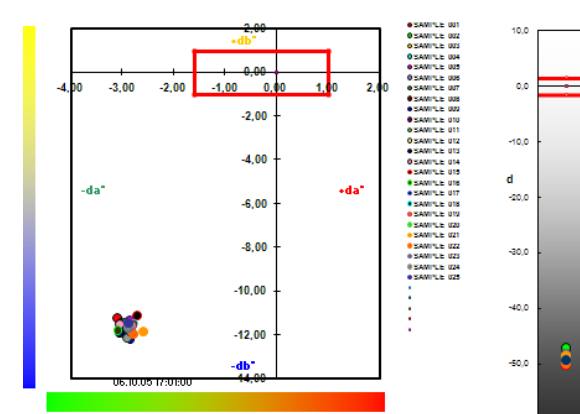
Fonte: O autor

Gráfico 55: Grupo II – Amostra P-03–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Multiuso).



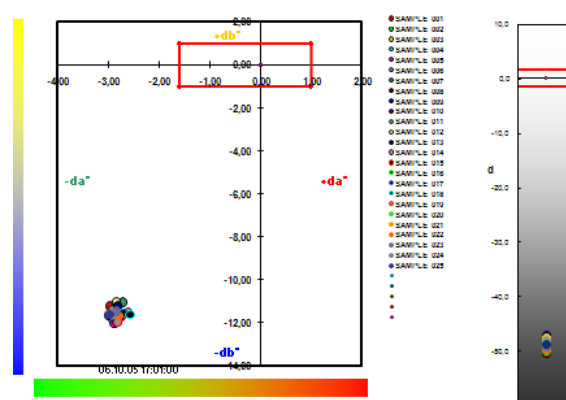
Fonte: O autor

Gráfico 56: Grupo II – Amostra P-03 - Sistema Colorimétrico– 30 dias (Multiuso).



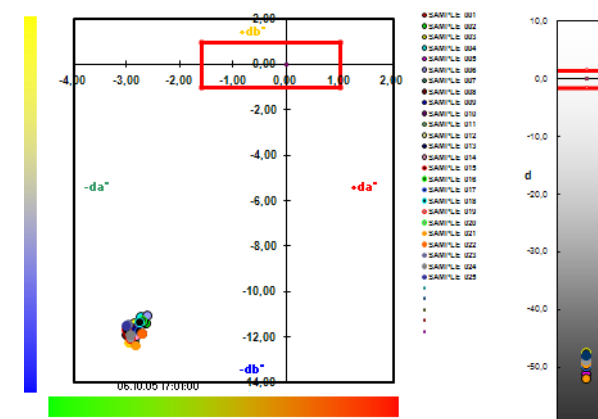
Fonte: O autor

Gráfico 57: Grupo II – Amostra P-03 - Sistema Colorimétrico– 40 dias (Multiuso).



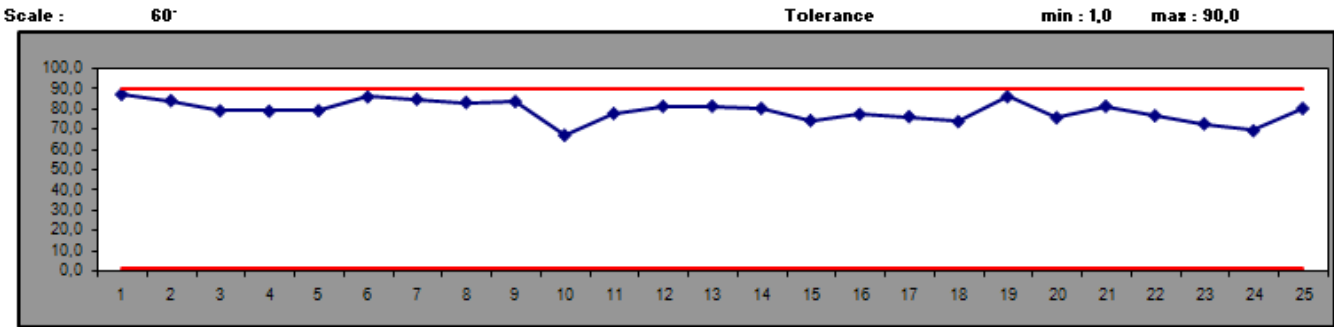
Fonte: O autor

Figura 58: Grupo II – Amostra PO3 - Sistema Colorimétrico– 50 dias (Multiuso).



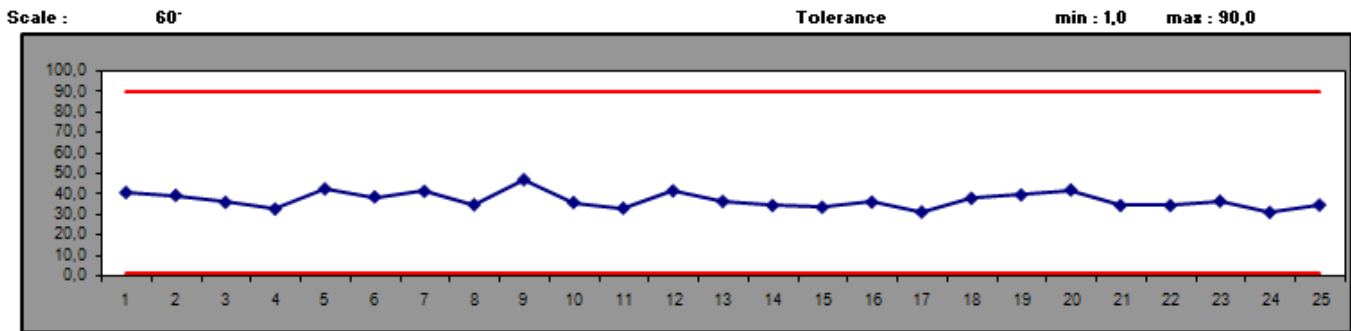
Fonte: O autor

Gráfico 59: Grupo II – Amostra P-03 – Índice de Brilho – Inicial (Multiuso).



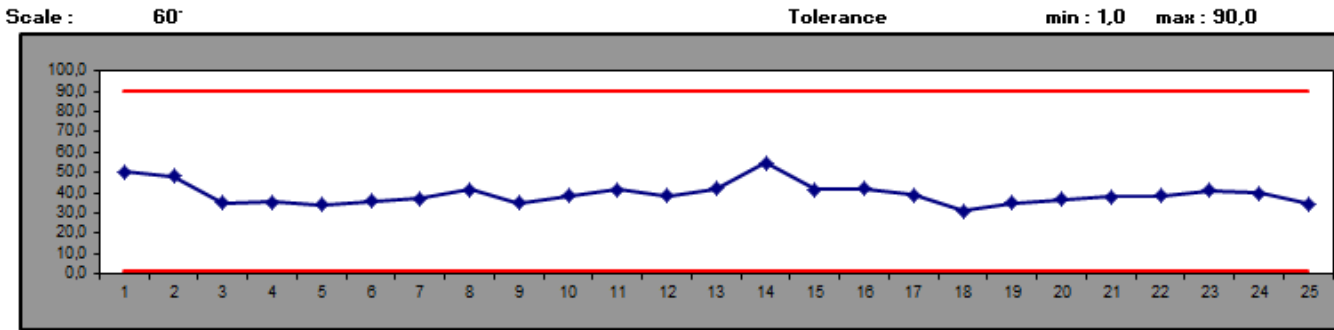
Fonte: O autor

Gráfico 60: Grupo II – Amostra P-03 - Índice de Brilho – 10 dias (Multiuso).



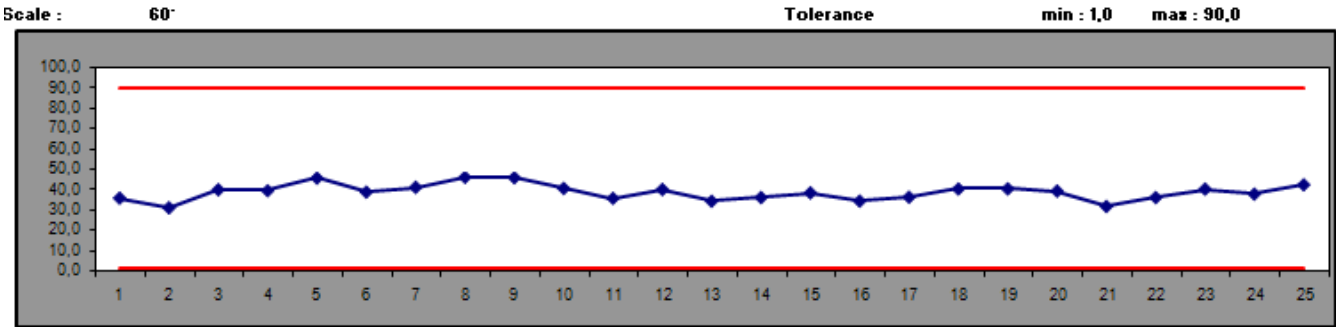
Fonte: O autor

Figura 61: Grupo II – Amostra PO3 – Índice de Brilho – 20 dias (Multiuso).



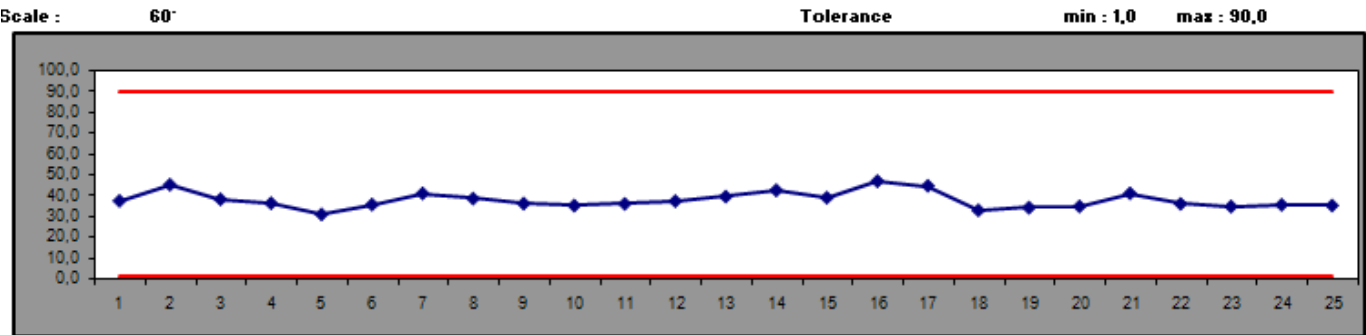
Fonte: O autor

Gráfico 62: Grupo II – Amostra P-03 - Índice de Brilho – 30 dias (Multiuso).



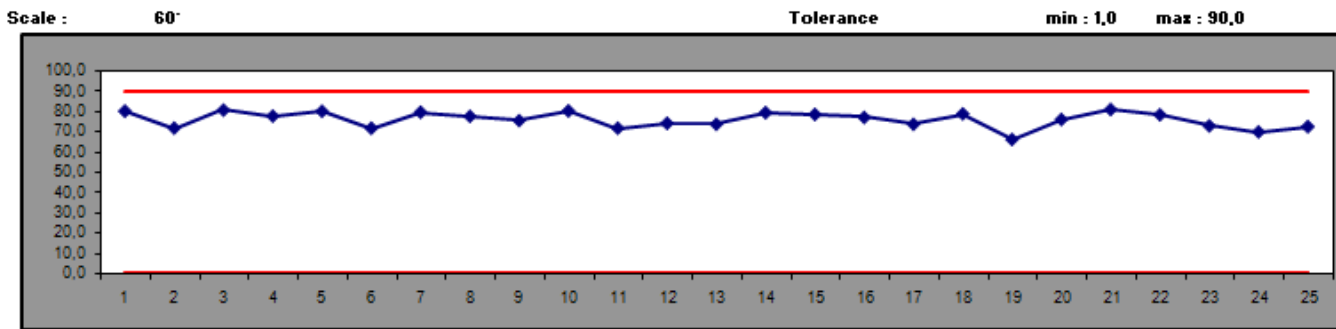
Fonte: O autor

Gráfico 63: Grupo II – Amostra P-03 - Índice de Brilho – 40 dias (Multiuso).



Fonte: O autor

Gráfico 64: Grupo II – Amostra P-03 - Índice de Brilho – 50 dias (Multiuso).



Fonte: O autor

Grupo II – Amostra P-04 (in natura)

De acordo com as medições da amostra P-04, *in natura*, os resultados do gráfico (65), de curva espectral, apontaram para a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 5% e 6,5%, indicando pequena variação. Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para picos máximos nas indicações dos comprimentos de onda em 600 nm, 640 nm, e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm e 560 nm, demonstrando pouca oscilação e tendência de linearidade.

Os resultados revelados pela medição (*in natura*), segundo o gráfico (71) do sistema colorimétrico, indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração dos resultados nos valores aproximados de -50.

Grupo II – Amostra P-04 (10dias)

Na leitura da medição do décimo dia, os resultados obtidos no gráfico (66) de curva espectral da amostra P-04, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, que registrou 5% de refletância mínima, e máxima de 6,8% no comprimento de onda equivalente a 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 700 nm, e, mínimos em 400 nm e 520 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico (72) do sistema colorimétrico, indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os resultados de todos os pontos medidos nos valores aproximados de -50, com variações mínimas para mais e para menos.

Grupo II – Amostra P-04 (20 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico (67) de curva espectral mostraram uma variação de refletância compreendida entre os valores de 4,2% a 6,2%, para os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 480 nm, 600 nm e 640 nm, representados pelos valores de 6,0%, 6,1% e 6,2% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,2% e 600 nm com valor de 4,7% de refletância.

A análise do gráfico (73), do sistema colorimétrico revelou para esta medição que os resultados são destacados pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Quanto a luminosidade, os resultados concentram-se nos valores aproximados de -50 (d).

Grupo II – Amostra P-04 (30 dias)

Os resultados apontados para a medição do trigésimo dia, segundo o gráfico de curva espectral (Gráf.68), que na escala de variação de refletância, identifica-se no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm o resultado mínimo de 4,2%, e atingindo 5,8% de valor máximo de refletância em 700 nm.

De maneira geral, o gráfico 68 mostra pequena oscilação entre os valores máximos e mínimos de refletância dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm, com mínima variação entre si. Entretanto, os picos de oscilação máxima nos comprimentos de ondas equivalentes a 460 nm, 600 nm (máx.), 640 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.74), os resultados para a medição da amostra P-04 apontaram para a concentração dos valores de Δa e Δb em -2,80 e -11,00, respectivamente. Identifica-se desta forma, uma pequena variação com relação aos dados revelados nas medições anteriores. O

resultado quanto a luminosidade concentrou os resultados (d) em -50, com mínimas variações para mais ou para menos.

Portanto não foi percebida mudança significativa quanto à luminosidade, porém é possível identificar uma tendência para início de alteração de cor a partir dos 30 dias da amostra submetida a este reagente.

Grupo II – Amostra P-04 (40 dias)

Na leitura desta medição, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.69) da amostra P-04, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 4,2% de refletância mínima, e registrou máxima de 7% no comprimento de onda de 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 700 nm, e, mínimos em 400 nm e 680 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o sistema colorimétrico (Gráf.75) indicou para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12,00. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Grupo II – Amostra P-04 (50 dias)

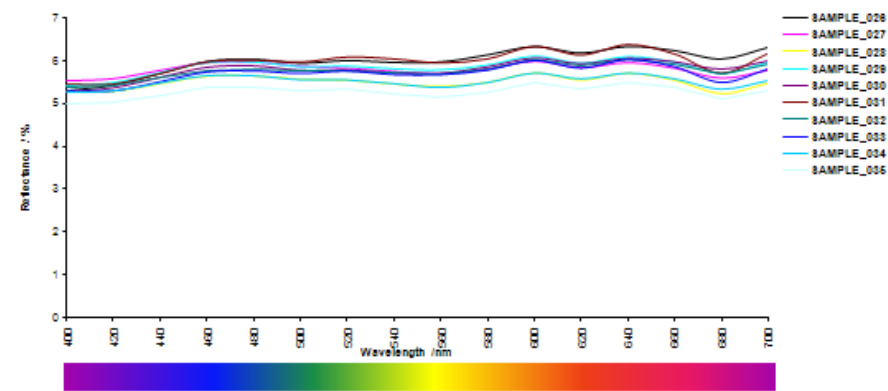
Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.70) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 4,6% a 6,8% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 460 nm, 600 nm e 700 nm, representados pelos valores de 6,3%, 6,5% e 6,8% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,6% e 580 nm com valor de 4,8% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.76) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos se destacam pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Quanto a variação de luminosidade, esta, apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -50. Seguindo desta forma uma hegemonia em relação a todos os resultados anteriores.

Portanto, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-04, é possível identificar que o material sofreu pouca alteração de cor ao ataque submetido pelo reagente multiuso tradicional, contudo, é oportuno notar que o ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente a este reagente, poderá apresentar uma sutil alteração de cor a partir dos quarenta dias.

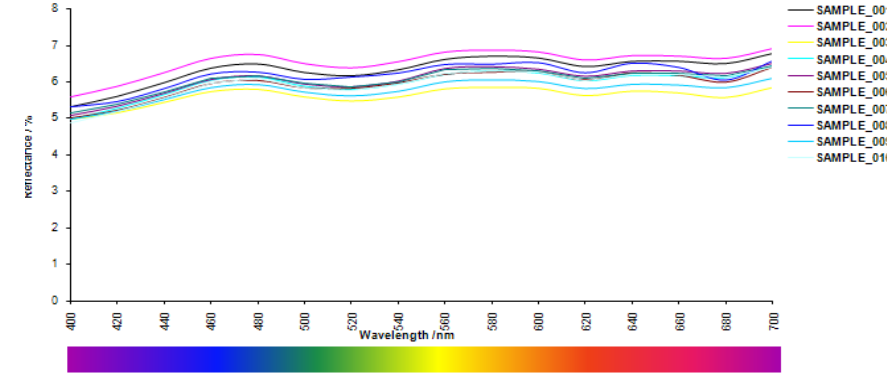
Desta forma, é importante a sugestão para o registro das informações coletadas do estudo, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 65: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – Inicial (Multiuso).



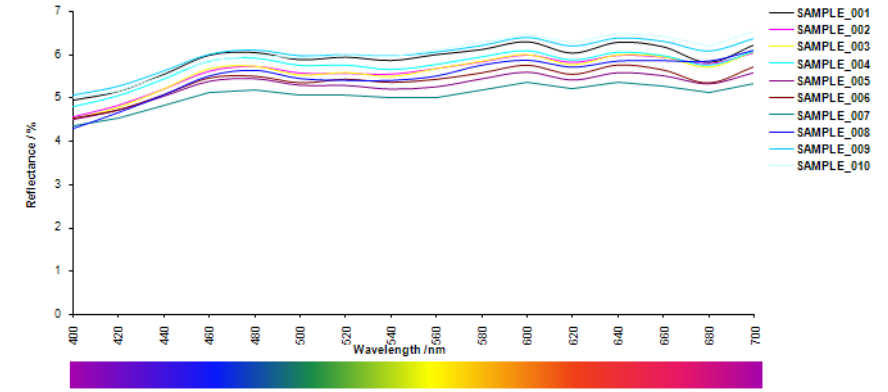
Fonte: O autor

Gráfico 66: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – 10 dias (Multiuso).



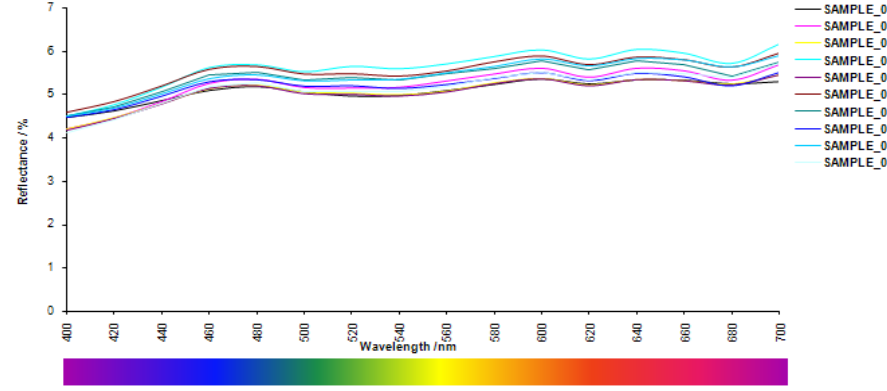
Fonte: O autor

Gráfico 67: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – 20 dias (Multiuso).



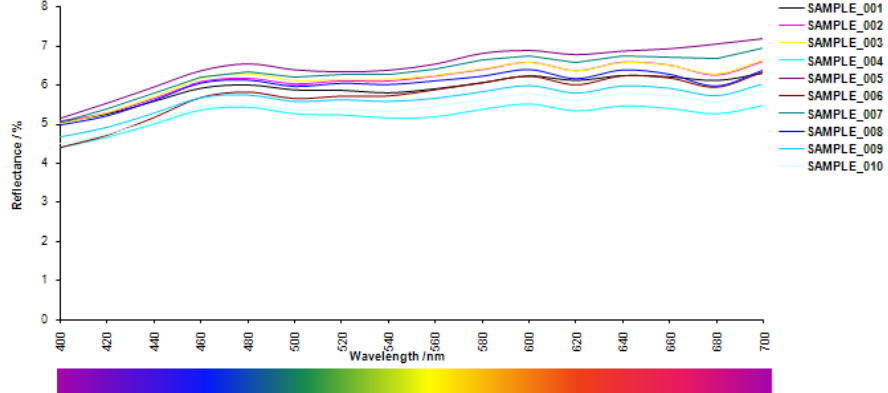
Fonte: O autor

Gráfico 68: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – 30 dias (Multiuso).



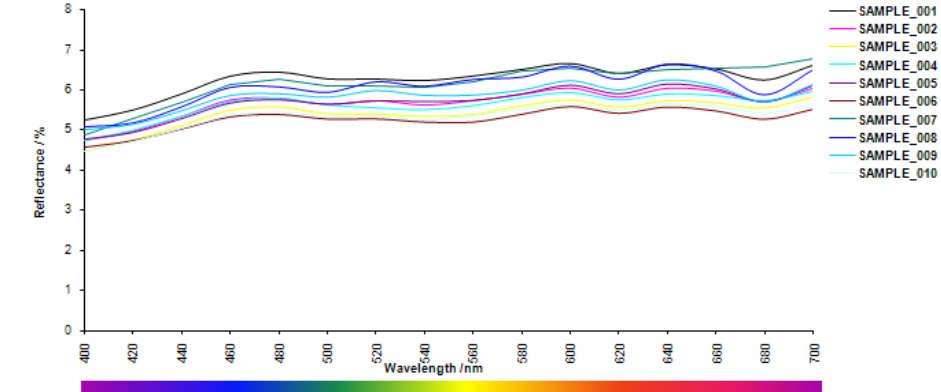
Fonte: O autor

Gráfico 69: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – 40 dias (Multiuso).



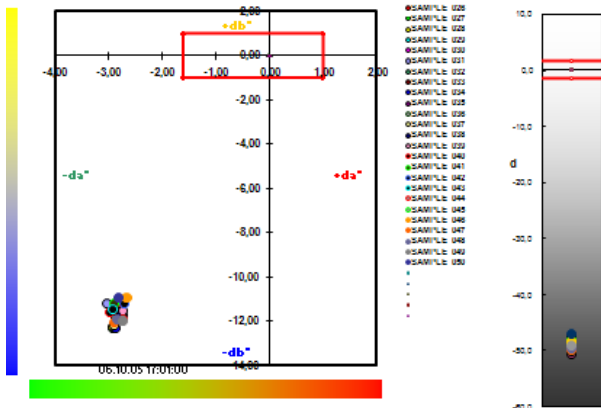
Fonte: O autor

Gráfico 70: Grupo II – Amostra P-04 - Curva Espectral – 50 dias (Multiuso).



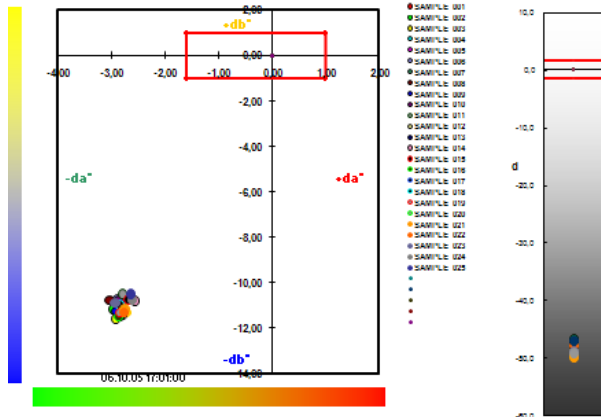
Fonte: O autor

Gráfico 71: Grupo II – Amostra P-04 –Sistema Colorimétrico– Inicial (Multiuso).



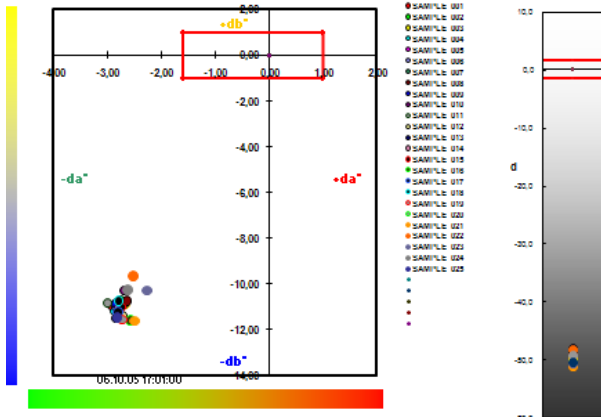
Fonte: O autor

Gráfico 72: Grupo II – Amostra P-04- Sistema Colorimétrico– 10 dias (Multiuso).



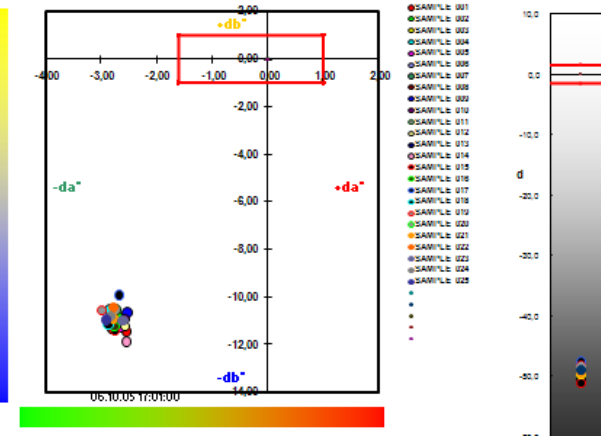
Fonte: O autor

Gráfico 73: Grupo II – Amostra P-04–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Multiuso).



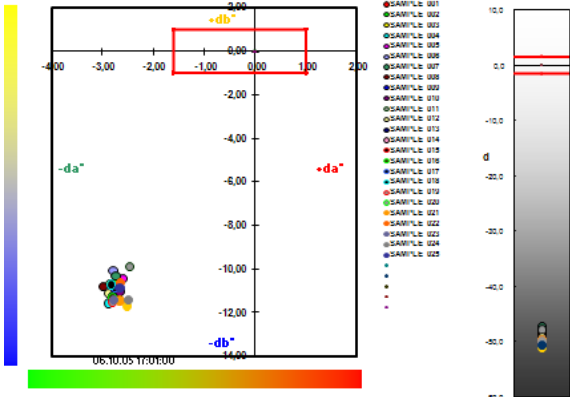
Fonte: O autor

Gráfico 74: Grupo II – Amostra P-04- Sistema Colorimétrico– 30 dias (Multiuso).



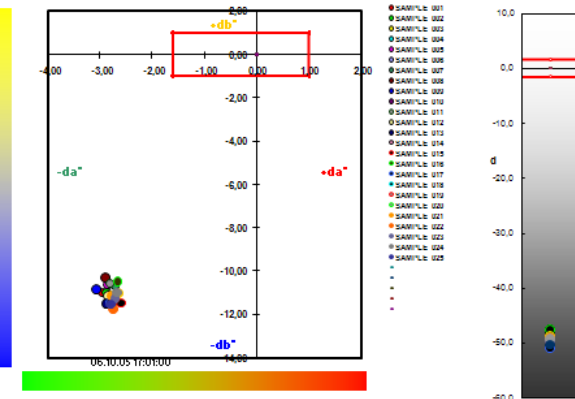
Fonte: O autor

Gráfico 75: Grupo II – Amostra P-04 - Sistema Colorimétrico– 40 dias (Multiuso).



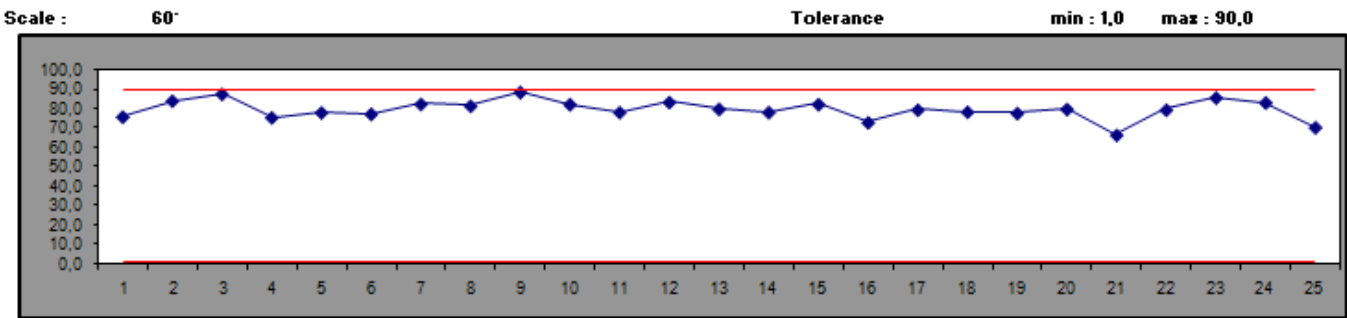
Fonte: O autor

Gráfico 76: Grupo II – Amostra P-04 - Sistema Colorimétrico– 50 dias (Multiuso).



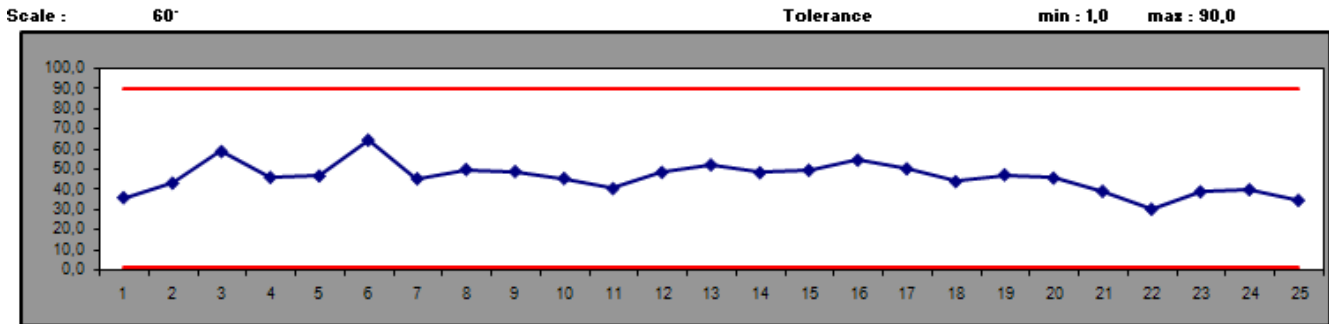
Fonte: O autor

Gráfico 77: Grupo II – Amostra P-04 – Índice de Brilho – Inicial (Multiuso).



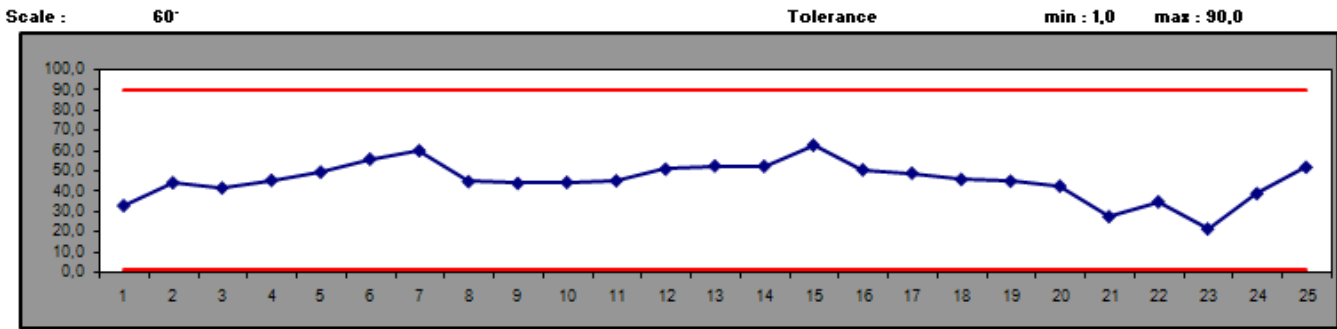
Fonte: O autor

Gráfico 78: Grupo II – Amostra P-04 - Índice de Brilho – 10 dias (Multiuso).



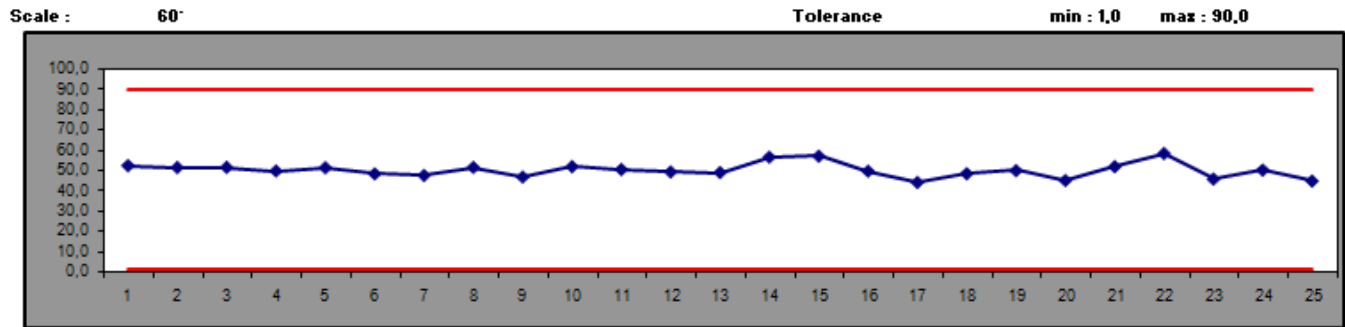
Fonte: O autor

Gráfico 79: Grupo II – Amostra P-04 – Índice de Brilho – 20 dias (Multiuso).



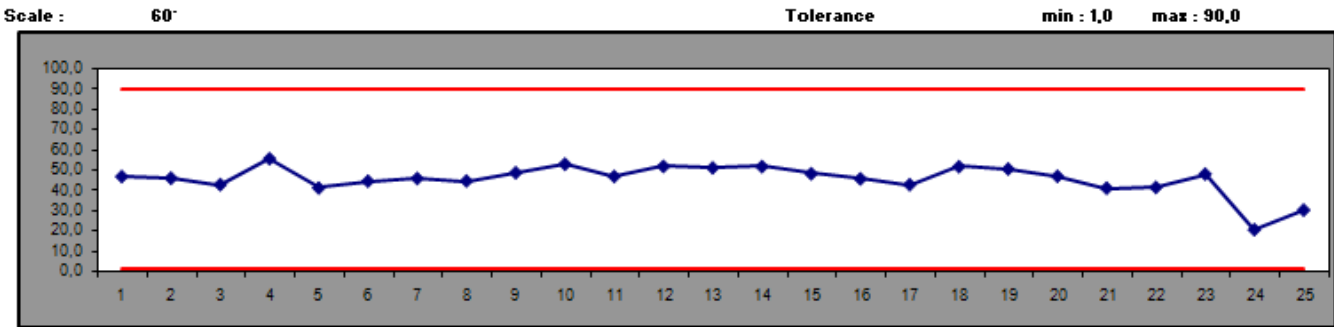
Fonte: O autor

Gráfico 80: Grupo II – Amostra P-04 - Índice de Brilho – 30 dias (Multiuso).



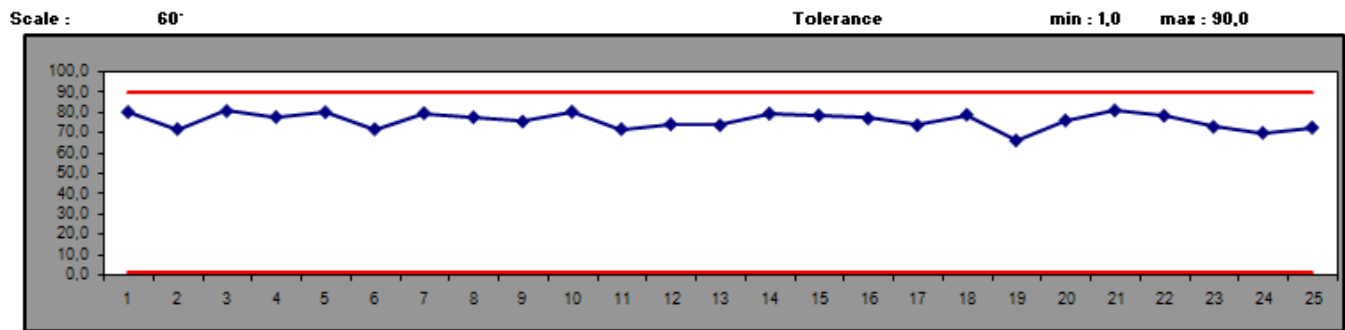
Fonte: O autor

Gráfico 81: Grupo II – Amostra P-04 - Índice de Brilho – 40 dias (Multiuso).



Fonte: O autor

Gráfico 82: Grupo II – Amostra P-04 - Índice de Brilho – 50 dias (Multiuso).



Fonte: O autor

15.3. AMOSTRAS DO GRUPO III - SUBMETIDAS AO ATAQUE COM REAGENTE ÁGUA SANITÁRIA

Grupo III – Amostra P-05 (in natura)

As medições obtidas para a amostra P-05, do grupo III, *in natura*, apontaram os resultados para a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 4,8% e 7%, indicando pequena variação, segundo gráfico de comprimento de ondas (Gráf.83). Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para picos máximos nas indicações dos comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm, 560 nm e 680 nm, demonstrando certa linearidade com pequenas oscilações.

Os resultados revelados pela medição (*in natura*), segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.89) indicou para uma concentração de resultados para os valores de $-3,00$ em Δa , e de Δb em -12 . Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração dos resultados nos valores aproximados de -50 .

Grupo III – Amostra P-05 (10dias)

Na leitura da medição do décimo dia, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.84) da amostra P-05, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, que registrou 4,75% de refletância mínima, e máxima de 7,5% no comprimento de onda equivalente a 560 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 560 nm e 660 nm, e, mínimos em 400 nm e 520 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.90) indicou para uma concentração de resultados

para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Destacam-se os três pontos tendendo a alteração. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os resultados de todos os pontos medidos nos valores aproximados de -48, com variações mínimas.

Oportuno o registro para uma sensível mudança no comportamento da amostra sob o ataque do reagente água sanitária, a leitura dos gráficos demonstram já uma indicação de início de alteração já partir dos dez dias.

Grupo III – Amostra P-05 (20 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.85) indicaram uma variação de refletância em seus resultados, estes, compreendidos entre os valores de 4,2% a 7,2%, para os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 480 nm, 600 nm e 700 nm, representados pelos valores de 6,0%, 6,5% e 6,3% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,2% e 540 nm com valor de 4,5% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.91) para esta medição revelou que os resultados são destacados pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Quanto a luminosidade, os resultados concentram-se nos valores aproximados de -50 (d).

Grupo III – Amostra P-05 (30 dias)

Os resultados apontados para a medição do trigésimo dia, segundo o gráfico de curva espectral (Gráf.87), que na escala de variação de refletância, identifica-se no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm o resultado mínimo de 4,5%, e atingindo 6,5% de valor máximo de refletância em 600 nm.

De maneira geral, o gráfico mostra oscilação entre os valores máximos e mínimos de refletância dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm, com variação e dispersão entre os pontos. Registra-se picos de oscilação ascendente nos comprimentos de ondas equivalentes a 460 nm, 600 nm (máx.), 640 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.92), os resultados para a medição da amostra P-05 apontaram para a concentração dos valores de Δa e Δb em -3 e -12, respectivamente. Registram-se neste gráfico alguns pontos tendendo a mudança em Δa . Quanto à luminosidade, concentrou os resultados (d) em -49, com mínimas variações para mais ou para menos. Portanto foi percebida sutil mudança quanto à luminosidade em relação à última medição.

Grupo III – Amostra P-05 (40 dias)

Na leitura desta medição, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.87) da amostra P-05, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 4,2% de refletância mínima, e registrou máxima de 6,5% no comprimento de onda de 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 640 nm, e, mínimos em 400 nm e 560 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.93), indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -2,80 em Δa , e de Δb em -11,80. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Grupo III – Amostra P-05 (50 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.88) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 4,7% a 7,3% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 460 nm, 600 nm, 640 nm e 700 nm, representado pelos valores de 6,9%, 7%, 7,1% e 7,2% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,7% e 540 nm com valor de 5% de refletância.

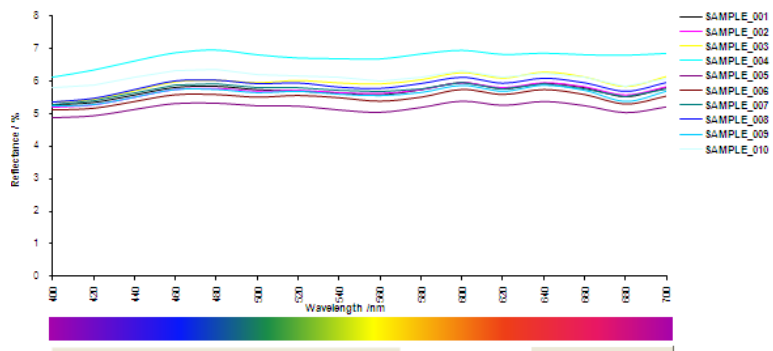
A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.94) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos se destacam pela concentração de seus resultados nos valores: -3,00 (Δa), e, -12 (Δb). Quanto a variação de luminosidade, esta, apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -48. Seguindo desta forma uma tendência a alteração quanto à luminosidade.

Portanto, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-05, é possível identificar que o material sofreu sensível alteração com relação à cor, este submetido ao reagente água sanitária.

O ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente a este reagente, poderá apresentar alteração de cor a partir do décimo dia.

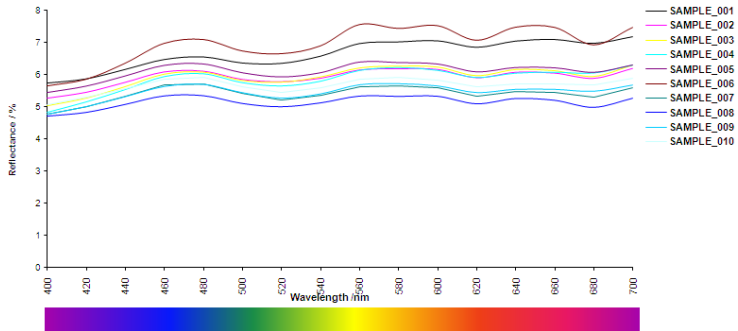
É oportuna a sugestão para o registro das informações coletadas do estudo, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 83: Grupo III – Amostra P-05 - Curva Espectral– Inicial (Água Sanitária).



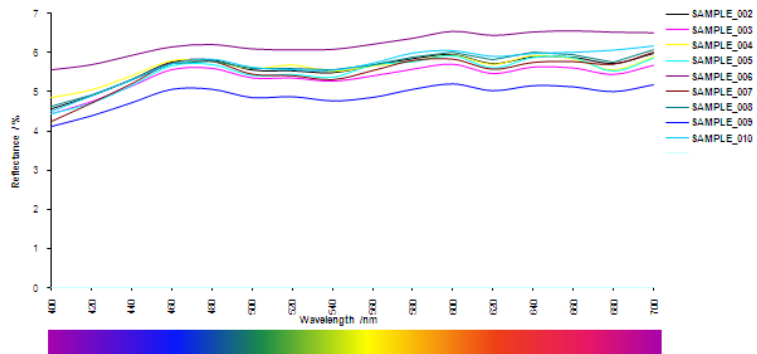
Fonte: O autor

Gráfico 84: Grupo III – Amostra P-05 - Curva Espectral –10 dias(Água Sanitária).



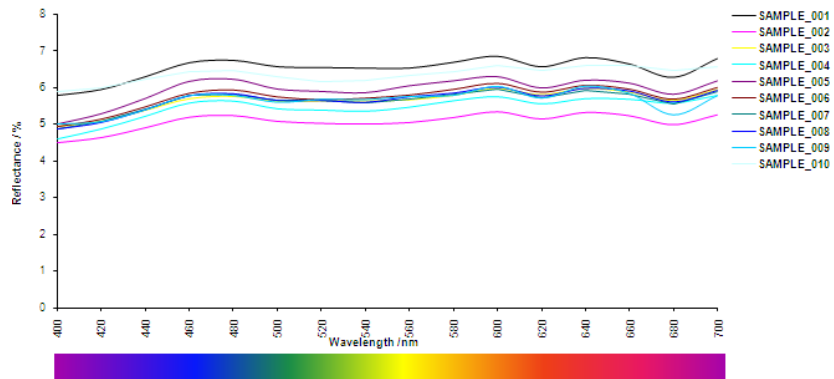
Fonte: O autor

Gráfico 85: Grupo III– Amostra P-05 - Curva Espectral – 20 dias (Água Sanitária).



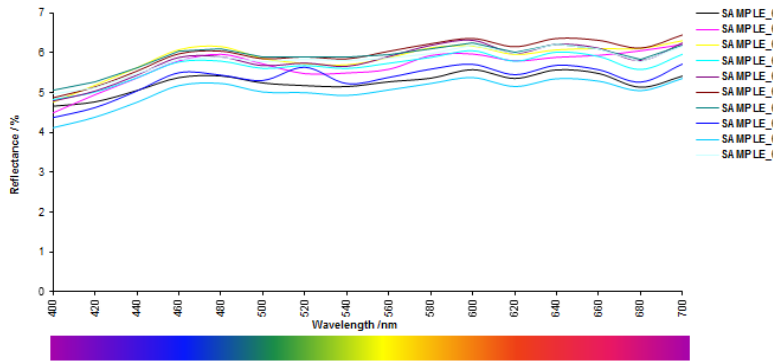
Fonte: O autor

Gráfico 86: Grupo III – Amostra P-05 - Curva Espectral – 30 dias (Água Sanitária).



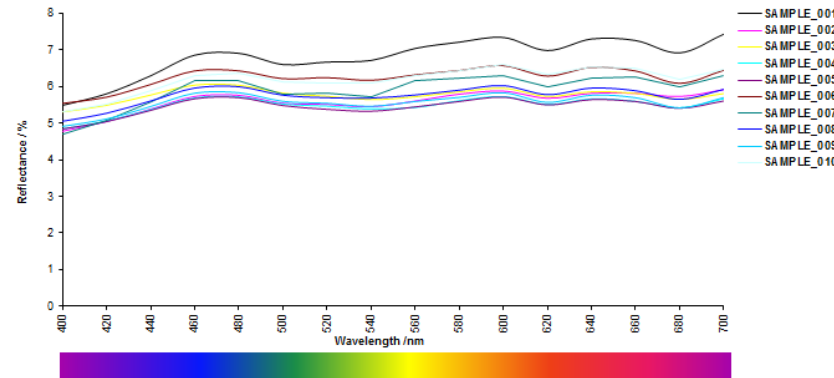
Fonte: O autor

Gráfico 87: Grupo III – Amostra P-05 - Curva Espectral – 40 dias (Água Sanitária).

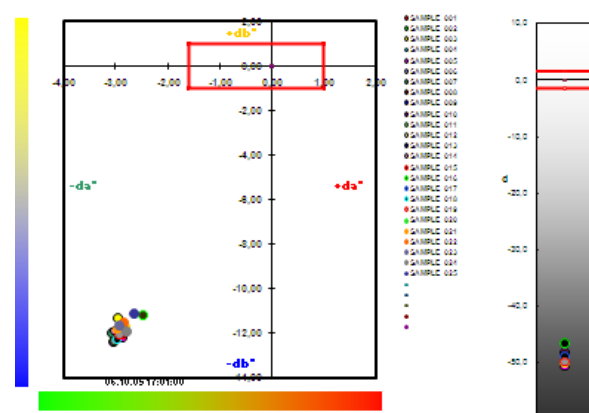


Fonte: O autor

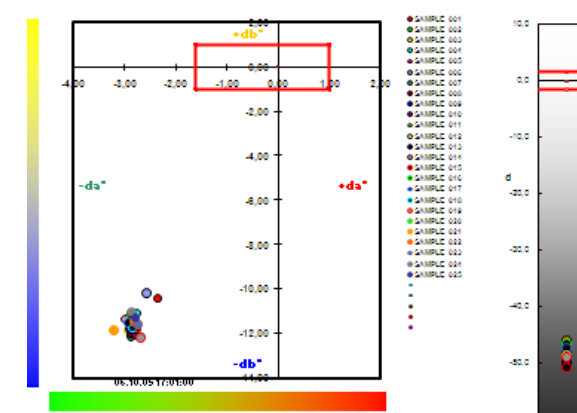
Gráfico 88: Grupo I – Amostra P-05 - Curva Espectral – 50 dias (Água Sanitária).



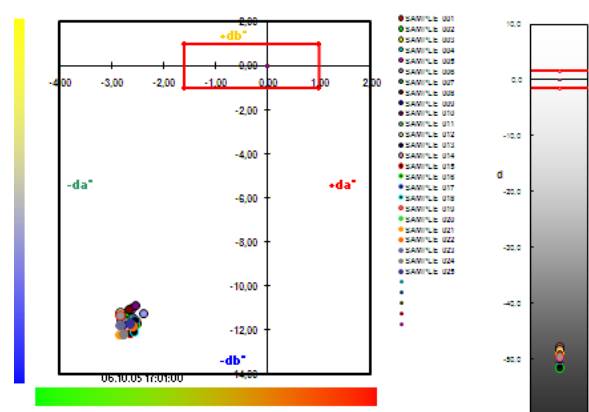
Fonte: O autor

Gráfico 89: Grupo III – Amostra P-05–Sistema Colorimétrico– Inicial (Água Sanitária).

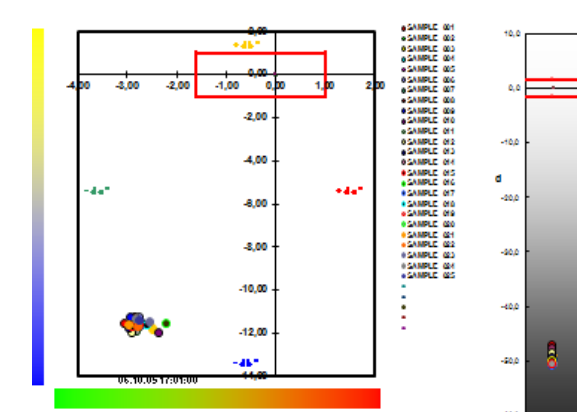
Fonte: O autor

Gráfico 90: Grupo III – Amostra P-05 - Sistema Colorimétrico–10 dias (DÁgua Sanitária).

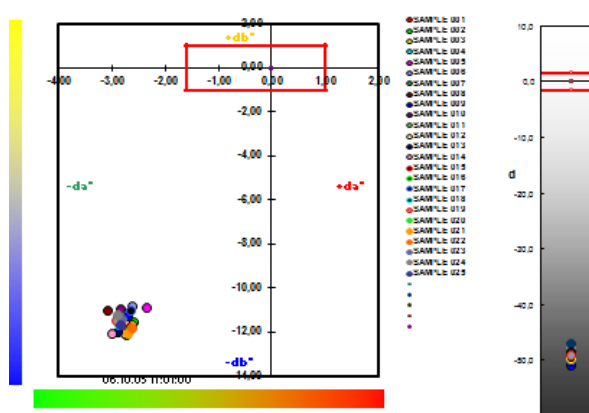
Fonte: O autor

Gráfico 91: Grupo III – Amostra P-05–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Água Sanitária).

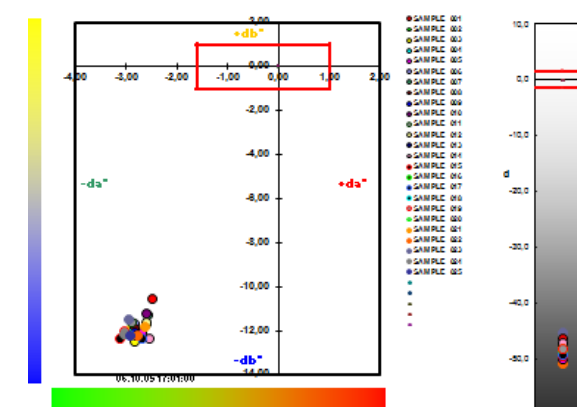
Fonte: O autor

Gráfico 92: Grupo III – Amostra P-05 - Sistema Colorimétrico– 30 dias(Água Sanitária).

Fonte: O autor

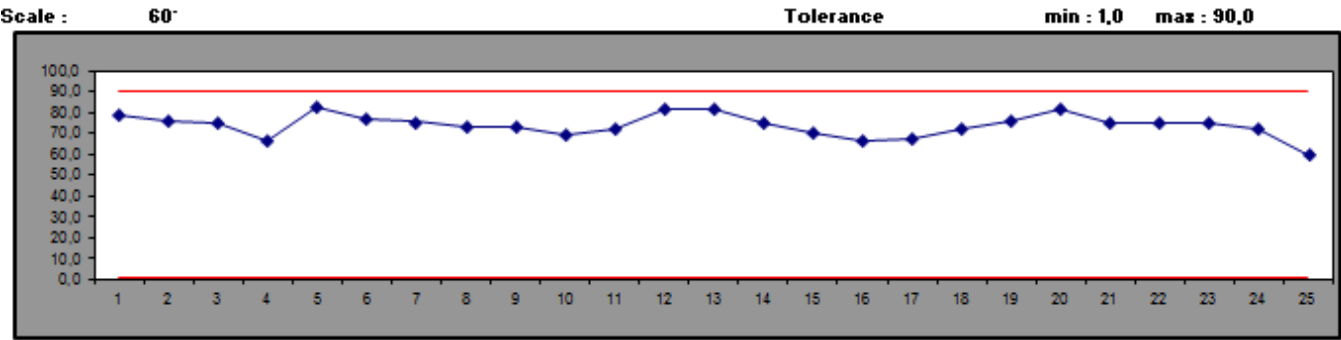
Gráfico 93: Grupo III – Amostra P-05 - Sistema Colorimétrico– 40 dias(Água Sanitária).

Fonte: O autor

Gráfico 94: Grupo III – Amostra P-05 - Sistema Colorimétrico– 50 dias(Água Sanitária).

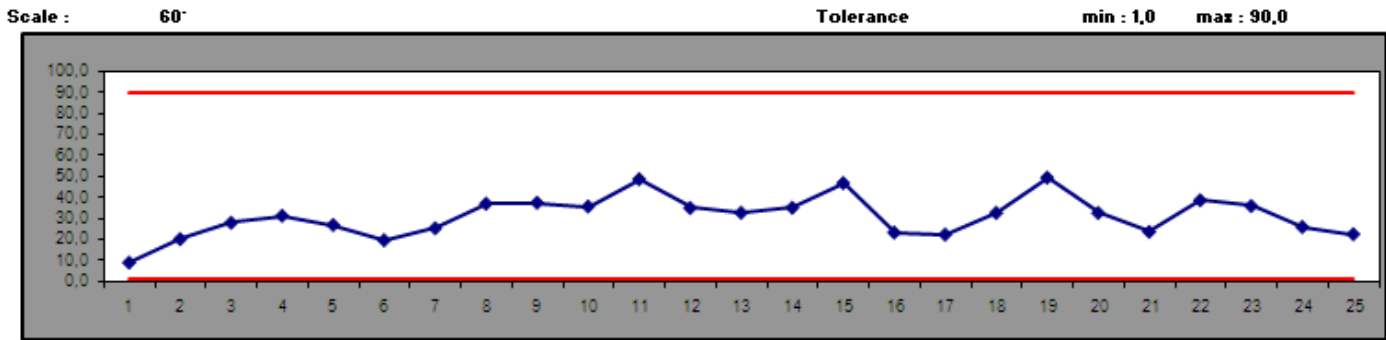
Fonte: O autor

Gráfico 95: Grupo III – Amostra P-05 – Índice de Brilho – Inicial (Água Sanitária).



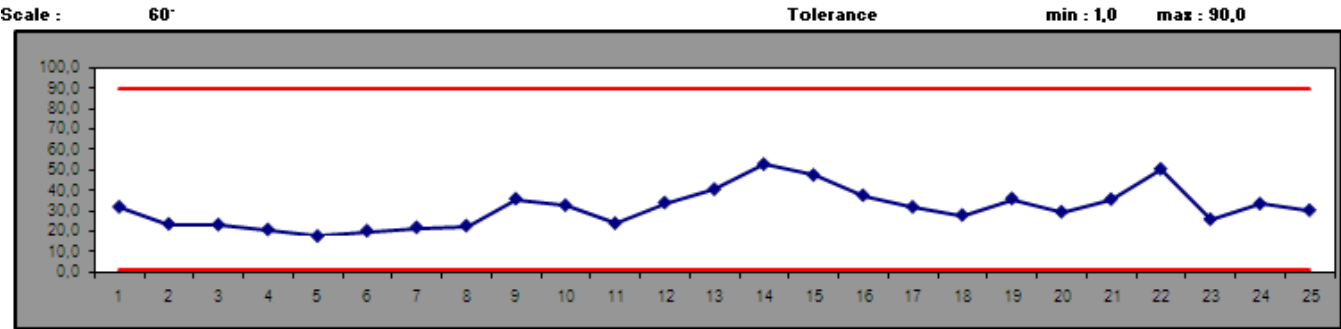
Fonte: O autor

Gráfico 96: Grupo III – Amostra P-05 - Índice de Brilho – 10 dias (Água Sanitária).



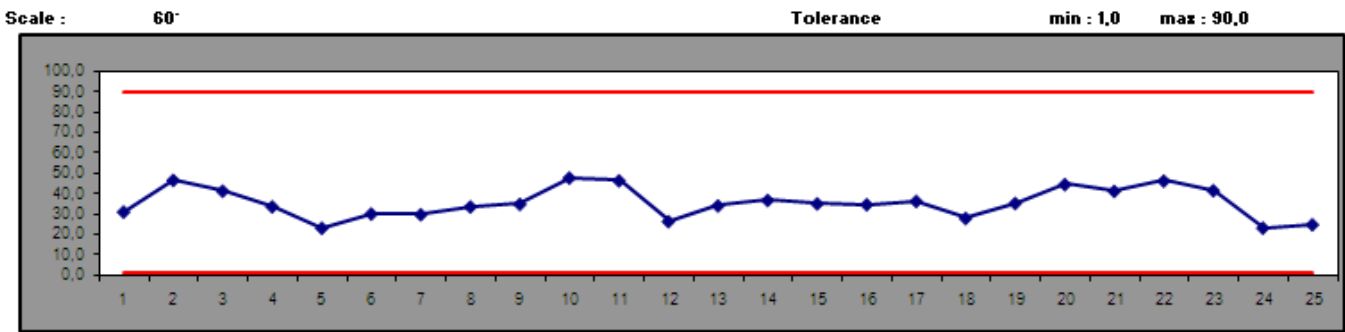
Fonte: O autor

Gráfico 97: Grupo III – Amostra P-05 – Índice de Brilho – 20 dias (Água Sanitária).



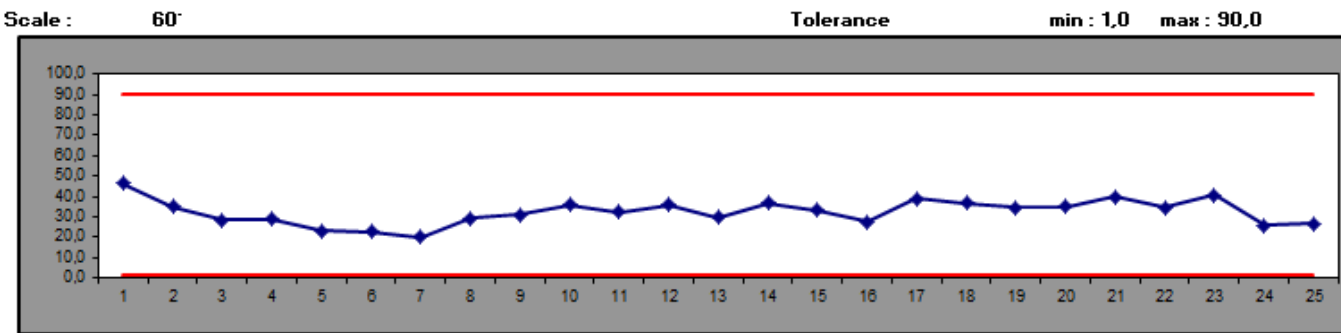
Fonte: O autor

Gráfico 98: Grupo III – Amostra P-05 - Índice de Brilho – 30 dias (Água Sanitária).



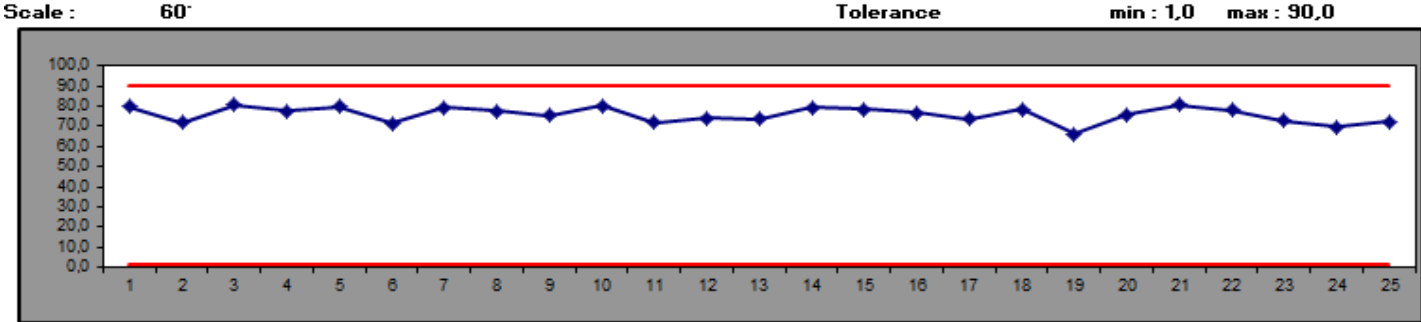
Fonte: O autor

Gráfico 99: Grupo III – Amostra P-05 - Índice de Brilho – 40 dias (Água Sanitária).



Fonte: O autor

Gráfico 100: Grupo III – Amostra P-05 - Índice de Brilho – 50 dias (Água Sanitária).



Fonte: O autor

Grupo III – Amostra P-06 (in natura)

De acordo com as medições da amostra P-06, *in natura*, os resultados do gráfico de curva espectral (Gráf.101) apontaram para a refletância máxima e mínima das cores no intervalo entre 4,9% e 6,8%, indicando pequena variação. Os resultados apresentados nos comprimentos de ondas através do espectro visível apontam para picos máximos nas indicações dos comprimentos de onda em 440 nm, 600 nm, e 700 nm, e mínimas para as indicações espectrais em 400 nm e 600 nm, demonstrando pouca oscilação e tendência de linearidade.

Os resultados revelados pela medição (*in natura*), segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.107) indicou para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração dos resultados nos valores aproximados de -50.

Grupo III – Amostra P-06 (10dias)

Na leitura da medição do décimo dia, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.102) da amostra P-06, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, que registrou 4,3% de refletância mínima, e máxima de 6,8% no comprimento de onda equivalente a 700 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 580 nm e 700 nm, e, mínimos em 400 nm e 520 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.108) indicou para uma concentração de resultados para os valores de -3,00 em Δa , e de Δb em -12. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os resultados de todos os pontos medidos nos valores aproximados de -50, com variações mínimas para mais e para menos.

Grupo III – Amostra P-06 (20 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.103) mostraram uma variação de refletância compreendida entre os valores de 5% a 6,0%, para os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 480 nm, 600 nm e 640 nm, representados pelos valores de 6,0%, 6,1% e 6,2% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,2% e 600 nm com valor de 4,7% de refletância.

A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.109) para esta medição revelou que os resultados são destacados pela concentração de seus resultados nos valores: -2,70 (Δa), e, -11,00 (Δb). Quanto à luminosidade, os resultados concentram-se nos valores aproximados de -50 (d).

Grupo III – Amostra P-06 (30 dias)

Os resultados apontados para a medição do trigésimo dia, segundo o gráfico de curva espectral (Gráf.104), que na escala de variação de refletância, identifica-se no valor de comprimento de onda espectral equivalente a 400 nm o resultado mínimo de 4,9%, e atingindo 5,8% de valor máximo de refletância em 700 nm.

De maneira geral, o gráfico mostra pequena oscilação entre os valores máximos e mínimos de refletância dentro da escala que compreende os valores de 400 nm a 700 nm. Apresentou picos de oscilação máxima nos comprimentos de ondas equivalentes a 480 nm, 600 nm, 700 nm. Apresentou variação mínima em 400 nm e 680 nm.

No gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.110), os resultados para a medição da amostra P-06 apontaram para a concentração dos valores de Δa e Δb em -2,90 e -11,00, respectivamente. Identifica-se desta forma, uma pequena variação com relação aos dados revelados nas medições anteriores. O

resultado quanto a luminosidade concentrou os resultados (d) em -50, com mínimas variações para mais ou para menos.

Portanto não foi percebida mudança significativa quanto à luminosidade.

Grupo III – Amostra P-06 (40 dias)

Na leitura desta medição, os resultados obtidos no gráfico de curva espectral (Gráf.105) da amostra P-06, quanto à medição equivalente ao comprimento de onda na indicação de 400 nm, registrou 5% de refletância mínima, e registrou máxima de 5,5% no comprimento de onda de 640 nm. Destacam-se os picos de variação máxima para os comprimentos de onda em 480 nm, 600 nm e 640 nm, e, mínimos em 540 nm e 680 nm.

Os resultados revelados por esta medição, segundo o gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.111), indicaram para uma concentração de resultados para os valores de -2,50 em Δa , e de Δb em -11,00. Registra-se na escala de luminosidade (d) uma concentração para os valores aproximados de -50.

Grupo III – Amostra P-06 (50 dias)

Os resultados apontados pelo gráfico de curva espectral (Gráf.106) mostraram uma variação de refletância entre os valores de 4,5% a 5,8% entre os comprimentos de onda de 400 nm a 700 nm. Destacam-se para esta leitura os pontos máximos de refletância com picos em 480 nm, 600 nm e 700 nm, representados pelos valores de 5,3%, 5,5% e 5,8% de refletância, respectivamente. Esta medição apresentou picos de variação mínima no intervalo de comprimento de onda equivalente a 400 nm com valor de 4,5% e 680 nm com valor de 4,7% de refletância.

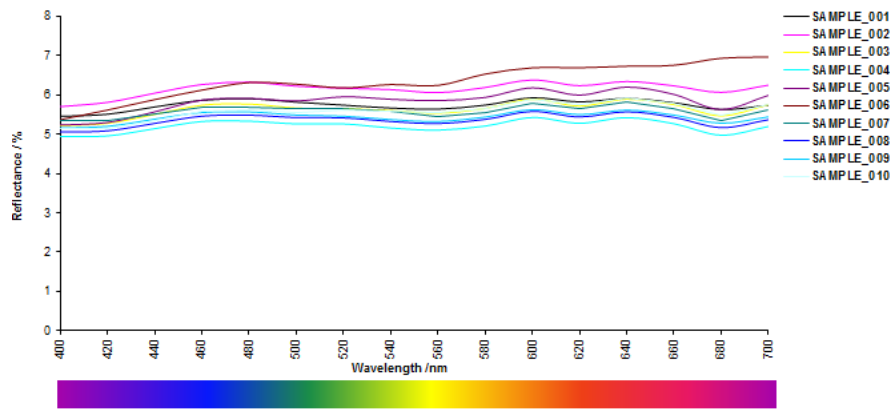
A análise do gráfico do sistema colorimétrico (Gráf.112) para a medição (50 dias) revelou que os resultados obtidos se destacam pela concentração de seus resultados nos valores: -2,80 (Δa), e, -11,00 (Δb). Quanto à variação de luminosidade, esta, apresentou variações mínimas e com os resultados concentrados no ponto médio equivalente a -50.

Portanto, com base nos resultados obtidos nas medições e análises da amostra P-06, é possível identificar que o material sofreu alteração de cor ao ataque submetido pelo reagente água sanitária.

É oportuno notar que o ensaio sugere para que este material pétreo, quando exposto continuamente a este reagente, poderá apresentar uma sutil alteração de cor a partir dos dez dias.

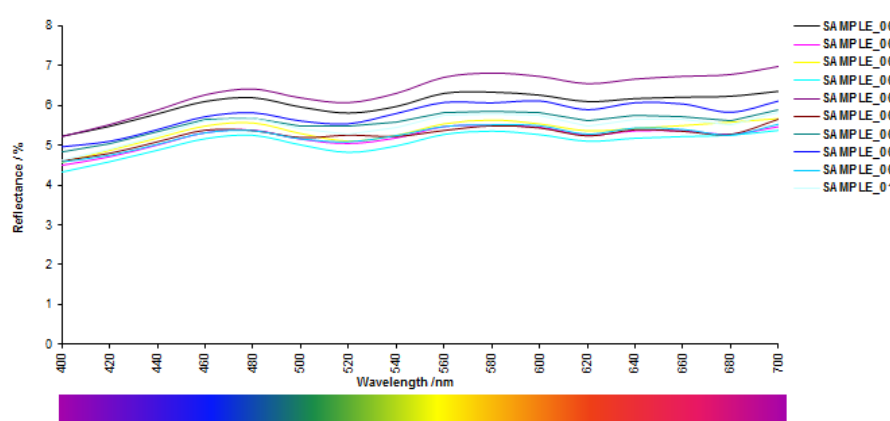
Registra-se a importância do apontamento das informações coletadas do estudo, uma vez que estas poderão contribuir na composição do manual de utilização do material pétreo estudado.

Gráfico 101: Grupo III – Amostra P-06 - Curva Espectral– Inicial (Água Sanitária).



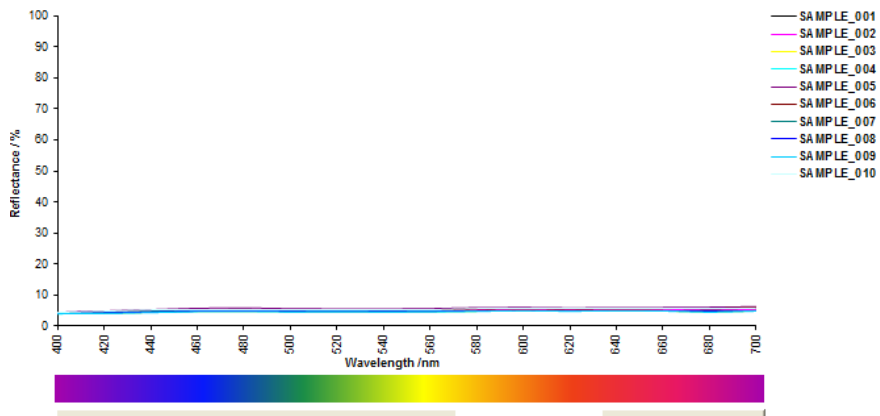
Fonte: O autor

Gráfico 102: Grupo III – Amostra P-06 - Curva Espectral –10 dias(Água Sanitária).



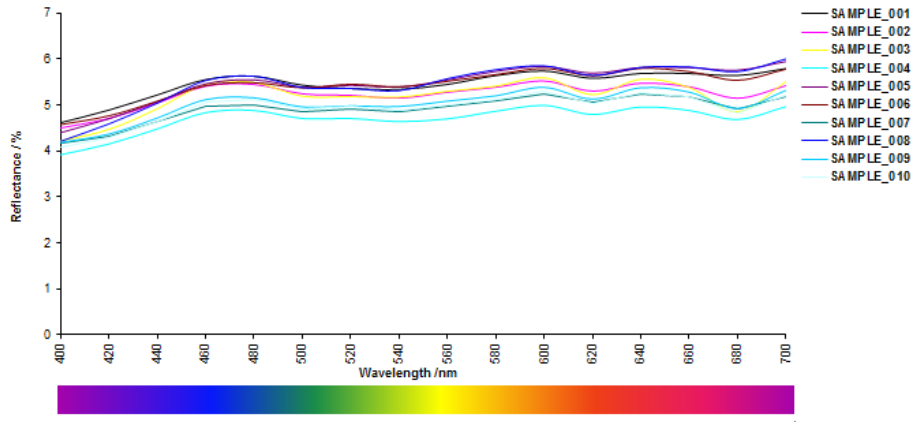
Fonte: O autor

Gráfico 103: Grupo III– Amostra P-06 - Curva Espectral – 20 dias(Água Sanitária).



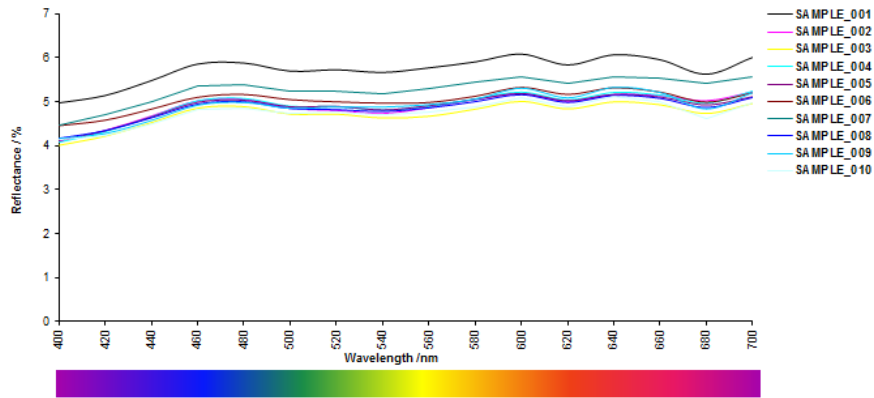
Fonte: O autor

Gráfico 104: Grupo III – Amostra PO6 - Curva Espectral – 30 dias(Água Sanitária).



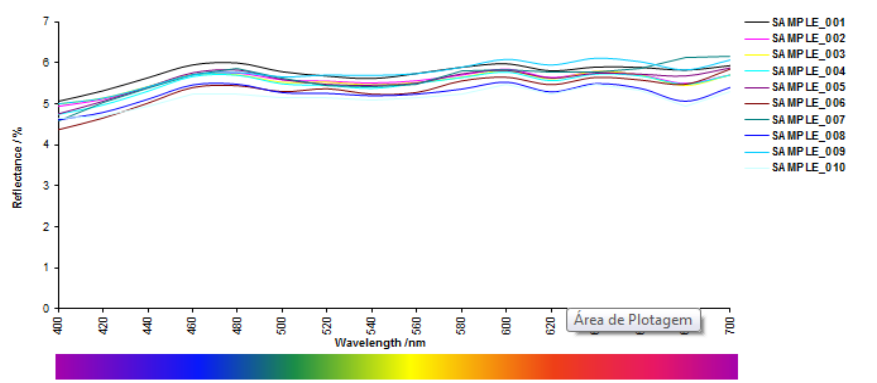
Fonte: O autor

Gráfico 105: Grupo III – Amostra P-06 - Curva Espectral – 40 dias(Água Sanitária).



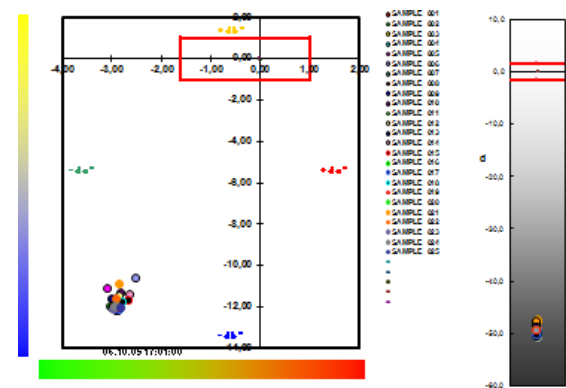
Fonte: O autor

Gráfico 106: Grupo III – Amostra PO6 - Curva Espectral – 50 dias(Água Sanitária).



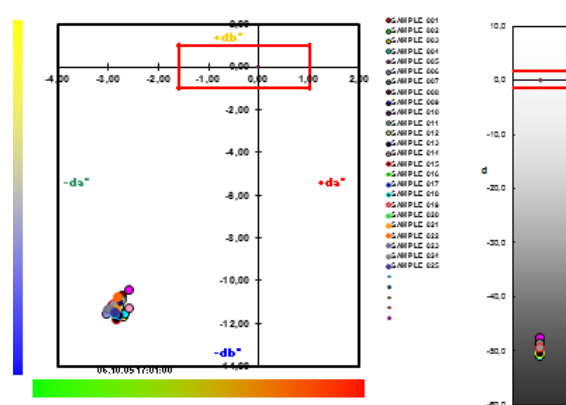
Fonte: O autor

Gráfico 107: Grupo III – Amostra P-06–Sistema Colorimétrico– Inicial (Água Sanitária).



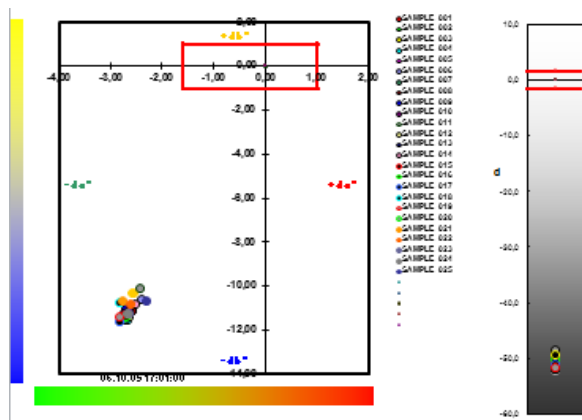
Fonte: O autor

Gráfico 108: Grupo III – Amostra P-06 - Sistema Colorimétrico–10 dias (Água Sanitária).



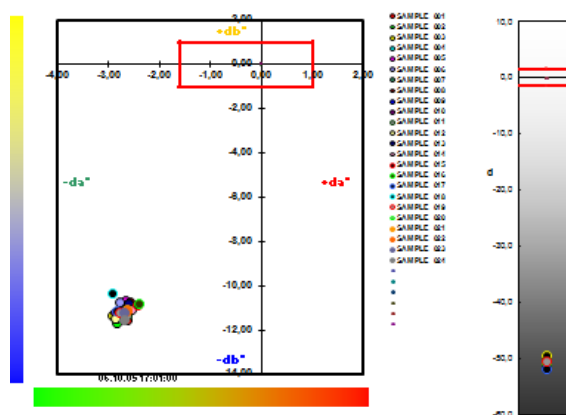
Fonte: O autor

Gráfico 109: Grupo III – Amostra P-06–Sistema Colorimétrico– 20 dias (Água Sanitária).



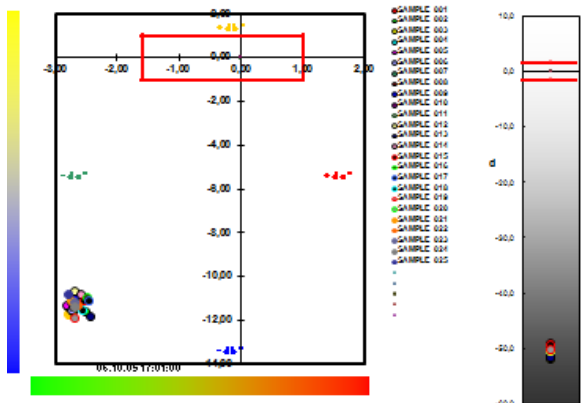
Fonte: O autor

Gráfico 110: Grupo III – Amostra P-06 - Sistema Colorimétrico– 30 dias(Água Sanitária).



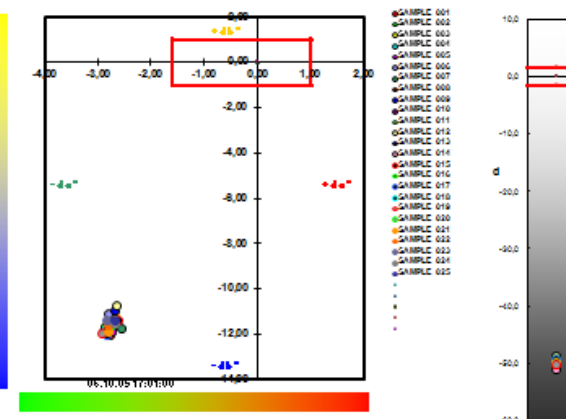
Fonte: O autor

Gráfico 111: Grupo III – Amostra P-06 - Sistema Colorimétrico– 40 dias(Água Sanitária).



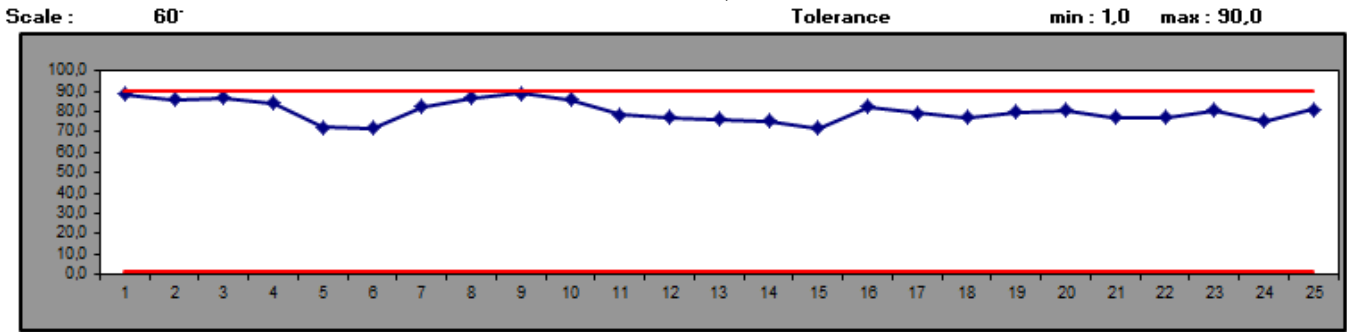
Fonte: O autor

Gráfico 112: Grupo III – Amostra P-06 - Sistema Colorimétrico– 50 dias(Água Sanitária).



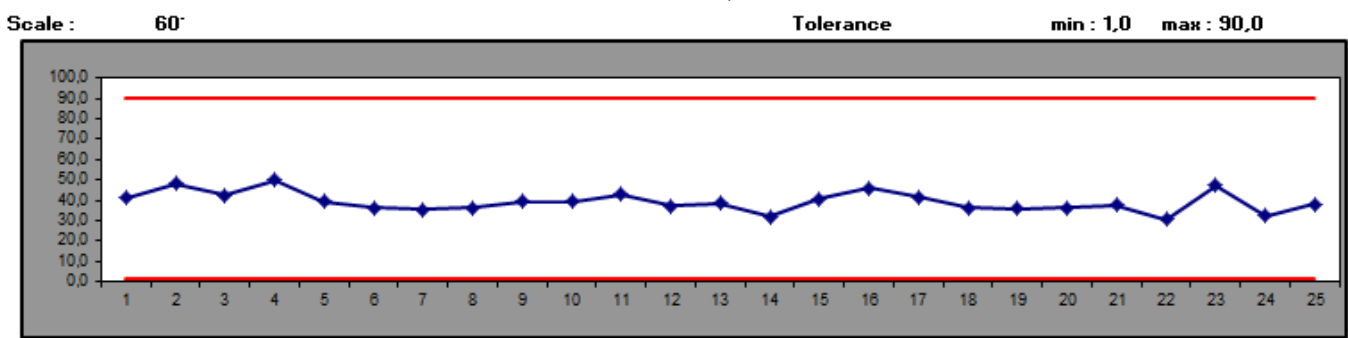
Fonte: O autor

Gráfico 113: Grupo III – Amostra P-06–Índice de Brilho– Inicial (Água Sanitária).



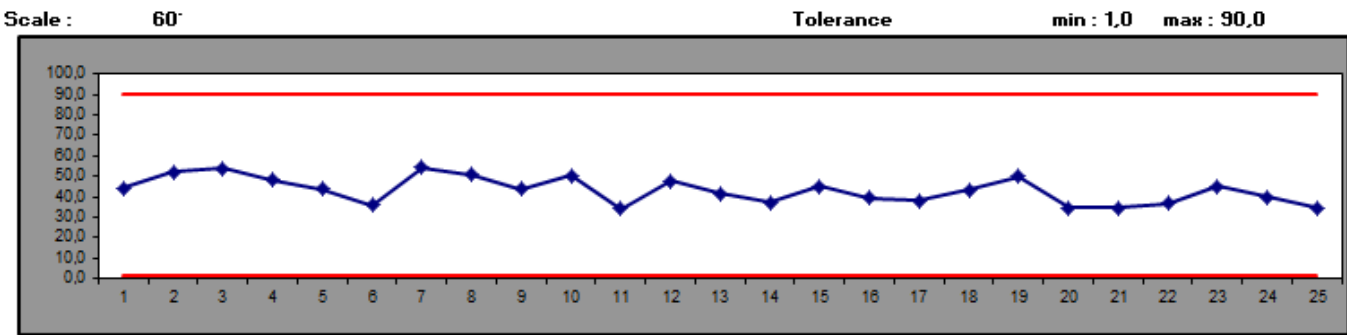
Fonte: O autor

Gráfico 114: Grupo III – Amostra P-06 - Índice de Brilho – 10 dias (Água Sanitária).



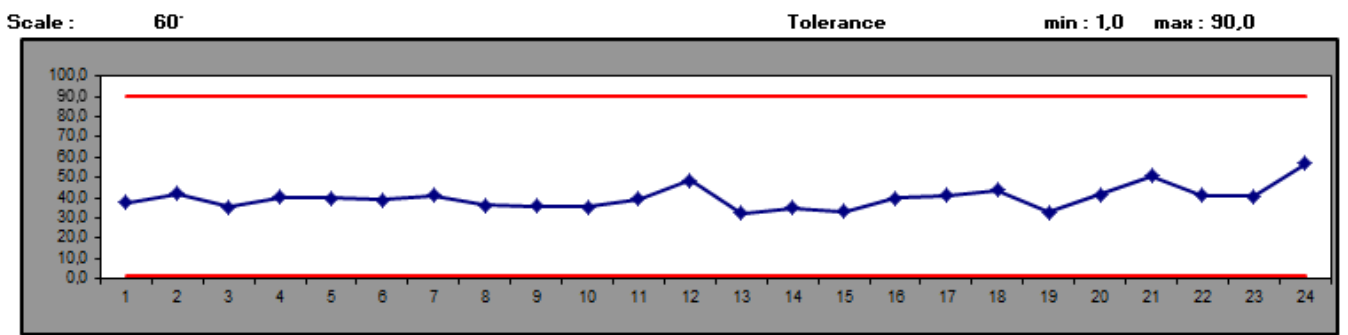
Fonte: O autor

Gráfico 115: Grupo III – Amostra P-06–Índice de Brilho– 20 dias (Água Sanitária).



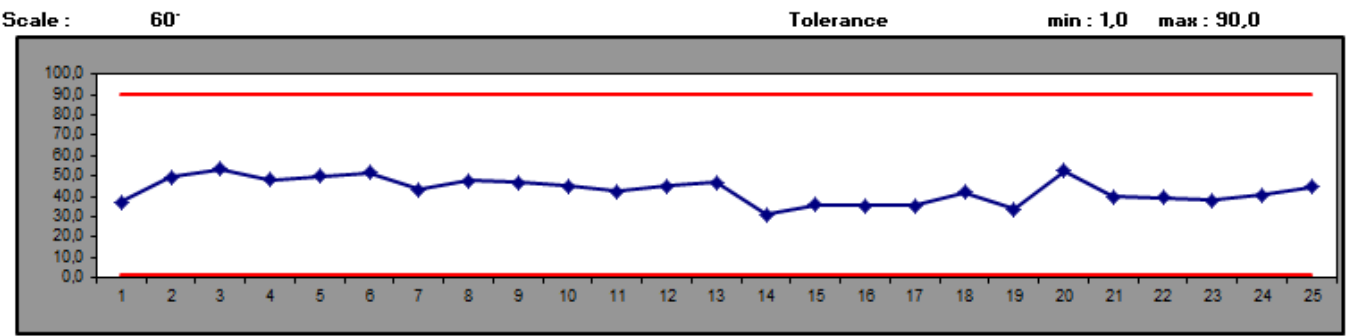
Fonte: O autor

Gráfico 116: Grupo III – Amostra P-06 - Índice de Brilho – 30 dias (Água Sanitária).



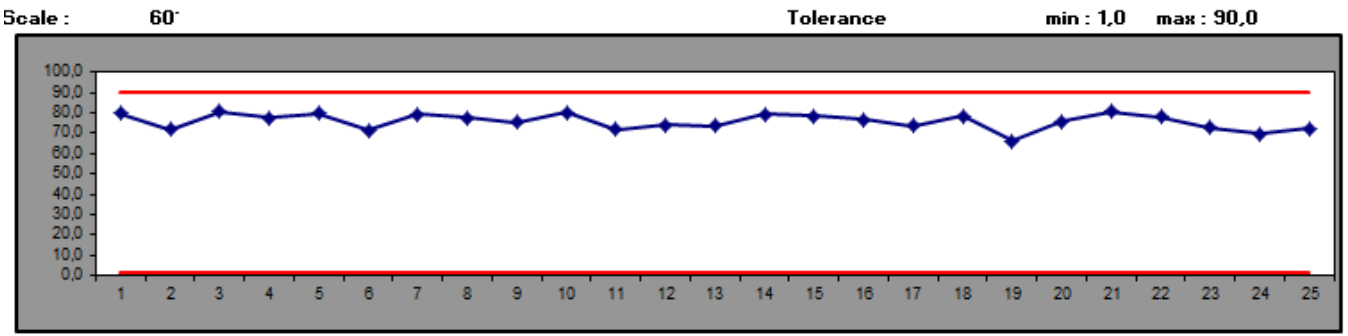
Fonte: O autor

Gráfico 117: Grupo III – Amostra P-06 - Índice de Brilho – 40 dias (Água Sanitária).



Fonte: O autor

Gráfico 118: Grupo III – Amostra P-06 - Índice de Brilho – 50 dias (Água Sanitária).



Fonte: O autor

15. CONCLUSÕES

A rocha estudada é um material de coloração escura, cuja granulometria milimétrica sugere tendência à alterabilidade e reforçada pela composição rica em minerais cálcicos e ferro-magnesianos, susceptíveis à hidratação e à oxidação.

O seu brilho mais destacadamente homogêneo sugere melhor aplicabilidade à sombra, direcionando o seu melhor uso estético-decorativo em ambiente interno e em locais secos a pouco úmidos.

A partir dos resultados obtidos com o recurso de monitoramento de brilho e cor no material pétreo Preto Royal, verificam-se possíveis mudanças estéticas da rocha.

O brilho está diretamente relacionado ao acabamento dado à superfície da placa, preferencialmente lisa, pois há mais luz refletida. Portanto, a possível alteração que resulta em perda de brilho é procedente de agentes corrosivos atuando sobre o material pétreo.

O ataque químico resultou em alteração das amostras, mais acentuadamente sob ação de água sanitária, e menor sob ação dos reagentes multiuso e detergente. A identificação se deu através da notável redução da refletância do brilho desde a medição após dez dias de aplicação dos produtos. Há acentuação, embora discreta, desde o trigésimo dia.

Portanto, deverá haver cuidado no caso de indicação ao uso em ambientes úmidos, quando a limpeza das peças precisará ser breve, evitando-se produtos com reagentes muito fortes, conforme acusou a experiência.

Lembrar ainda que como a oxidação se faz acompanhar pela agregação de massa, apresenta a tendência a uma aspereza e redução do brilho natural da superfície da chapa, comprometendo deste modo o aspecto estético. Adicionalmente, devido à mudança da textura, pode ocorrer restrição de aplicabilidade, sobretudo em móveis.

Os gráficos alusivos à colorimetria denunciam sempre discretos picos de refletância, geralmente inferiores a 10%, nos comprimentos de onda

da ordem de 600 a 700 nanômetros, característicos de cores ligadas com produtos de alteração dos minerais ferromagnesianos, como alaranjada e avermelhada.

Quanto aos parâmetros que envolvem as relações entre as cores, revela-se predomínio do verde sobre o vermelho e, adicionalmente, do azul sobre o amarelo, dado que pode ser interpretado como um reforço à presença moderada do ferro na composição dos minerais ferro-magnesianos.

Portanto, a colorimetria e a monitoração de brilho, associada com as análises de caracterização tecnológica e petrográfica, possibilitaram a obtenção de informações consistentes sobre a quantificação e qualificação das mudanças estéticas sofridas pelo material pétreo e sua mais segura aplicação em ambientes internos e com baixa umidade.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS/CETEM. 2002. Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil. Rio de Janeiro. CD-ROM. WINDOWS 95.

ABNT NBR 12763. **Rochas para revestimento** - Determinação da resistência à flexão. 1992.

ABNT NBR 12766. **Rochas para revestimento** – Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água. 1992.

ABNT NBR 12767. **Rochas para revestimento** – Determinação da resistência à compressão uniaxial. 1992.

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

ABNT NBR 12678. **Associação Brasileira de Norma Técnicas**. Manual de normas técnicas para ensaios tecnológicos de rochas ornamentais para revestimento (análise petrográfica, índices físicos, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão, desgaste abrasivo Amsler, congelamento e degelo). 1992

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

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

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

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

ABBAGNANO, Nicola. **Diccionario de Filosofia**. Ciudad del México, Fondo de Cultura Económica. 1966 p. 452.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM C 880-89 **Standard test method for flexural strength of dimension stone**. 2001, p. 3.

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**. CENTRO TECNOLÓGICO DO MARMORE E GRANITO – CETEMAG (2003) Curso de

polidor. Apostila, p. 21.

ASTM – American Society for Testing and Materials. C 615_99 standard specification for granite dimension stone. Disponível em: <
<http://www.astm.org>> acesso em 10 nov. 2012.

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

BILLMEYER, F.W; saltzman M. **Principles of color technology**. New York: Interscience, 1966.

BITTENCURT, Eduardo L.; BENINCÁ, Emerson. 2002. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC- Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – Cerâmica Industrial – 7 (4) Julho/Agosto, 2002
http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n04/v7n4_5.pdf> Acesso em: 05/05/2013

BYK – Gradner. **Manual do medidor de brilho**. Disponível em:
<http://www.byk.com/en/instruments.html>. Acesso em: 01 fev. 2013.

CENTRO TECNOLÓGICO DO MARMORE E GRANITO – CETEMAG (2003) **Curso de polidor**. Apostila, 21p.

CHIODI FILHO, Cid. **Situação e perspectivas brasileiras no mercado internacional de rochas ornamentais**. Revista Rochas de Qualidade, São Paulo, v.24, n.118, pp. 39-48, Set., 1994.

CHIODI FILHO, Cid.; CHIODI, Denize Kistemann. **Relatório Técnico 33 - Perfil de Rochas Ornamentais e de Revestimento**. Projeto Estal – Julho – 2009.

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.

COSTA, A.G.; CAMPELLO, M.S.; MACIEL, S.L.; CALIXTO, C.; BECERRA, J.E. 2002. **Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica**. Anais III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste. - Recife, PE.

COSTA, Lúcio. **Arquitetura**. São Paulo: José Olympio, 2002.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

FERREIRA, Thuanny Cristine Peixoto. **Análise da influencia de variáveis operacionais na qualidade do polimento de rochas ornamentais**. Universidade do Espírito Santo - PIBIC/CETEM. Vitória, 2010.

- FRASCÁ, M. H. B. de O. – **CURSO - Caracterização Tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: Estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso.** Anais III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste - Recife, PE. 2002.
- FRASCÁ, Maria Heloísa. 2001. **Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade.** I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. Salvador. 2001. CETEM/MCT, Rio de Janeiro: 2002
- FRASCÁ, Maria Heloísa. 2003. **Estudos experimentais de alteração acelerada de rochas graníticas para revestimento.** Tese de Doutorado. IGC-USP. Orientador: Jorge Yamamoto. São Paulo. p.281.
- FRAZÃO, E.B.; FARJALLAT, J.E.S. **Seleção de pedras para revestimento e prioridades requeridas.** Rochas de Qualidade, São Paulo, Nº 124, p 80 – 93, 1995.
- GRASSMANN. H. **On the theory of compound colors.** Edinburgh and Dublin Philosophical Mag. And J.Sci. London, v. 7(4), p. 254-264, 1854.
- JUDD. D. B. The 1931 L.C.L. **Standard Observer and Coordinate System for Colorimetry.** J. Opt. Soc. Am., v. 23, p. 359-374, 1931.
- KALIX, Thaise Maria Fontes. **Estudos de Caracterização Tecnológica com ênfase em alterabilidade dos tipos comerciais do granito Marrom Imperial.** (Dissertação de Mestrado). Recife, 2011.
- KANT, Immanuel. **Crítica da faculdade do juízo.** Tradução de Valério Rohden e Antônio Marques. Rio de Janeiro, RJ: Forense Universitária, 1993.
- KASCHNER, D. **Tecnologias para Beneficiamento.** In: ARAÚJO, E.S.; LACERDA FILHO, J.V., FERREIRA, M.C.B.; ARAÚJO, V.A. (orgs.). Anais do II Encontro do Centro - Oeste sobre Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais, 1996.
- LEINZ, Viktor & AMARAL, Sérgio Estanislau do. **Geologia Geral.** Cia Editora Nacional, 6ª. Edição, 1975.
- 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 – Recife – 2010. p.47.
- LOSANO, R.D. **El Color e su Medicion.** Buenos Aires: Americalle, p. 612, 1978.
- MACHADO, M., CARVALHO, D. **Técnicas para polimento e lustro de mármore e granitos.** Brasil Mineral, São Paulo, n. 102, p. 28-30, set. 1992.

MATTOS, I.C. **Uso/adequação e aplicação de rochas ornamentais na construção civil** – parte 1. Anais III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste. - Recife, PE, 2002.

MELO, Evenildo Bezerra de; OLIVEIRA, Felisbela Maria da Costa. **Escolha de tipos texturais de rochas e sua aplicação ornamental. III Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste.** Recife, 2002.

MENEZES, R. G de. LARIZZATTI, J. H. **Curso de especialização em mármore e granitos.** CETEM, 2005.

MONTEIRO FILHA, Dulce Correa et al. **Perspectivas e entraves para inovações na construção civil.** BNDES Setorial, n. 31, mar. 2010.

NASSAU, K. **The Physics and Chemistry of Color: the fifteen causes of color.** New York: John Wiley, 1983.

NAVARRO, F.C. **Granitos ornamentais: análise petrográfica na previsão do comportamento físico-mecânico.** In: CONGRESSO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2, 1998, Montevideu, Actas... Montevideu, 1998, p. 103-107.

RAJAB, Adnen. 1998. **Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado do Mato Grosso.** Cuiabá: Departamento Nacional de Produção Mineral. p.78. il.color.

RIBEIRO, Roberto C. da Conceição; CORREIA, Julio Cesar Guedes; MORAES, Juliana Maceira; CARANASSIOS, Adriano. **Estudo de Alterabilidade de Rochas Silicáticas para Aplicação Ornamental.** CETEM/MCT. 2008. p.22 a 25.

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 – RN, 2008. p. 77 a 87.

RODRIGUES E.P.; COUTINHO, J.M.V., CHIODI FILHO, C. **Petrografia microscópica: uma visão do passado, presente e futuro da rocha ornamental.** São Paulo: Rochas de Qualidade. n. 127, p. 80-84, 1996.

SANTANA, Oberdan José. **Otimização da Lavra na Pedreira de Granito Vermelho Frevo, Através dos Recursos da Simulação Virtual.** UFPE. Dissertação de Mestrado. Recife, 2008.

SANTOS, Edilton José dos, FERREIRA, Cícero Alves & SILVA Jr., José Maria F. da. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba.** Ministério de Minas e Energia – Serviço Geológico do Brasil. Recife, 2002.

SANTOS, Renata Barrêto dos. **Estética e Aplicabilidade do Material Pétreo Preto São Marcos.** (Dissertação de Mestrado), Recife – PE, 2012.

SAUSEN, T. M.; RUDORFF, B. F. T.; SIMI JUNIOR, R.; AULICINO, L. C. M.. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**. Vale Paraibano - Encarte Especial, São José dos Campos, p. 1 - 7, 21 ago. 1999.

SILVEIRA, L. L. L. (2007) “**Estudo Comparativo de Granitos Ornamentais Brasileiros no Processo de Polimento Industrial**”. São Carlos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. p. 205.

SOUSA, L. **Avaliação da cor, brilho e rugosidade em granitos polidos** “GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal VIII Congresso Nacional de Geologia” (2010).

SOUZA. J C, **Metodologia de lavra**, Recife, 2005

SOUZA, Júlio César de et. al. **Análise Colorimétrica de Rochas Ornamentais**. Estudos Geológicos v. 18 (1), 2008.

SOUZA, J. C.; FILHO, J. L. R.; BARROS, M. L. S. C. **Correlação entre cromaticidade e propriedades tecnológicas de rochas ornamentais do NE**. Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais, 1º Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. 2001, Salvador. CETEM/MCT, 2002. p.145.

SILVEIRA, L. L. L. (2007). **Estudo Comparativo de Granitos Ornamentais Brasileiros no Processo de Polimento Industrial**. São Carlos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. p. 205.

STACHOWIAK, G.W. & BATCHELOR, A. W. (1993). **Engineering tribology**. Amsterdam, Elsevier. p. 314.

SPÍNOLA, S.V.P.A.C. (1998). **Influência da Qualidade da Serragem de Granitos no Consumo Energético do Desbaste**. Dissertação de mestrado. Lisboa. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. p. 138.

TARBUCK, E. J. & LUTGENS, F. K. **Ciências da Terra**. 8ª edição. Pearson Educação S. A., Madri, 2005. ISBN 84-205-4400-0

TROMBETTA, Gerson L. **A estrutura do juízo estético e a posição da arte na “Crítica da Faculdade do Juízo” de Kant**. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998. (Dissertação Mestrado em Filosofia).

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; Bessa, Maria de Fátima; Lima, Maria Angélica Batista. 1999. **Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas**. Rio de Janeiro: CETEM / MCT. Série Tecnologia Mineral. V.74. p.30.

WAISMAN, Marina. **La estructura histórica del entorno**. Buenos Aires, Nueva Vision, 1972, pp. 57-67.

ZUM-GAHR, K. H. (1987). **Microstructure and wear of materials**. Institute of Materials Technology. University of Siegen, Siegen, Federal Republic of Germany, v.10.