

**Ministério da Educação  
Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Tecnologia e Geociências  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral  
PPGEMinas - UFPE**

**“ESTADO DA ARTE NA ALTERABILIDADE DE PLACAS PÉTREAS : ESTUDO  
DE CASOS NA REGIÃO LITORÂNEA DO RECIFE – PE”**

**por**

**Suely Andrade da Silva**

**Arquiteta e Urbanista**

**Engenheira de Segurança do Trabalho**

**Trabalho realizado no Laboratório de Rochas Ornamentais do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas/CTG/UFPE.**

**Recife, 2008**

**ESTADO DA ARTE NA ALTERABILIDADE DE PLACAS PÉTREAS: ESTUDO DE  
CASOS NA REGIÃO LITORÂNEA DO RECIFE-PE**

**Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral-  
PPGEMinas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de**

**MESTRE EM ENGENHARIA MINERAL**

**Área de concentração: Minerais e Rochas Industriais**

**por**

**Suely Andrade da Silva**

**Arquiteta e Urbanista e**

**Engenheira de Segurança do Trabalho**

**Recife, 2008**

**S586e**

**Silva, Suely Andrade.**

Estado da arte na alterabilidade de placas pétreas: estudo de casos na região litorânea do Recife - PE / Suely Andrade da Silva. - Recife: O Autor, 2008.

xxii, 215 folhas, il : figs., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral

Inclui bibliografia e anexos.

1. Engenharia mineral. 2. Alterabilidade de rochas 3. Mármore e granitos. 4. Revestimento. 5. Placas pétreas. I. Título.

**UFPE**

**623.26**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2008-178**



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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE  
**SUELY ANDRADE DA SILVA**

**“ESTADO DA ARTE NA ALTERABILIDADE DE PLACAS PÉTREAS:  
ESTUDO DE CASOS NA REGIÃO LITORÂNEA DO RECIFE-PE”**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ROCHAS ORNAMENTAIS**

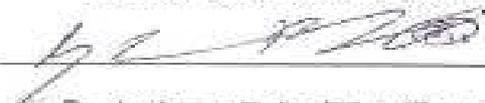
A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência da  
Dr<sup>a</sup> Felisbela Maria da Costa Oliveira, considera a candidata:

**SUELY ANDRADE DA SILVA, Aprovada.**

Recife, 08 de Julho de 2008.

  
\_\_\_\_\_

Dr<sup>a</sup>. Felisbela Maria da Costa Oliveira (UFPE) – Orientadora

  
\_\_\_\_\_

Dr. José Lins Rolim Filho, (Segundo Examinador - Interno) (UFPE)

  
\_\_\_\_\_

Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Batista Lima (Terceiro Examinador - Externo)

  
\_\_\_\_\_

Dr. Evenildo Bezerra de Melo (Quarto Examinador - Interno) UFPE

*“Em toda criatura terrestre há luz e sombra. Destaque sua nobreza,  
para que a nobreza do próximo venha ao seu encontro”.*

*André Luiz*

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, por me dotar de inspiração e dos meios necessários para realizar meus sonhos e alcançar mais do que pensei ou imaginei.

Inúmeras foram as pessoas, empresas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, Registro aqui o meu agradecimento pelo apoio ao final desta importante jornada em minha carreira. Listo aqui aqueles que, sem dúvida, contribuíram de forma mais expressiva:

Aos meus pais, Ana Maria Andrade da Silva e Edvaldo Andrade Bandeira da Silva (*in memória*) que, mesmo longe, conseguiram me transmitir toda coragem e segurança necessária para transpor grande parte dos obstáculos que surgiram ao longo da realização deste trabalho.

Aos Srs.(a) José Júlio e Maria Celeste, orientadores espirituais, pelo carinho e incentivo.

Agradeço, de forma especial, aos meus orientadores Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira e Dr. Júlio César de Souza, que apresentaram os “caminhos a serem trilhados”, fato essencial para o meu desenvolvimento profissional.

Ao Exmo. Dr. Amaro Lins, pelo grande incentivo e apreço.

Ao Prof. Dr. José Lins Rolim Filho, compartilhando seus conhecimentos, colaborando para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, pela aceitação no referido programa, e por me dar oportunidade, subsídio e incentivo para a conclusão do curso de mestrado, através de seus professores, funcionários e infra-estrutura.

Aos Drs. Maria Heloisa B. O. Frascá, Eliana Patta Flain, Francisco W. Holanda Vidal, Cid Chiodi Filho e Maria Angelica B.Lima e Wallace Fragoso, verdadeiros mestres e colaboradores, pois souberam compartilhar seus conhecimentos.

## AGRADECIMENTOS

---

Aos Prof<sup>os</sup> dos Departamentos de Engenharia Minas e de Geologia, Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros, Eldemar de Albuquerque Menor, Evenildo Bezerra de Melo, Valdir do Amaral Vaz Manso, Valderez P. Ferreira, Lucila Ester Prado Borges e Sandra de Brito Barreto, que mesmo indiretamente, colaboraram para o meu crescimento profissional e para o desenvolvimento desta pesquisa.

A secretária da Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Voleide Barros F. Gomes, pela sua eficiência, dedicação, carinho e paciência.

Ao Geólogo e grande amigo (*in memoriam*) Jorge João Ricardo Ferreira Cardoso por ter colaborando nas análises e principalmente por sua amizade.

Aos colegas: Adelson Prado, Adriana Maurício, Achilles Dias, Carlos Torres, Ely Brasil, Valdemir Cavalcanti, Farah Diba, Oberdan Santana, José Carlos Oliveira, Vanildo Mendes, Rosianne Peixoto, Lucimary Albuquerque, pelo companheirismo, paciência com que me ajudaram, direta ou indiretamente, durante todo o tempo em que convivemos.

Para execução deste trabalho, foi também de grande importância a colaboração de vários colegas, especialmente no entendimento de demandas administrativas, abundantes no exercício acadêmico, aos quais exprimo minha gratidão, notadamente a Edna Santos, Eliel José de Souza, Lúcia Maria de Oliveira Dias, Luiz Gonzaga, Marcos David S. Leão, Miguel Sebastião M. Arrais, Juan Parlatto, Solange Maria da Silva e José Lopes F. Gomes, pelo companheirismo e paciência.

Às bibliotecárias, em especial Maria da Conceição Vieira, Geane da Paz P. da Silva, e Joel H. Lopes, que não mediram esforços para obter as mais diversas referências bibliográficas que foram solicitadas.

A Laboratório de Meteorológica de Pernambuco - LAMEPE, na pessoa de Adgerlan Codácio e Ricardo Irmão, pelas informações fornecidas no decorrer de toda minha pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

---

Ao Departamento de Oceanografia da UFPE, em especial a Joseane Gomes Paulo, pelas informações e análises realizadas.

À aqueles do meio técnico que forneceram informações, direta ou indiretamente, contribuindo para o enriquecimento do conteúdo desta dissertação, e, também, àqueles que iniciaram as pesquisas do assunto, deixando suas contribuições.

À CAPES, que tornou possível esta pesquisa por meio da concessão de uma bolsa de estudos, para o desenvolvimento desta Dissertação.

# SUMÁRIO

---

<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMENTO.....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>xx</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xxi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxii</b>

## **CAPÍTULO I**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Características Físico-Mecânicas das Rochas.....	4
1.2. A Importância e Qualidade das Placas Pétreas na Arquitetura.....	5
1.3. Tendência na Arquitetura com Relação a Rochas Ornamentais.....	7
1.4. Importância Econômica do Setor.....	8
1.5. Área de Estudo.....	11
1.6. Ambiente Climático da Região Metropolitana do Recife.....	14
1.7. Justificativas.....	15
1.8. Objetivos.....	16

## **CAPÍTULO II**

<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1. Estados da Arte.....	18
2.2. Mecanismos Atuantes na Atmosfera.....	20

## SUMÁRIO

---

2.3. Parâmetros Atmosféricos Condicionantes na Região.....	23
2.3.1. Caracterização Climática.....	23
2.3.2. Ambiente Climático de Recife.....	26
2.3.2.1. Precipitação Pluviométrica.....	26
2.3.2.2. Temperatura .....	29
2.3.2.3. Velocidade Média do Vento.....	36
2.3.2.4. Radiação Solar.....	44
2.3.2.5. Umidade Relativa do Ar.....	44
2.3.2.6. Ação dos Poluentes.....	46
2.4. Ação da Cristalização de Sais.....	47
2.5. Alteração e Alterabilidade dos Materiais Pétreos.....	52
2.6. Origem das Alterações Pétreas (patologias).....	55
2.6.1. Congênitas .....	55
2.6.2. Construtivas.....	55
2.6.3. Adquiridas.....	55
2.6.4. Acidentais.....	55
2.7. Alteração Intempérica dos Materiais Pétreos.....	56
2.7.1. Modificações Intempéricas em Minerais e Rochas.....	57
2.7.2. Efeitos da Alteração.....	61
2.7.2.1. Perda da Resistência Mecânica.....	61
2.7.2.2. Modificação dos Parâmetros de Deformabilidade.....	62
2.7.2.3. Variação na Permeabilidade.....	62
2.7.2.4. Redução da Aderência.....	62
2.8. Considerações sobre a Alteração de Rochas.....	63

# SUMÁRIO

---

2.8.1 - Mecanismos de Alteração.....	63
2.8.1.1. Hidrólise.....	64
2.8.1.2. Hidratação.....	64
2.8.1.3. Solubilização.....	64
2.8.1.4. Oxi-redução.....	64
2.8.1.5. Carbonatação.....	65
2.8.1.6. Complexação.....	65
2.9. Agentes de alteração.....	66
2.10. Influência do Potencial Redox.....	67
2.11. Reações de Alteração.....	73
2.11.1. Dissolução.....	73
2.11.2. Hidratação.....	74
2.11.3. Oxidação.....	75
2.11.4. Oxidação – Hidratação.....	75
2.11.5. Redução.....	75
2.11.6. Hidrólise.....	76
2.12. Agentes de Alteração dos Materiais Pétreos.....	74
2.13. Principais alterações nos Revestimentos de Fachadas com Materiais Pétreos.....	78
2.14. Manutenção Preventiva do Revestimento de Fachadas.....	80
2.14.1. A importância Econômica da Manutenção de Edifícios.....	81
2.14.2. A Influência da Manutenção na Durabilidade dos Revestimentos de Fachadas de Edifícios.....	82
2.14.2.1. Fatores Atmosféricos.....	83
2.14.2.2. Fatores Biológicos.....	84

## SUMÁRIO

---

2.14.2.3. Fatores de Carga.....	84
2.14.2.4. Fatores de Incompatibilidade.....	85
2.14.2.5- Fatores de Uso.....	85
2.15. Considerações para a Minimização da Ocorrência de Sujeira nas Fachadas.....	88

## CAPÍTULO III

<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS.....</b>	<b>90</b>
3.1. Revisão Bibliográfica.....	92
3.2. Metodologia Experimental.....	92
3.2.1. Levantamento de Informações.....	92
3.2.2. Diagnóstico.....	93
3.2.3. Identificação das Alterações na Área de Estudo.....	93
3.2.4. Registro Fotográfico das Placas Pétreas em Estudo .....	95
3.2.5. Coleta de Amostras.....	101
3.3. Caracterização Tecnológica.....	105
3.3.1. Índices Físicos - NBR 12766.....	105
3.3.2. Análise Petrográfica - NBR 12768.....	106
3.3.3. Mineralogia.....	108
3.3.4. Índice de Brilho.....	112
3.3.5. Análise de Salinidade .....	114
3.3.6. Análise de pH.....	116
3.3.7. Análise do Cloreto.....	117
3.3.8. Análise de Eflorescência .....	118

# SUMÁRIO

---

## CAPÍTULO IV

<b>4. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
4.1. Características Mineralógicas.....	120
4.2. Características Petrográfica.....	121
4.2.1. Evidência Petrograficas do Intemperismo.....	122
4.3. Propriedades Físicas.....	133
4.3.1. Massa Especifica Aparenta (g/cm <sup>3</sup> ).....	135
4.3.2. Porosidade Aparente.....	136
4.3.3. Absorção d'água.....	138
4.4. Intensidade de Brilho.....	142
4.4.1. Resultados de Reflectância Obtidos no Levantamento de Campo.....	142
4.5. Análise da Salinidade.....	145
4.6. pH.....	146
4.7. Análise das Eflorescências por Fluorescência de Raio X.....	147
4.8. Precipitação Pluviométrica.....	149
4.9. Temperatura.....	149
4.10. Umidade Relativa do Ar.....	151

## CAPÍTULO V

<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>152</b>
<b>RÊFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>182</b>
1. Índice Físico dos Litotipos Estudados.....	183
2. Índice de Brilho.....	191
3. Modelo Check-lister.....	200
4. Modelo do Questionário.....	212

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
ASTM	American Society For Testing And Materials
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CIT	Convergência Intertropical
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CODECIR	Conselho de Defesa Civil do Recife
Eh	Potencial de oxi-redução
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMN	Instituto de Meteorologia da Itália
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAMEPE	Laboratório de Meteorologia de Pernambuco
LABISE	Laboratório de Isótopos Estáveis
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
mEa	Massa Equatorial Atlântica
mEn	Massa Equatorial Norte
NBR	Norma Brasileira Registrada
NE	Nordeste
NEG	Laboratório Núcleo de Estudos Geoquímicos
PPGMinas	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PCDs	Plataformas de Coleta de Dados

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

pH	Potencial de hidrogênio
SEM-EDAX	Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Analyses X-Ray
SE	Sudeste
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1.</b> Perfil da Produção Brasileira por tipo de Rochas -2007.....	9
<b>Figura 1.2.</b> Distribuição do consumo interno aparente por estados e regiões em 2007.....	10
<b>Figura 1.3.</b> Área de Estudo . Região Litorânea do Recife.....	12
<b>Figura 1.4.</b> Vista Panorâmica da Região Litorânea do Recife.....	13
<b>Figura 1.5.</b> Panorama da Região Litorânea do Recife – Praia da Boa Viagem.....	13
<b>Figura 1.6.</b> Panorama do Bairro Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	14
<b>Figura 2.1.</b> PCDs ( Plataformas de coleta de dados – localizada no Bairro de San Martin atendem a Região Metropolitana do Recife ).....	24
<b>Figura 2.2.</b> Sensores de Temperatura e Umidade Relativa do Ar .....	24
<b>Figura 2.3.</b> Sensor de Precipitação ou Pluviômetro.....	25
<b>Figura 2.4.</b> Influência do Clima nos Processos Intempéricos.....	57
<b>Figura 2.5.</b> Diagrama de Krumbein & Garrels .....	71
<b>Figura 2.6.</b> Agentes de Degradação dos Revestimentos das Vedações Verticais.....	78
<b>Figura 2.7.</b> Detalhes da Geometria de Pingadeiras em Fachadas e suas influências no escoamento da água.....	86
<b>Figura 3.1.</b> Fluxograma das Atividades envolvidas na Pesquisa.....	91
<b>Figura 3.2.</b> Ocorrências de Patologias em Edificação Localizada na Av. Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	96

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 3.3. Patologia observadas em Edificação localizada na Av. Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	97
Figura 3.4. Descolamento de Placas em Edificação localizada na Av. Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	97
Figura 3.5. Fissuras observadas em edificação localizada na Av. Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	98
Figura 3.6 - Alterações observadas em edificação localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	99
Figura 3.7. Oxidação e Manchamento observados em placas pétreas em edificação localizada na região litorânea do Recife.....	99
Figura 3.8. Eflorescências em placas pétreas em edifício localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	100
Figura 3.9. Alterações patológicas observadas em edifício, localizado na Av. Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	101
Figura 3.10. Placas pétreas de rochas carbonáticas Beges Bahia e Mármore Branco, coletadas em edifícios localizados em Boa Viagem, Região Litorânea do Recife. ....	102
Figura 3.11. Placas pétreas de granitos Marrom Imperial e Verde Meruoca Clássico observados em edifícios, localizados em Boa Viagem na Região Litorânea do Recife.....	103
Figura 3.12. Placas Pétreas do Granitos Arabesco, Amarelo Florença e Vermelho Ventura observados em Edifícios, localizados na Avenida Boa Viagem, Região Litorânea do Recife.....	104

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 3.13. Equipamentos utilizados na determinação dos Índices Físicos....	106
Figura 3.14. Microscópio com Sistema digital Micrografica, utilizado na análise Petrográfica.....	107
Figura 3.15. Lâminas utilizadas para Análises Petrográficas. ....	107
Figura 3.16. Medidor de Brilho, modelo IG-330-Gloss Checker, Sanwa Kenma	112
Figura 3.17 Medição de brilho em placas pétreas polidas em revestimento externo, localizadas na Avenida. Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	113
Figura 3.18. Equipamentos utilizados na análise de salinidade.....	116
Figura 3.19. phmêtro digital, utilizado na análise de pH.....	117
Figura 4.1. Microfissuramentos internos de causa supergênica em feldspato de rocha ornamental ( Granito Arabesco ) relativamente são. notar a irregularidade do traçado das fissuras, a pouca geração de preenchimento secundário em fissuras, e a superfície mais ou menos “limpa” do mineral (feldspato). LN/80x.....	123
Figura 4.2. Superfície “lisa” e pouco fissurada de feldspato do Granito Amarelo Florença, em condições de produto são (poucas evidências de alteração supergênica). LN/80x.....	123
Figura 4.3 Fissuramentos difusos, interconectados, observando-se duas gerações: a) Mais antiga (irregular, com amplo preenchimento de minerais secundários); b) Mais recente (tipicamente supergênica, fina, com discreto preenchimento em minerais secundários). Granito Vermelho Meruoca, alterado, LN/80x.....	124

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 4.4. Superfície “rugosa” com microfissuramentos difusos ( alguns com preenchimento em óxidos/hidróxidos de Fe) em textura do Granito Amarelo Florença alterado. Notar o aspecto “sujo” da superfície polida. LN/80x..... 126
- Figura 4.5. Aspecto de fachada com revestimento de “Bege Bahia”, com 15 anos de exposição. Notar a segregação secundária (detalhe) resultante da mobilização e reprecipitação de Fe sob influência intempérica..... 126
- Figura 4.6. Superfície “rugosa” com microfissuramentos (com preenchimento em óxidos/hidróxidos de Fe) em textura do “ Granito ” Imperial Brown (Marrom Imperial), procedente de pedra rasa, sob clima tropical, dito “são”. Notar o aspecto “sujo” da superfície polida. LN/80x..... 128
- Figura 4.7. Aspecto petrográfico geral do calcário travertínico “ Bege Bahia ”, observando-se gromé-rulos algálicos (ga) imersos em cimento carbonático (cc). Lâmina petrográfica de rocha sã, LN/80x..... 129
- Figura 4.8. Superfície de núcleo de recristalização do “Bege Bahia”, em placa com 10 anos de exposição ao intemperismo. Notar o aspecto notoriamente “sujo” dessa superfície quando comparado com as condições originais de lustro (figura 4.7). LN/80x..... 130
- Figura 4.9. Aspecto comparado de placa de “Bege Bahia” recém-polida em relação a placa de mesma rocha ornamental com 15 anos de exposição ao intemperismo. Notar a segregação de óxidos de Fe na placa intemperizada. .... 131

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 4.10. Aspecto petrográfico de superfície de calcário cristalino (mármore) recentemente lustrado, de pedreira em clima semiárido. Notar a limpidez geral dessas superfícies e a quase inexistência de preenchimentos (em óxidos de Fe) das clivagens dos minerais (calcita). LN/80 x..... 132
- Figura 4.11. Aspecto petrográfico da superfície de mármore branco, de placa exposta ao intemperismo durante 5 anos. Notar o preenchimento de clivagens da calcita (óxidos de Fe e/ou particulados finos em geral), e a perda de reflectância da superfície, comparada com a figura L. LN/80x..... 132

## LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>Gráfico 2.1.</b>	Precipitação Pluviométrica 2003.....	26
<b>Gráfico 2.2.</b>	Precipitação Pluviométrica 2004.....	27
<b>Gráfico 2.3.</b>	Precipitação Pluviométrica 2005.....	27
<b>Gráfico 2.4.</b>	Precipitação Pluviométrica 2006.....	28
<b>Gráfico 2.5.</b>	Precipitação Pluviométrica 2007.....	28
<b>Gráfico 2.6.</b>	Temperatura Máxima 2003.....	30
<b>Gráfico 2.7.</b>	Temperatura Máxima 2004.....	31
<b>Gráfico 2.8.</b>	Temperatura Máxima 2005.....	31
<b>Gráfico 2.9.</b>	Temperatura Máxima 2006.....	32
<b>Gráfico 2.10.</b>	Temperatura Máxima 2007.....	32
<b>Gráfico 2.11.</b>	Temperatura Mínima 2003.....	33
<b>Gráfico 2.12.</b>	Temperatura Mínima 2004.....	33
<b>Gráfico 2.13.</b>	Temperatura Mínima 2005.....	34
<b>Gráfico 2.14.</b>	Temperatura Mínima 2006.....	34
<b>Gráfico 2.15.</b>	Temperatura Mínima 2007.....	35
<b>Gráfico 2.16.</b>	Velocidade Máxima do Vento 2003.....	37
<b>Gráfico 2.17.</b>	Velocidade Máxima do Vento 2004.....	37
<b>Gráfico 2.18.</b>	Velocidade Máxima do Vento 2005.....	38
<b>Gráfico 2.19.</b>	Velocidade Máxima do Vento 2006.....	38
<b>Gráfico 2.20.</b>	Velocidade Máxima do Vento 2007.....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>Gráfico 2.21.</b> Velocidade Mínima do Vento 2003.....	39
<b>Gráfico 2.22.</b> Velocidade Mínima do Vento 2004.....	40
<b>Gráfico 2.23.</b> Velocidade Mínima do Vento 2005.....	40
<b>Gráfico 2.24.</b> Velocidade Mínima do Vento 2006.....	41
<b>Gráfico 2.25.</b> Velocidade Mínima do Vento 2007.....	41
<b>Gráfico 2.26.</b> Registro da Velocidade Anual Média dos Ventos Máximo da Estação Meteorologica do Recife no período de 2003 a 2007...	42
<b>Gráfico 2.27.</b> Registro da Velocidade Anual Média dos Ventos Mínima da Estação Meteorologica do Recife no período de 2003 a 2007...	42
<b>Gráfico 2.28.</b> Registro da Radiação Solar Média Anual do Recife.....	44
<b>Gráfico 2.29.</b> Posição de alguns ambientes naturais num diagrama de Eo-pH.	49
<b>Gráfico 2.30.</b> A influência da manutenção no desempenho.....	70
<b>Gráfico 2.31.</b> A influência da Manutenção no desempenho.....	87
<b>Gráfico 3.1.</b> Tipos de patologias observadas na área de estudo – Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	94
<b>Gráfico 4.1.</b> Demonstrativo em percentual (%) das patologias observadas nas edificações localizadas na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	119
<b>Gráfico 4.2.</b> Valores médios Dos índices dos mármore e granitos estudados	134
<b>Gráfico 4.3.</b> Valores médios de massa específica aparente seca dos mármore e granitos estudados.....	135
<b>Gráfico 4.4.</b> Valores médios de massa específica aparente saturada dos Mármore e granitos estudados.....	136

## LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>Gráfico 4.5.</b> Valores médios de porosidade dos mármore e granitos estudados .....	137
<b>Gráfico 4.6.</b> Valores médios de absorção d'água dos mármore e granitos estudados.....	139
<b>Gráfico 4.7.</b> Intensidade de brilho, nas edificações localizadas em Boa Viagem, região litorânea do Recife .....	143
<b>Gráfico 4.8.</b> Valores de Salinidade na área de estudo – Orla de Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	146
<b>Gráfico 4.9.</b> Valores de pH na área de estudo – Orla de Boa Viagem, região litorânea do Recife .....	147
Gráfico 4.10. Precipitação pluviométrica em Recife, período 2003 a 2007.....	149
<b>Gráfico 4.11.</b> Registro de Temperatura Máxima Mensal da cidade do Recife (2003 a 2007).....	150
<b>Gráfico 4.12.</b> Registro da Temperatura Mínima Mensal da Cidade do Recife (2003 a 2007).....	151
<b>Gráfico 4.13.</b> Registro de Umidade Relativa do Ar mensal na Cidade do Recife (2003 – 2007).....	152

## LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 2.1.</b> Registro de Umidade Relativa do Ar, média anual do Recife.....	45
<b>Tabela 2.2.</b> Pressão de cristalização de alguns sais.....	50
<b>Tabela 2.3.</b> Mobilidade relativa de elementos químicos das rochas.....	59
<b>Tabela 2.4.</b> Origem dos problemas de alteração (patológicas).....	79
<b>Tabela 2.5.</b> Partes constituintes do Manual do proprietário (adaptada de Seelex).....	81
<b>Tabela 3.1.</b> Composição mineralógica dos materiais estudados em Boa Viagem, região litorânea do Recife.....	111
<b>Tabela 3.2.</b> Valores de reflectância média dos revestimentos estudados No bairro de Boa Viagem.....	114
<b>Tabela 4.1.</b> Designação adotadas para as amostras estudadas.....	120
<b>Tabela 4.2.</b> Minerais estudados, localizados em Boa Viagem, região Litorânea do Recife.....	121
<b>Tabela 4.3.</b> Massa Especifica Aparente de diversos grupos de rochas.....	140
<b>Tabela 4.4.</b> Valores sugeridos para valores dos ensaios tecnológicos de rochas Ornamentais.....	141
<b>Tabela 4.5.</b> Resultados de análises semi-quantitativas das eflorescências por fluorescência de raio X .....	148

## RESUMO

---

A importância das rochas para fins ornamentais na arquitetura é histórica; tanto para revestimentos nas áreas internas como para as externas. Desta forma, neste estudo são discutidas alterabilidade e durabilidade de revestimentos com placas pétreas em fachadas externas prediais localizadas na região litorânea do Recife.

A indústria da construção civil utiliza, nas edificações, os mais variados tipos de revestimentos, entre estes as placas pétreas. As alterações estéticas das rochas ornamentais são cada vez mais frequentes, mesmo em edificações novas. Esses problemas, aparentemente de difícil solução, ocorrem em várias cidades brasileiras, principalmente naquelas situadas em regiões litorâneas.

Dentro deste contexto, neste trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica com a finalidade de fundamentar a discussão acerca desses problemas relacionados à alteração de placas pétreas utilizadas em revestimentos externos de edifícios. Sabe-se que, de modo geral, as placas pétreas tendem a se alterar pela exposição às novas condições ambientais e de uso, e que esse processo de alteração pode ser acelerado ante as agressividades climáticas, a ação dos poluentes atmosféricos e a adoção de procedimentos construtivos e de manutenção inadequados. Tais fatores alteram as características estéticas do revestimento, causando a desvalorização dos imóveis e a desfiguração da paisagem arquitetônica.

Os levantamentos realizados *in situ* mostram diversos tipos de deterioração de placas pétreas, em diferentes intensidades e formas (oxidação, perda de brilho, eflorescências, manchamentos e outros). As análises e ensaios realizados relacionam essas alterações às características intrínsecas de cada rocha, atribuindo-se papel fundamental aos minerais constituintes, às propriedades físicas, ao microfissuramento e à alteração primária da rocha. Também foram considerados os fatores extrínsecos referentes aos ambientes de instalação das placas pétreas, indicando o nível de agressividade local. A ação do tempo, em conjunto com os fatores intrínsecos e extrínsecos dos materiais expostos, condiciona a durabilidade das placas.

Pelos resultados da pesquisa pode-se concluir que as rochas carbonáticas (mármore e calcários) são mais susceptíveis aos processos de alteração em relação às rochas silicáticas (granitos), devido em grande parte, à sua constituição mineral, apresentando, portanto, uma menor durabilidade.

Palavras-chave: Alterabilidade de rochas, mármore e granito, revestimento, placas pétreas.

## ABSTRACT

---

The importance of ornamental rocks in architecture is historical; either to the internal areas or to the external ones. Thus, in this study, covering alterability and durability regarding with stony plates in located land external façades in the sea shore of Recife are discussed.

The civil construction industry uses, in workmanship, the most varied types of coverings, amongst several, the stony plates. The aesthetic alterations of ornamental rocks are more and more frequent, even in new buildings. These problems, apparently of difficult solution, occur in some Brazilian cities, mainly in those ones located in littoral regions.

According to this context, one has accomplished a bibliographical revision with the purpose of back grounding the argument concerning the issues related to the alteration of used stony plates on external coverings of buildings. One knows that, in a general way, the stony plates tend to modify through the exposition the new environmental and use conditions, and that this process of alteration can be sped up when facing climatic aggressiveness, the action of the atmospheric pollutants and the adoption of inadequate constructive procedures and maintenance. Such factors modify the aesthetic characteristics of the covering, causing the depreciation of the property and the disfigurement of the architectural landscape.

The surveys carried through “in situ” display diverse types of stony plate’s deterioration, in different intensities and forms (oxidation, loss of brightness, efflorescence, staining and others). The accomplished analyses and assays relate these alterations with the intrinsic characteristics of each rock, attributing basic role to constituent minerals, to the physical properties, the micro fissuring and the primary alteration of the rock. Also, one had considered the referring extrinsic factors to installation environments of the stony plates, indicating the local level of aggressiveness. The action of time, in set with the intrinsic and extrinsic factors of the displayed materials, conditions the durability of the plates.

Considering the research results it can be concluded that the carbonate rocks (marbles and calcareous rocks) are susceptible to the processes of alteration in relation to the silicate rocks (granites), had to a large extent, to its mineral constitution, displaying, therefore, a lesser durability.

*Key-Words: Alterability of rocks, marbles and granites, covering, stony plates*

# CAPÍTULO I

---

## 1. INTRODUÇÃO

Além da conotação de “status” e do caráter de durabilidade, os materiais pétreos exercem um papel fundamental na construção civil.

Diversos tipos de alterações ocorrem nos revestimentos com placas pétreas, desde simples manchas que interferem aparentemente apenas na estética, até mesmo fissuras, quebras e destacamentos, que causam grandes danos e comprometem sua funcionalidade e segurança.

O desenvolvimento tecnológico na indústria da construção civil ocorreu desde os primórdios da civilização, em diversas direções, dando ao homem mecanismos de construir edificações adaptadas às suas necessidades e em equilíbrio com o meio ambiente.

Percebendo a necessidade de consolidar, organizar e ampliar os conhecimentos nesta área, a indústria da construção civil junto com a arquitetura, vem buscando incessantemente novas tecnologias que minimizem as alterações que ocorrem nas placas pétreas.

Sabe-se que os materiais pétreos usados como revestimento de edificações não são eternos; degradam-se ao longo do tempo, podendo estas degradações serem aceleradas em condições climáticas mais agressivas, ambientes poluídos, ou pela utilização de procedimentos construtivos ou de manutenção inadequados.

Acredita-se que as principais causas dessas degradações são decorrentes da má aderência entre a placa e a argamassa de assentamento ou desta com o substrato, da alteração da argamassa de assentamento ou de rejuntamento, da alteração decorrente da aplicação de “impermeabilizantes” e da agressividade da atmosfera (salina e de fortes ventos com particulados em suspensão), assim como pela emissão de resíduos gasosos do trânsito, característicos das áreas urbanas, as alterações na própria rocha e a variação térmica diária.

## CAPÍTULO I

---

Nesta pesquisa, foram selecionados diversos tipos de rochas utilizadas como placas pétreas para revestimentos, tendo em vista sua aplicação mais comum, com o objetivo de investigar as suas propriedades e alterações decorrentes do emprego como revestimento externo.

A denominação rochas ornamentais é usada para designar materiais rochosos que podem ser extraídos em blocos desdobrados em placas além de cortados em formas variadas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro.

As rochas ornamentais sob o ponto de vista comercial são divididas em dois grandes grupos: carbonáticas e silicáticas. A designação “granito” engloba rochas silicáticas de origem tanto ígnea quanto metamórfica, que variam desde o granito *sensu stricto* até rochas básicas e ultrabásicas (basaltos, gabros, diabásios, piroxenitos, etc.), passando por metamórficas quartzo-feldspáticas de médio e alto grau de metamorfismo (gnaisses, migmatitos, granulitos etc.) e quartzosas (quartzitos) e outros. Por serem mais resistentes ao ataque químico e ao desgaste abrasivo, as rochas silicáticas vêm sendo prioritariamente especificadas para revestimentos externos. Os “mármore” são comercialmente entendidos como qualquer rocha carbonática, são de origem tanto sedimentar como metamórfica, passíveis de polimento.

De um modo geral o padrão estético, estabelecido pela cor, textura e estrutura da rocha, é determinado pela gênese de sua formação, composição mineral e padrões de orientação ou deformação nelas impressos por sua história geológica. O padrão estético é imposto por modismos e não necessariamente pelas características tecnológicas dos materiais, sendo um dos principais condicionantes para o comércio e uso das placas pétreas.

O aproveitamento das placas pétreas, para fins ornamentais e para revestimentos, estão relacionados a fatores adicionais ao padrão estético, ligados à

## CAPÍTULO I

---

geologia do material rochoso, aqui referidos como **fatores intrínsecos** (Frasca, 2003):

- **Tipologia do jazimento:** definida pela intensidade e tipo de alteração da rocha, presença de tensões residuais, heterogeneidade estrutural, textural, entre outros;
- **Propriedades petrográficas, físicas e mecânicas:** condicionam os usos mais adequados da rocha no revestimento de edificações, pois fornecem parâmetros para a escolha de materiais perante solicitações como intempéries, desgaste abrasivo, danos relacionados à expansão e contração térmicas, etc.

Outros fatores, muitas vezes de igual importância, mas de caráter **extrínseco** dos materiais pétreos são:

- **Técnicas de extração e beneficiamento:** devem ser adequadas a cada tipo de material, pois eventuais defeitos decorrentes de emprego inadequado de métodos extrativos ou de beneficiamentos industriais (serragem, polimento e lustre), poderão modificar as características naturais (microfissuras, por exemplo) e vir a favorecer ou acelerar a alteração dos constituintes ao serem expostos a novas condições ambientais;

As placas pétreas para revestimento são produtos obtidos do desmonte de maciços rochosos em blocos e de subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas e ladrilhos (Frasca, 2003).

A degradação ou deterioração de rochas são termos utilizados para se referir ao estado alterado para pior, ou seja, danificação, decomposição, estrago do material rochoso (Houaiss e Villar, 2001).

# CAPÍTULO I

---

Campante (2001) propõe que no estudo de alterações em revestimentos seja usada a seguinte terminologia: **Causa** - a justificativa mais evidente para o problema, estando ligado ao aspecto executivo do revestimento; **Natureza**, - secundária para o problema, relacionada aos aspectos produtivos de revestimento; e **Origem** - etapa do processo de produção do qual a patologia decorre (exemplo: projeto, execução ou manutenção).

Geralmente as falhas não ocorrem devido a uma única razão, mas provavelmente decorrem da combinação delas. Os materiais pétreos usados como revestimento de edificações tendem a se alterar e deteriorar, naturalmente, com o tempo (condição de intemperismo). Independentemente de suas formas de manifestação as alterações podem ter origem em uma enorme gama de fatores, em função da grande complexidade dos vários sistemas envolvidos, inerentes aos processos construtivos (Casimir, 1994).

Estudos e diagnósticos de alterações de placas pétreas para revestimento indicam que a maior parte dos problemas está relacionada ao desconhecimento do usuário sobre as interações das placas pétreas com o meio ambiente, tanto pela poluição, intervenção antrópica, insumos, como pelas condições criadas pelas inúmeras variáveis impostas pelos sistemas empregados no beneficiamento.

## 1.1. Características físico-mecânicas das rochas

O valor comercial da rocha é conseqüência direta das características técnicas da rocha ornamental, bem como das características estéticas. A utilização mais adequada para uma dada rocha deve ser aquela que apresente o valor técnico, estético e comercial mais elevado (Silva, 1989; Moura, 2000).

A determinação das características mais importantes das rochas ornamentais obriga a realização de estudos e ensaios tecnológicos específicos, de modo a definir a qualidade e, por conseqüência, a sua aplicação mais adequada, em termos de

## CAPÍTULO I

---

utilização. Assim, para além da descrição do aspecto da superfície da placa pétrea (cor, textura, dimensão e arranjo estrutural dos grãos constituintes) e estudo petrográfico aprofundado, há todas as vantagens na realização dos ensaios físico-mecânicos.

As principais características físico-mecânicas das rochas estão intimamente ligadas à textura e à estrutura da rocha (em particular com a dimensão média do grãos). Por outro lado, o estado de conservação dos minerais constituintes vai condicionar fortemente a aptidão de cada rocha ao polimento, e determina a durabilidade.

Há ainda a ter em conta o fato das características físico-mecânicas ou comportamentos tecnológicos serem específicos para cada grupo de rochas, e ainda poderem admitir uma certa variabilidade em materiais de natureza idêntica, de pedra para pedra e, muitas vezes, dentro da mesma pedra.

Resumindo, a importância relativa dos ensaios físico-mecânicos é função do tipo de utilização a que se destina o material. Por exemplo, para avaliar a aptidão de um tipo de rocha para uma finalidade com determinadas condições de exposição a intempéries ou a outros agentes agressivos, ou ainda sujeita a solicitações específicas, utilizam-se ensaios também a eles específicos para simular essas condições e verificar a resposta do material pétreo.

A título de exemplo, o valor do ensaio da resistência mecânica à flexão vai fornecer indicações importantes no que diz respeito à aptidão da rocha quanto a situações construtivas em que os elementos são solicitados a funcionar à flexão ou tração.

### **1.2. A importância e a qualidade das placas pétreas na arquitetura**

As edificações e as obras de engenharia e arquitetura estão presentes no cotidiano das pessoas com as mais diversas funções e portes. Este preâmbulo serve para chamar a atenção da enorme responsabilidade do profissional de engenharia e arquitetura, uma vez que deles partem os projetos das edificações e a análise das etapas envolvidas neste complexo sistema, ou seja, da fundação à superestrutura, incluindo as vedações, os revestimentos, passando pelo conhecimento do solo onde será executada a obra, o comportamento dos materiais a serem utilizados nas diversas etapas, comportamento este que deve ser analisado pelo profissional de forma interativa, pois além do conhecimento de cada material em si, é preciso prever como cada material irá se comportar na presença de outro, bem como diante das diversas condições climáticas (ação do sol, chuva, vento), da utilização que será dada à edificação quando concluída, etc.

Segundo Amá, R. (2002), a importância da rocha na arquitetura é histórica porque a história da arquitetura é feita de rochas. Qualquer arquiteto que se preze, precisa conhecer essa história. Por mais que os romanos tenham desenvolvido o concreto, eles ainda revestiam seus prédios com rochas. A rocha, além do caráter de durabilidade e conotação de “luxo”, tem uma diversidade enorme de aplicações e de formas de uso, que permitem ao arquiteto exercitar toda a sua criatividade.

São vários tipos de cores, texturas e padrões dos materiais pétreos. A rocha ainda possibilita acabamentos diferenciados e combinações de vários tipos de pedras e outros materiais. A rocha permite dimensionamentos quase que infinitos e aplicações em fachadas, pisos, tampos, peças especiais, esculturas, arte funerária e outras. É um material com uma flexibilidade artística muito grande e que já está aculturado no Brasil.

## CAPÍTULO I

---

A pedra dimensional abriu um novo leque de possibilidades, pois, cortada em tamanhos menores e padronizados, com espessuras mínimas (< 1,5 cm) tornou-se bem mais acessível, sendo mais barata que o porcelanato.

Os mármore, granitos e demais rochas ornamentais atendem muito bem à resolução de projetos arquitetônicos e paisagísticos, desde que bem especificados e assentados com técnicas adequadas.

Quando utilizados em pisos e revestimentos verticais, apresentam um nível de resposta excelente às solicitações de uso e às intempéries (alterações climáticas, poluição, etc.). Sem dúvida alguma, o emprego de rochas ornamentais em um projeto valoriza qualquer empreendimento. A maior qualidade deste material é a resistência, mas a durabilidade e a beleza também são valores que devem ser ressaltados.

Os mármore e granitos estão sendo cada vez mais utilizados, alavancados, principalmente, pelo crescimento do mercado da construção civil, mas ainda disputam uma significativa fatia do segmento de revestimento com a cerâmica. Esta última, embora tente imitar a rocha ornamental, não alcança a qualidade tecnológica deste material nem a beleza.

### **1.3. Tendência na arquitetura com relação a rochas ornamentais**

Amá, R. (2002) se reportando às tendências, comenta que hoje existe uma preferência pelas rochas em tons mais claros para os ambientes internos. Mas, na Arquitetura, como na Arte, não existem regras.

Tem-se buscado recentemente materiais que tenham uma inserção sem muita interferência no espaço, ou seja, de cores mais neutras. Daí a preferência

## CAPÍTULO I

---

pelos materiais mais claros e pelos brancos, que não causam tanta interferência na ambientação. Buscam-se, nesse contexto, materiais que possam dar uma característica bastante peculiar à obra.

### **1.4. Importância econômica do setor**

O setor de rochas ornamentais é um dos segmentos com maior e mais constante desenvolvimento da indústria mineral brasileira.

Os aspectos econômicos procuram mostrar a importância nacional e internacional desse setor. De acordo com a ABIROCHAS (2008), a produção mundial de rochas ornamentais evoluiu de 1,8 milhões de toneladas/ano para cerca de 41,4 milhões de toneladas de rochas brutas e beneficiadas, comercializadas no mercado internacional em 2006, devendo atingir a casa dos 45 milhões de toneladas em 2007.

O Brasil, em 2006, colocou-se como o 4º maior produtor e exportador mundial de rochas em volume físico, como o 2º maior exportador de granitos brutos, como 4º maior exportador de rochas processadas especiais, e como o 2º maior exportador de ardósias, além de ser o principal fornecedor de chapas de granito para os EUA.

A produção em 2007 de rochas ornamentais e de revestimento totalizou cerca de 8,0 milhões de toneladas no ano de 2007. Essa produção envolveu uma grande variedade de materiais, que inclui granitos, mármore, quartzitos maciços e foliados, ardósias, pedra-sabão, metaconglomerados, serpentinitos, travertinos, calcários (limestones) e outras (figura 1.1).

## CAPÍTULO I

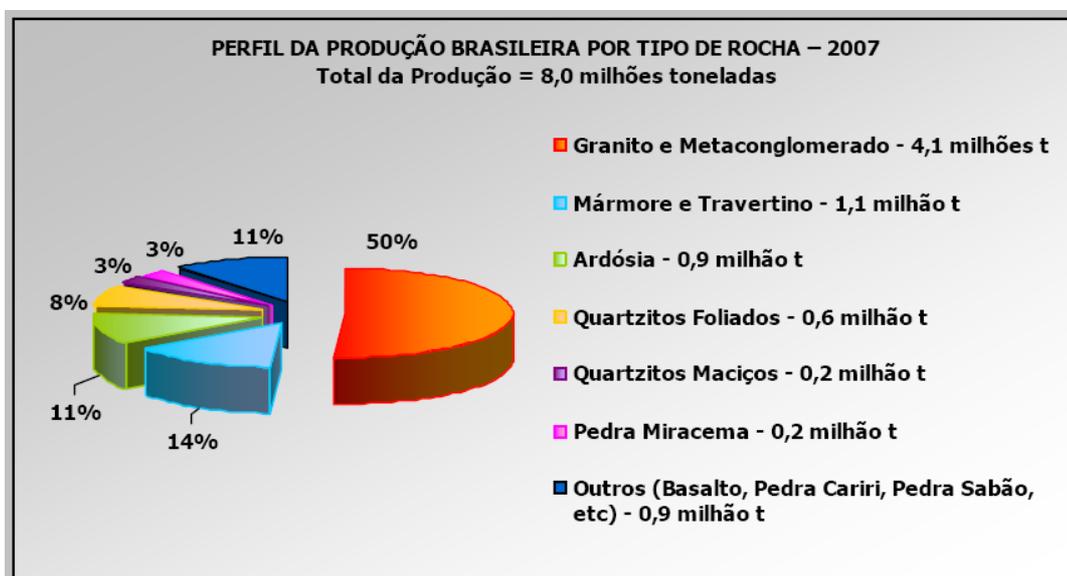


Figura 1.1 - Perfil da produção brasileira por tipo de rochas -2007.

Fonte: ABIROCHAS / Balanço 2007

Do ponto de vista dos principais usos e aplicações, Chiodi (2008) diz que cerca de 80% dos produtos comerciais referem-se a chapas para revestimentos, incluindo-se pavimentos externos e internos (pisos), superfícies verticais externas (fachadas) e internas (paredes), degraus (base e espelho) e tampos em geral (pias, mesas, balcões, etc.). Os demais 20% envolvem peças estruturais (colunas, etc.) arte funerária (lápides e adornos) e trabalhos especiais (esculturas e peças usinadas); e acrescenta que de 40,2 milhões de m<sup>2</sup> de granitos e rochas carbonáticas nacionais, 32,2 milhões de m<sup>2</sup> (80%) envolvem revestimentos verticais e horizontais. Desses 32,2 milhões de m<sup>2</sup> estima-se que 19,3 milhões de m<sup>2</sup> (60%) dizem respeito a pisos e 12,9 milhões de m<sup>2</sup> (40%) a paredes e fachadas.

A figura 1.2 demonstra a distribuição de consumo interno por estado e região; a região sudeste é de longe a maior consumidora desse tipo de revestimento.

## CAPÍTULO I

---

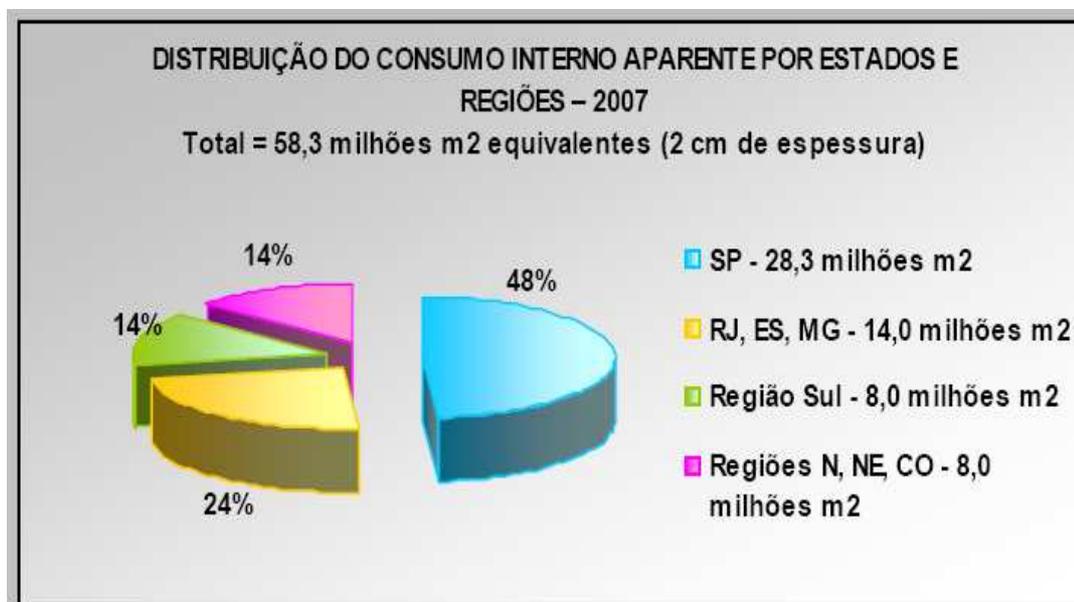


Figura 1.2 - Distribuição do consumo interno aparente por estados e regiões - 2007.  
Fonte: ABIROCHAS / Balanço 2007.

No que diz respeito às rochas carbonáticas importadas, segundo Chiodi (2008), que somam 1,6 milhões de m<sup>2</sup> em 2007, praticamente tudo é destinado a revestimentos: 50% para pisos, 30% para paredes e fachadas e 20% para tampos. Para as demais rochas nacionais (ardósias, quartzitos foliados e outras), que somaram 16,5 milhões de m<sup>2</sup> de consumo no mercado interno em 2007, cerca de 13,2 milhões de m<sup>2</sup> (80%) foram utilizados especificamente em pisos, com apenas 3,3 milhões de m<sup>2</sup> (20%) para revestimentos verticais e outros usos.

Assim como em outros países, onde, por limitações econômicas e de poder aquisitivo, demanda-se, sobretudo, preço também no Brasil; os revestimentos cerâmicos, geralmente mais acessíveis para o consumidor, acabam tendo maior aceitação e penetração do que os materiais naturais.

## 1.5. Área de Estudo

A área de estudo situa-se na Região Metropolitana do Recife, capital de Pernambuco, no litoral oriental da América do Sul, na costa do Nordeste brasileiro, banhada pelo Oceano Atlântico. A região destaca-se por sua beleza natural e importância econômica. Recife nasceu na foz dos rios Capibaribe e Beberibe. Além dos rios, Recife possui inúmeros canais e pontes, e por isso é conhecida como a “Veneza brasileira”.

O ambiente litorâneo de Recife conta com uma população de mais de 100 mil habitantes distribuídos entre os bairros de Boa Viagem, Pina e Brasília Teimosa. As praias da Boa Viagem e do Pina têm uma área de 57,48 hectares e cerca de 8 km de extensão

A área tem como limites: ao norte, o bairro de Brasília Teimosa; ao sul, a praia de Piedade, pertencente ao município de Jaboatão dos Guararapes; a leste, o Oceano Atlântico e a oeste o bairro de Boa Viagem, o parque dos manguezais, o canal do Rio Jordão e o canal Setubal. Está numa região com latitude entre 8° 05' 02" S e 8° 08' 06" S e longitude entre 32° 52' 02" W e 34° 53' 47" W. Observem-se as figuras 1.3, 1.4, 1.5 e 1.6 a seguir.

# CAPÍTULO I

---



Figura 1.3 - Localização da área de estudo, região litorânea do Recife.  
Fonte: Google em fev/2006.

## CAPÍTULO I

---



Figura 1.4 – Vista Panorâmica da região litorânea do Recife.  
Fonte: Google em fev/2006.



Figura 1.5 – Panorama da Região Litorânea do Recife – Praia da Boa Viagem  
Fonte: Google em fev/2006.



Figura 1.6 – Panorama do Bairro Boa Viagem, região litorânea do Recife.  
Fonte: Google em fev/2006.

### **1.6. Ambiente climático da região metropolitana do Recife**

Pela sua localização, o litoral sul de Pernambuco tem clima tropical úmido com chuvas de inverno antecipadas no outono. O clima é do tipo  $As'$  (pseudo tropical) da Classificação de Koeppen. Relativamente bem distribuídas ao longo do ano, as chuvas são provocadas, sobretudo, pelos ciclones da Frente Polar Atlântica que atingem o litoral nordestino com maior vigor no período de outono e inverno, sendo os meses de maio, junho e julho os mais chuvosos e outubro, novembro e dezembro os mais secos.

A temperatura média anual da área é de  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , variando entre a mínima de  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo fortemente influenciada pela ação dos ventos dominantes, os alísios de SE (quentes e secos) e NE (quentes e úmidos).

# CAPÍTULO I

---

## 1.7. Justificativas

O Brasil dispõe de grandes potencialidades em rochas ornamentais, oferecendo uma vasta gama de tipos litológicos, que tradicionalmente são explorados e transformados para aplicação na construção civil.

É com base no conhecimento das características específicas de cada tipo de rocha que se torna possível aconselhar, com propriedade, a sua utilização adequada.

Segundo Frascá apud Robinson, W. (1994), o estudo dos processos intempéricos, dos mecanismos fundamentais para sua atuação e a determinação das taxas de alteração foram até recentemente considerados desnecessários ou negligenciados por profissionais do setor, que tendem a considerar evidente o fenômeno de alteração e óbvia a natureza dos diferentes processos.

Os revestimentos com placas pétreas (granitos e mármore) vêm sendo largamente utilizados em edifícios residenciais e comerciais. Devido a isso é importante fundamentar os processos agressivos e as características tecnológicas que permitam uma especificação e aplicação correta dos materiais pétreos, de forma a obter-se as propriedades desejadas para os revestimentos externos: beleza, funcionalidade e durabilidade.

Este trabalho visa determinar as principais patologias que ocorrem na região litorânea do Recife, bairro de Boa Viagem, e analisar as características tecnológicas e petrográficas dos litotipos amostrados e caracterizar o potencial agressivo do meio ambiente da região.

### 1.8. Objetivos

O objetivo desse trabalho é identificar, caracterizar e estudar os tipos de alterações que ocorrem nos revestimentos com placas pétreas expostas em ambientes litorâneos (região litorânea do Recife), ocasionados pela ação dos agentes intempéricos que integram a atmosfera. Também deseja-se indicar e analisar as características tecnológicas e petrográficas dos litotipos amostrados.

Nesta pesquisa foram levados em consideração o manchamento, a perda de grãos, a redução de brilho, descolamento de placas, fissuras, crostas negras, eflorescências, oxidação e a variação na porosidade e absorção, perda de massa e processos químicos, físicos e biológicos que interferem nas patologias associadas a rochas de revestimentos externos de edificações na região litorânea do Recife.

Desta forma os objetivos específicos perseguidos durante esta pesquisa estão listados a seguir:

- Realização de levantamento bibliográfico, referente a trabalhos técnicos que abordam os processos de alterabilidade em placas pétreas;
- Identificação e caracterização dos principais tipos de alterações (patologias) que ocorrem ao longo do tempo nas placas pétreas aplicadas nos revestimentos;
- Avaliação dos fatores que influenciam e determinam as alterações nas placas pétreas no ambiente litorâneo do Recife-PE;
- Análise, por meio de medições de brilho, dos processos de alteração de placas pétreas sujeitas aos agentes agressivos atmosféricos;

## CAPÍTULO I

---

- Sistematização das informações referentes aos principais agentes agressivos atuantes sobre o revestimento externo de edificações;
- Avaliação, com base na análise petrográfica e ensaios tecnológicos, de características deteriorantes dos processos de alteração mais intensos na orla marítima de Recife, a partir de resultados comparativos entre os litotipos de maior utilização na região litorânea de Boa Viagem;
- Determinação das características mineralógicas, petrográficas e tecnológicas dos materiais pétreos encontrados com maior frequência na área de estudo;
- Determinação da alterabilidade dos materiais pétreos estudados e suas causas;
- Comparação entre os materiais pétreos estudados quanto aos seus atributos e especificações de uso e aplicação para fins ornamentais e de revestimento;

As informações, dados, resultados e interpretações são apresentadas a seguir com a seguinte organização:

O Capítulo I introduz o assunto relativo ao tema estudado;

O Capítulo II expõe o Referencial Teórico e Revisão Bibliográfica sobre o contexto de estudo;

O Capítulo III aborda os materiais utilizados e a metodologia empregada nesta pesquisa;

O Capítulo IV apresenta a interpretação e discussão dos resultados dos aspectos da caracterização tecnológica dos granitos e mármore estudados;

Finalmente, o Capítulo V apresenta as Considerações Finais do tema estudado e Recomendações para futuros trabalhos sobre o assunto abordado.

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Estado da arte

Neste capítulo, a pesquisa bibliográfica priorizou as informações mais recentes e disponíveis, que retratam a alteração, deterioração e durabilidade de placas pétreas, principalmente àquelas destinadas ao uso em revestimentos externos de edificações em regiões litorâneas.

Dentre as publicações contemplou-se uma revisão em diversos periódicos técnico-científicos, teses, consulta a livros-textos e artigos atuais relacionados com o tema.

O objetivo final de todo estudo de alterabilidade e durabilidade é observar o desempenho das placas pétreas em edificações durante a sua vida útil, sem que as mesmas apresentem mudanças que venham a influenciar suas propriedades.

Foi dada maior ênfase às publicações em que foram abordados os comportamentos dos materiais pétreos em ambiente distintos, principalmente aquelas que retrataram alterações de rochas graníticas e carbonáticas em atmosferas agressivas.

Batista, M.A.L apud Rivas et al (2003) estudaram o comportamento de cinco granitos do Noroeste da Espanha submetidos à exposição em câmara de névoa salina, sob condições de atmosfera controlada. Foram utilizadas como soluções o cloreto de sódio e água do mar, revelando ao final dos ensaios diferentes morfologias de alteração para cada uma das atmosferas criadas.

Em ambos os testes, os íons mais abundantemente encontrados foram  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ . Contudo, obviamente, nas amostras ensaiadas com água do mar, outros íons

## CAPÍTULO II

---

estavam presentes, modificando a solubilidade do NaCl e, por conseguinte, sua mobilidade e seus efeitos deteriorantes.

Verificaram que a perda de peso das amostras expostas ao NaCl foi bem mais expressiva do que para aquelas expostas à água do mar e que, para o primeiro, a perda de peso foi contínua durante todo o teste, enquanto para o segundo houve ligeiro e prolongado aumento de peso, decrescendo um pouco somente ao final do teste.

Os mapas obtidos com SEM-EDAX (Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Analyses X-Ray) e as análises de sais solúveis revelaram níveis mais altos dos íons cloro e sódio em maior profundidade para as amostras expostas à água do mar e em menor profundidade para aquelas expostas à solução salina. Isto se deveu à diminuição da solubilidade do NaCl, na presença de outros íons, reduzindo a mobilidade do cloro e sódio e conseqüentemente dificultando o acesso dos mesmos, de volta à superfície, o que explica o aumento inicial de peso nas amostras. Estes autores verificaram, também, que as amostras expostas ao NaCl apresentaram preferencialmente alteração por desagregação granular, enquanto as expostas à água do mar apresentaram desagregação granular vinculada à formação de pequenas lascas ou destacamentos, semelhantes aos observados em ambientes naturais de zonas costeiras.

Batista, M.A.L apud Cardell et al (2003) também realizaram testes de envelhecimento artificial com névoa salina (água do mar) procurando simular os efeitos produzidos em granitos e rochas sedimentares sob condições ambientais costeiras. Análise microestrutural e o estudo de seções delgadas revelaram que os destacamentos foram causados exclusivamente por processos físicos de cristalização e dissolução dos sais.

Esses sais se cristalizaram em fissuras pré-existentes e exerceram tensões de tração maiores do que a coesão das partículas que compõem o material, provocando o surgimento de novas fissuras e aumento na porosidade. Por fim,

## CAPÍTULO II

---

constataram que a susceptibilidade dessas amostras de granito à alteração foi determinada por três fatores: a porosidade, a dimensão dos grãos e o sistema de poros das rochas.

Batista, M.A.L. apud Trujillano et al (1994), submeteram três espécies de granitos ao ensaio de cristalização salina, com sulfato de sódio e fosfato, segundo o procedimento padrão e um outro modificado. O grau de decaimento atingido foi diferente para cada tipo de rocha, variando de acordo com as suas propriedades petrofísicas, e foi quantificado pelas mudanças na textura, cor e remoção de massa nas superfícies testadas.

O ensaio que obedeceu ao procedimento padrão da norma provocou alterações nas superfícies das rochas logo nos primeiros ciclos, enquanto o ensaio modificado inicialmente conduziu a um baixo grau de decaimento, somente exibindo súbito e intenso fissuramento a partir do 12<sup>o</sup> - 15<sup>o</sup> ciclos.

Frasca (2003) realizou estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas mais comumente empregadas na construção civil, onde se revelaram mais eficientes os ensaios de exposição à névoa ácida e salina além da imersão parcial em ácido sulfúrico.

Os resultados obtidos mostraram diferentes susceptibilidades das rochas estudadas à deterioração com formas e intensidades variáveis (oxidação de minerais, eflorescências, escamações e outras) diretamente relacionadas com suas propriedades intrínsecas e à situação simulada.

### **2.2. Mecanismos atuantes na atmosfera**

A atmosfera é definida como uma camada relativamente fina de gases e material particulado (aerossóis) que envolve a Terra. De fato, 99% da massa da

## CAPÍTULO II

---

atmosfera estão contidas numa camada de 0,25% do diâmetro da terra (32 km). Esta camada é essencial para a vida e o funcionamento ordenado dos processos físicos e biológicos sobre a Terra.

De acordo com Aires-Barros (1991) os fatores ou agentes atmosféricos que atuam diretamente nas rochas são:

- **Umidade** (na forma de chuva, névoa ou como a própria umidade relativa do ar);
- **Temperatura do ar** (que acelera as reações químicas);
- **Insolação e resfriamento noturno** (que provocam condensação do vapor d'água existente na superfície da rocha e afetam a taxa de deposição e os fenômenos de evaporação);
- **Vento e energia cinética** (que promovem ação abrasiva sobre as paredes);
- **Constituintes do ar e poluentes atmosféricos** (gasosos e aerossóis): atuam condicionando as taxas de ataque químico.

Outros fatores podem ser acrescentados nesta lista, como temperatura da superfície das amostras e o tempo de molhamento. Alguns componentes presentes na atmosfera, como sólidos, líquidos e gasosos atuam nas rochas de revestimento por meio dos seguintes mecanismos:

- **Físicos** - cristalização de sais, umedecimento e fenômenos provocados por variações do estado higrométrico da atmosfera;
- **Química** - presença de sulfatação nas rochas carbonáticas e fenômenos de hidrólise nas rochas granitóides, atuantes na superfície e no interior das rochas e,

## CAPÍTULO II

---

- **Biológicos** - ações físicas ou químicas provocadas por microorganismos: bactérias, algas, fungos, líquens, musgos e mesmos arbustos.

Estes mecanismos agregados aos fatores físicos, químicos e biológicos, por sua vez, são dependentes do tipo da deposição que ocorre sobre a superfície das placas pétreas, podendo ser seca ou úmida.

- **Seca:** os componentes da atmosfera normal ou contaminada atingem as edificações sob a forma de partículas, gases ou aerossóis transportados por ação eólica. É um processo lento, porém contínuo.
- **Úmida:** provoca uma brusca e variada deposição de poluentes dissolvidos nas chuvas.

Aires-Barros (1991) diz que a umidade, sendo devida à precipitação atmosférica, tem caráter intermitente com variações temporais e espaciais. Os poluentes podem ser incorporados por dois mecanismos: introduzidos nas gotículas no seio das nuvens (rain-out) ou removidos pelas chuvas na sua precipitação (wash-out). O primeiro mecanismo é o mais importante, sendo o responsável por cerca de 85% do  $\text{SO}_2^{-4}$  e  $\text{NO}_3$  das precipitações atmosféricas.

Segundo Batista M.A.L. (2006), a poluição do ar é um fator atmosférico de extrema importância, sendo um assunto bastante complexo, pois os poluentes podem advir de diversas substâncias químicas, existentes na forma de gases (aproximadamente 90% em peso dos poluentes), líquidos (aerossóis) ou particulados. Podem ser lançados diretamente no ar (poluentes primários) ou podem ser criados no ar (poluentes secundários) a partir de outros poluentes sob a influência da radiação eletromagnética do sol.

## CAPÍTULO II

---

Os particulados em suspensão são constituídos de partículas muito pequenas (variando de 0,005  $\mu\text{m}$  até cerca de 100  $\mu\text{m}$ ) podendo ser transportados em suspensão até milhares de quilômetros do local de origem.

Assumem, ainda, importância relevante, as pequenas diferenças espaciais que criam gradientes entre a atmosfera e a rocha como também as variações temporárias destes gradientes que criam processos de degradação relacionados com os tempos de adaptação diferentes da atmosfera e da rocha. Deste modo geram-se fluxos de calor e de vapor entre o ambiente e a rocha.

Muitas vezes são estes fluxos que favorecem ou impedem o depósito na superfície da rocha de gases e partículas, que promovem o ingresso de vapores para o interior das rochas, que facilitam migrações de sais, a formação de eflorescências, micro fraturas e a criação de condições adequadas ao desenvolvimento de organismos diversos.

### **2.3. Parâmetros atmosféricos condicionantes na região**

#### **2.3.1. Caracterização Climática**

A caracterização climática tem como fonte dados secundários levantados junto a estações meteorológicas das redes do INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia e INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, e propõe-se a sustentar o entendimento dos condicionantes meteorológicos que influenciam os diagnósticos físico, biótico e antrópico da área em estudo.

Os equipamentos utilizados para realizar as medições de temperatura, pressão, direção e velocidade do vento, umidade, etc, estão montados em Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) mostradas na figura 2.1, localizadas no bairro de San Martin, Recife.

## CAPÍTULO II

---



Figura 2.1 - PCDs (Plataformas de coleta de dados – localizada no bairro de San Martin, atendem a Região Metropolitana do Recife). Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

Esta combinação de sensores de temperatura e umidade relativa do ar encontra-se em um único invólucro, como mostrado na figura 2.2. Os dados obtidos pelo uso desses sensores são utilizados em aplicações meteorológicas.



Figura 2.2 - Sensores de temperatura e umidade relativa do ar. Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

O Sensor de precipitação ou Pluviômetro é destinado a medir a precipitação (chuva) acumulada num intervalo de tempo. O sensor utilizado nas Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) é o Pluviômetro de Báscula ou “Rain Gauge Tipping Bucket”, (figura 2.3).



Figura 2.3 - Sensor de precipitação ou pluviômetro.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

Os dados de pluviometria são obtidos com o auxílio de pluviômetros automáticos, situados a 1,50m do nível do solo. Já As temperaturas, por sua vez, foram também medidas a 2,50m acima do nível do solo, na plataforma de coleta de dados Vaisala.

Os aspectos pluviométricos, as temperaturas médias, máxima e mínima, e também os aspectos de insolação, evaporação, umidade relativa do ar e orientação de ventos regionais têm importante influência em aspectos relacionados com alterações das placas em revestimentos na região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO II

---

### 2.3.2. Ambiente climático de Recife

Foram considerados os dados climáticos como parâmetros para fundamentação e discussão da pesquisa em apreço.

#### 2.3.2.1. Precipitação pluviométrica

O regime pluviométrico é bastante variável. Normalmente cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre, sendo os meses de março a maio, os mais chuvosos, os mais secos correspondem ao período setembro a novembro. Os gráficos representados em 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5, exibem os valores pluviométricos de 2003 a 2007 em Recife, nos quais se verificam o registro de maior incidência de chuvas no primeiro semestre do ano.

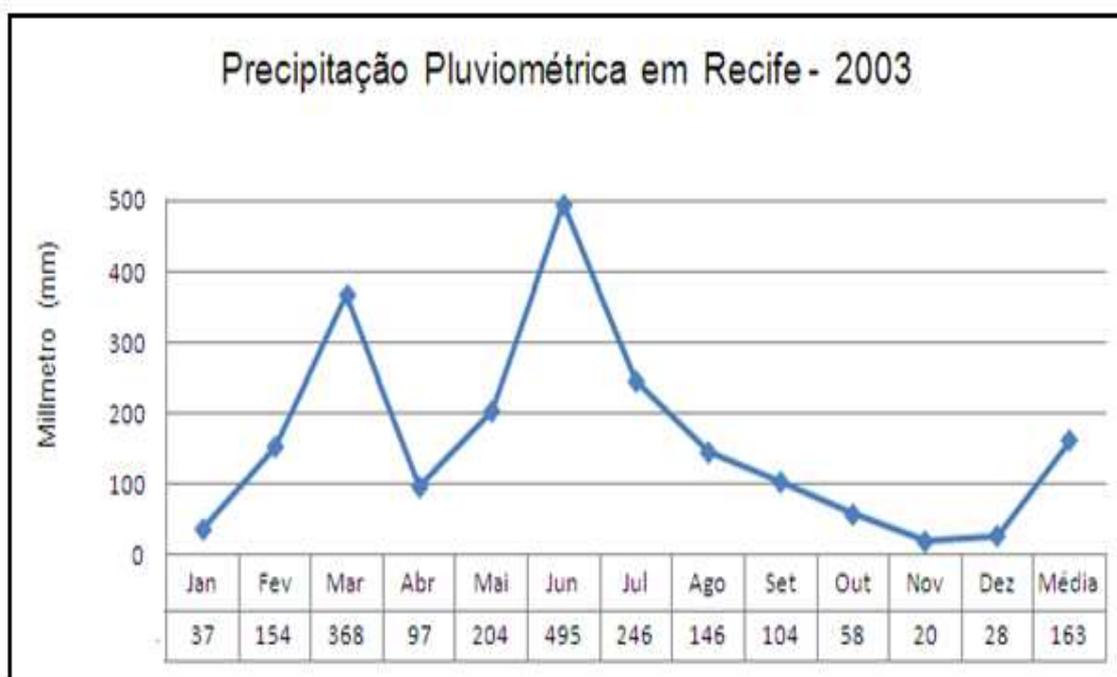


Gráfico 2.1- Precipitação pluviométrica em 2003.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE- LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

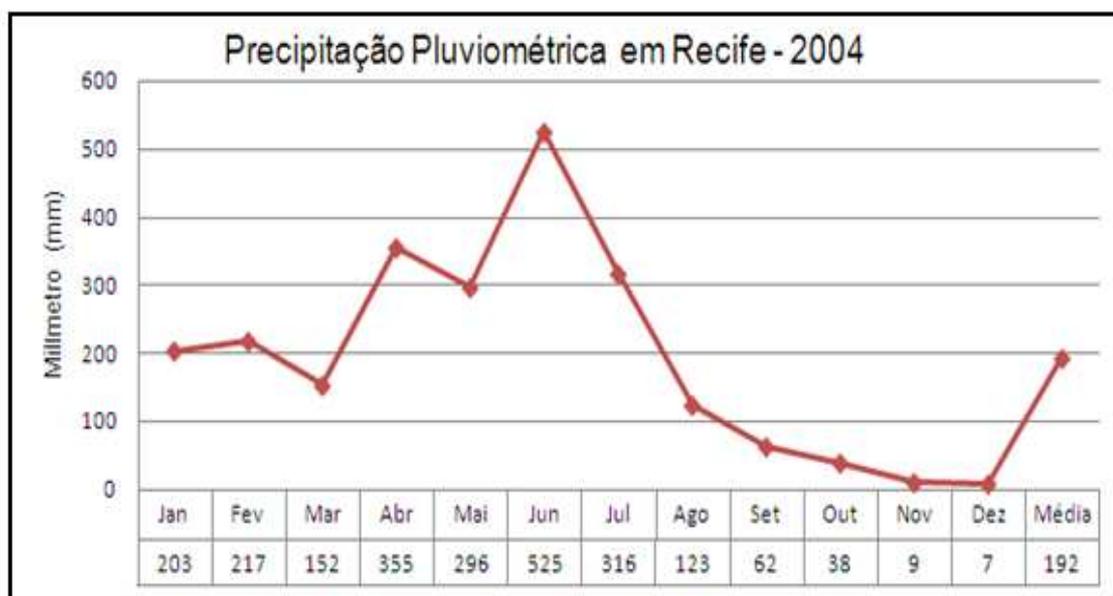


Gráfico 2.2 - Precipitação pluviométrica em 2004.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE-LAMEPE



Gráfico 2.3 - Precipitação pluviométrica em 2005.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE-LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

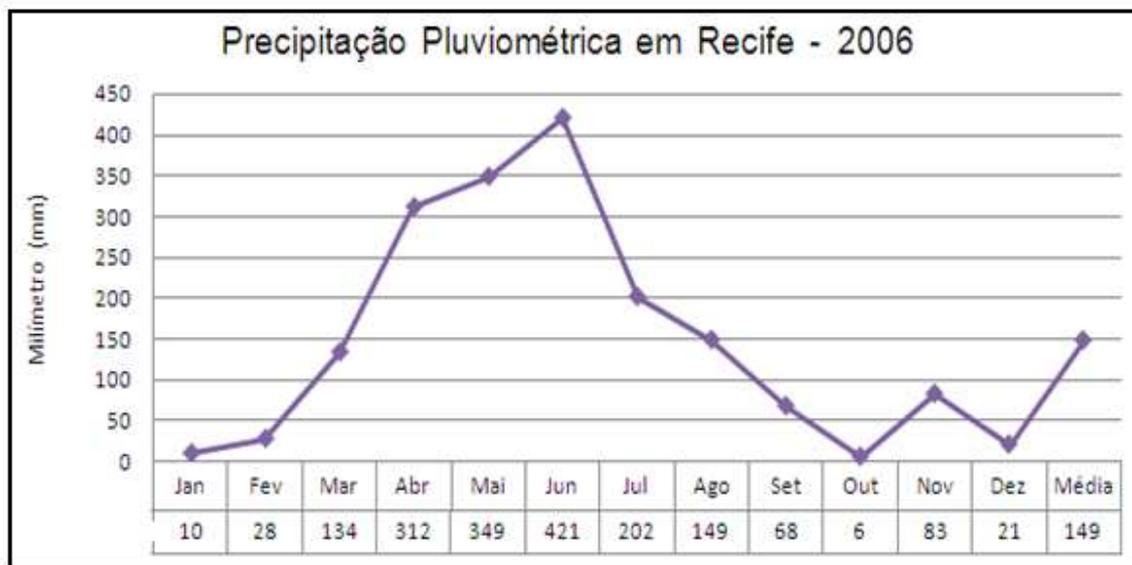


Gráfico 2.4 - Precipitação pluviométrica em 2006.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

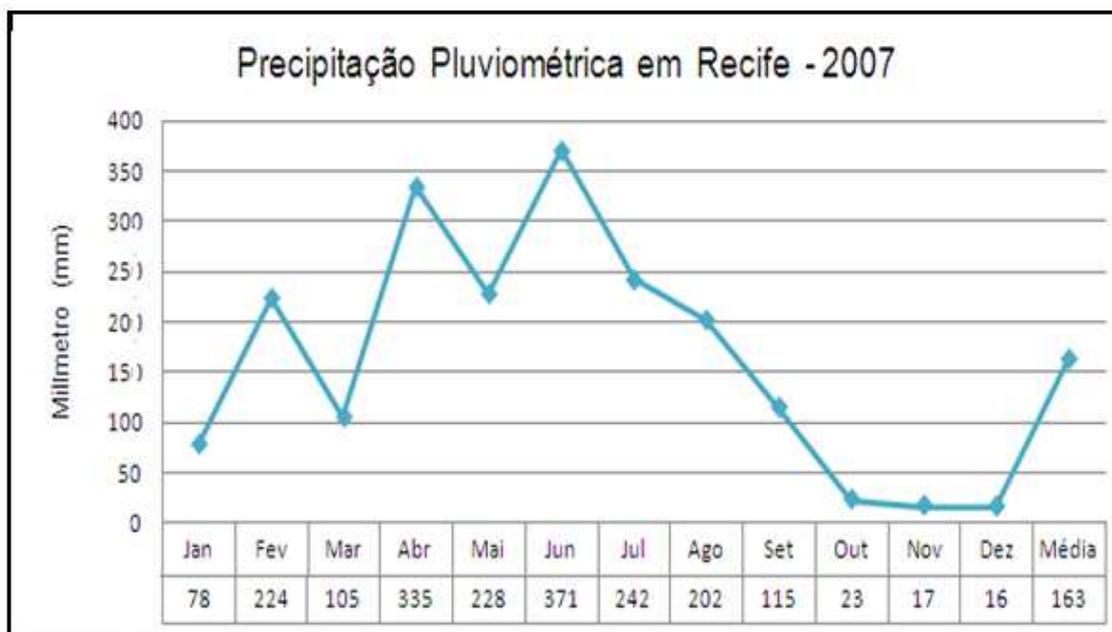


Gráfico 2.5 - Precipitação pluviométrica em 2007.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

Em alguns anos, Recife tornou-se bastante chuvoso: a instabilidade climática, que tem afetado o mundo todo nos últimos anos, atingiu também Recife, e tornou as chuvas menos previsíveis.

A ocorrência de tempestades em Recife é mais rara do que no Sul do país. Em geral, as chuvas são mais fracas, e de curta ou moderada duração; entretanto, as chuvas se repetem diversas vezes ao dia. Outra característica interessante é que raios e trovoadas são muito raros no Recife (assim como em toda a costa do Nordeste ao norte do Recife). Isso porque as chuvas nessa região são decorrentes do processo de evaporação e condensação da água, o que não gera atritos e descargas elétricas.

A precipitação média do mês com menos chuva foi de 6 mm (Out/2006), calculado para Região Metropolitana do Recife. Enquanto a precipitação média do mês mais chuvoso foi de 1080 mm (Jun/2005). Como mostrado na figura 2.3.

### **2.3.2.2. Temperatura**

A temperatura indica o nível de calor ou de frio, sendo definida como a medida de energia cinética média das moléculas do gás em estudo (no nosso caso o ar). A temperatura mínima anual nas áreas litorâneas do Recife varia entre 21°C e 26,5 °C, e a máxima em torno de 27,6 °C a 32,7 °C.

A causa das mudanças da temperatura do ar é decorrente do aquecimento do sol durante o dia, através de radiação das ondas curtas e longas. Os materiais de construção e as rochas de revestimentos expandem quando aquecidos e contraem quando resfriados. Essa variação térmica é considerada como a maior causa da alteração de placas pétreas nas edificações.

A cor e a refletância do material alteram a capacidade de absorção de calor, responsável pelo aumento da temperatura. Os materiais pétreos escuros absorvem

## CAPÍTULO II

---

mais calor que os claros. O incremento de temperatura relativo ao aquecimento solar é função do ângulo de incidência da radiação e das propriedades térmicas da superfície receptora. Os gráficos a seguir mostram as temperaturas máximas (figuras 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 e 2.11) e temperaturas mínimas mensais (figuras 2.12, 2.13, 2.14 e 2.15) da Região Metropolitana do Recife, durante o período de 2003 a 2007.

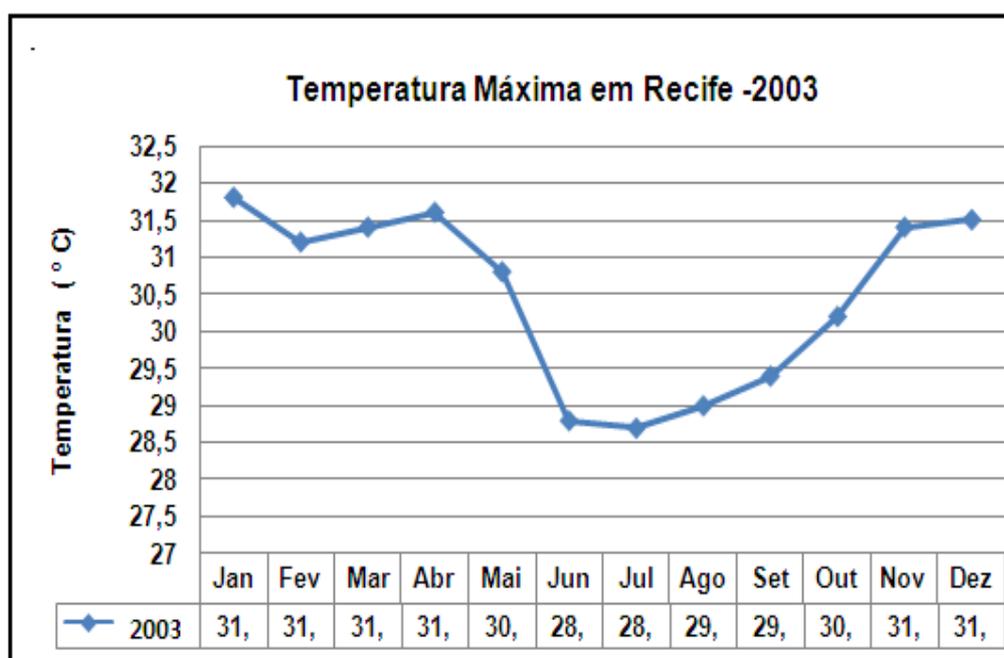


Gráfico 2.6 – Temperatura Máxima - 2003.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

## CAPÍTULO II

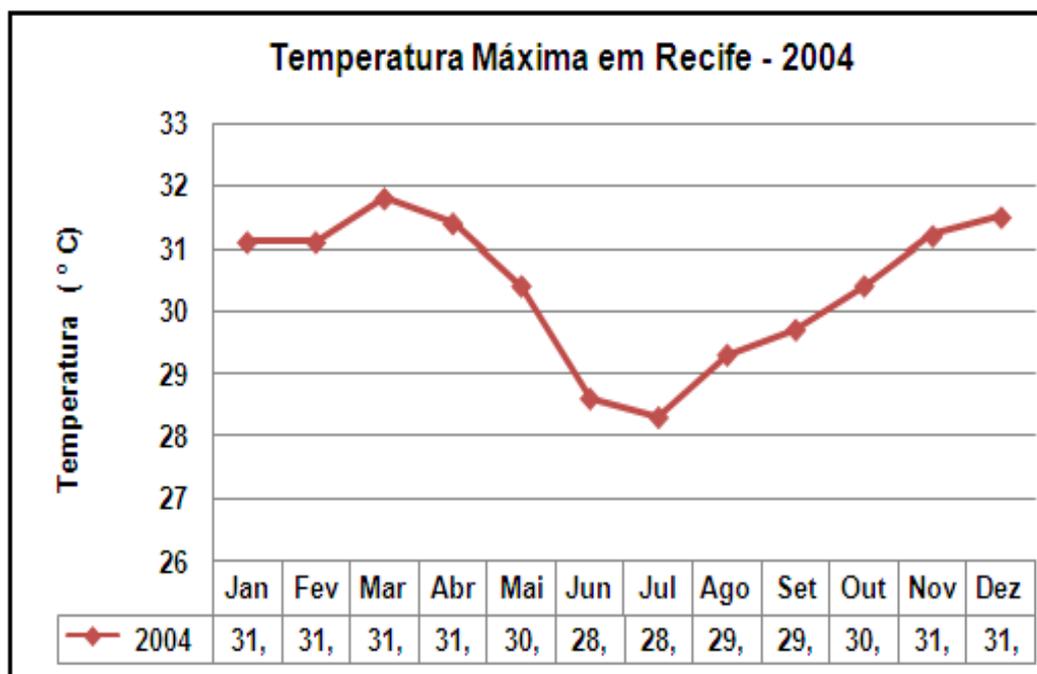


Gráfico 2.7 – Temperatura máxima - 2004.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

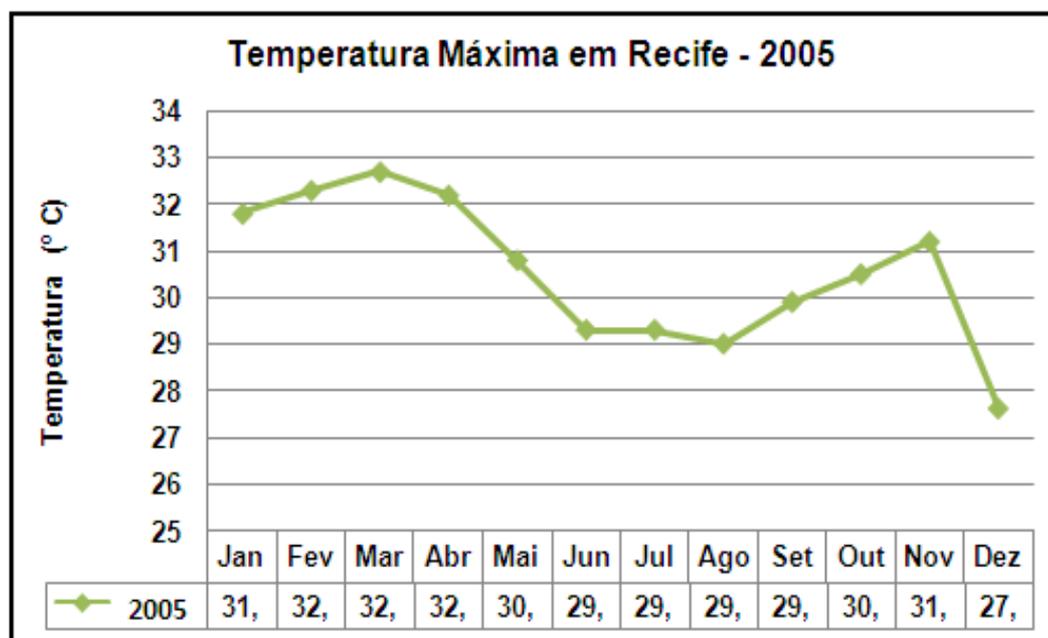


Gráfico 2.8 – Temperatura máxima - 2005.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

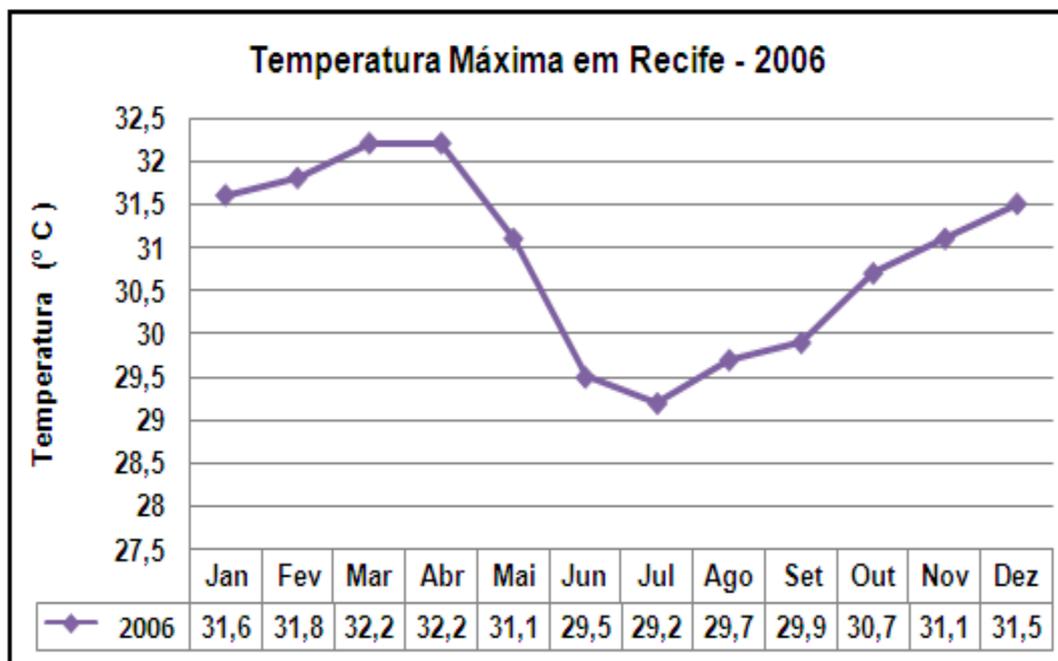


Gráfico 2.9 – Temperatura máxima - 2006.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

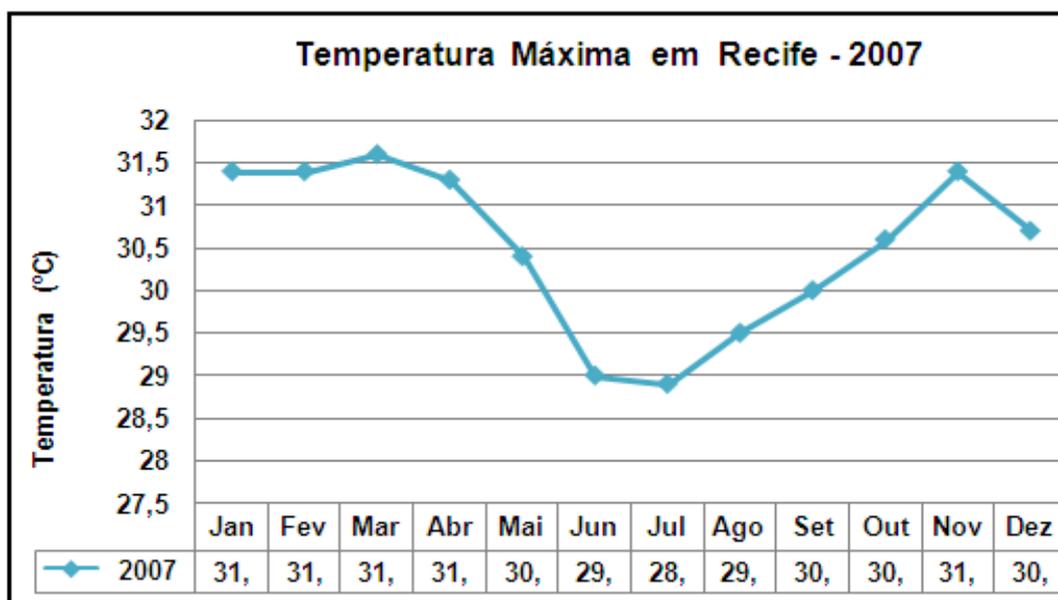


Gráfico 2.10 – Temperatura máxima - 2007

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

## CAPÍTULO II

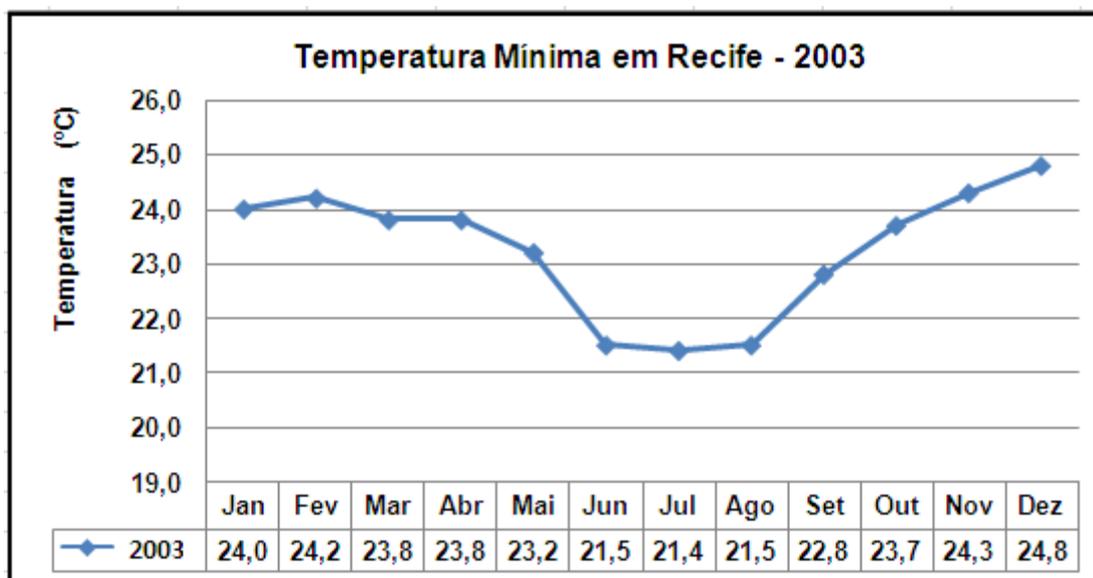


Gráfico 2.11 – Temperatura mínima - 2003.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

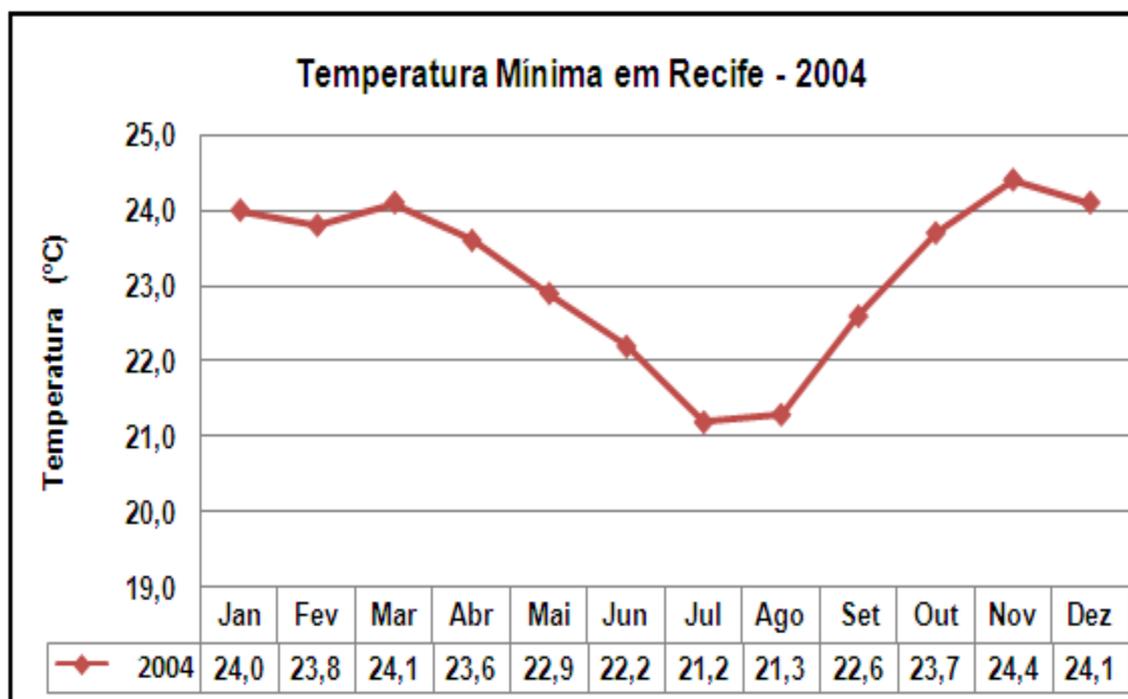


Gráfico 2.12 – Temperatura mínima – 2004. Fonte:

Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

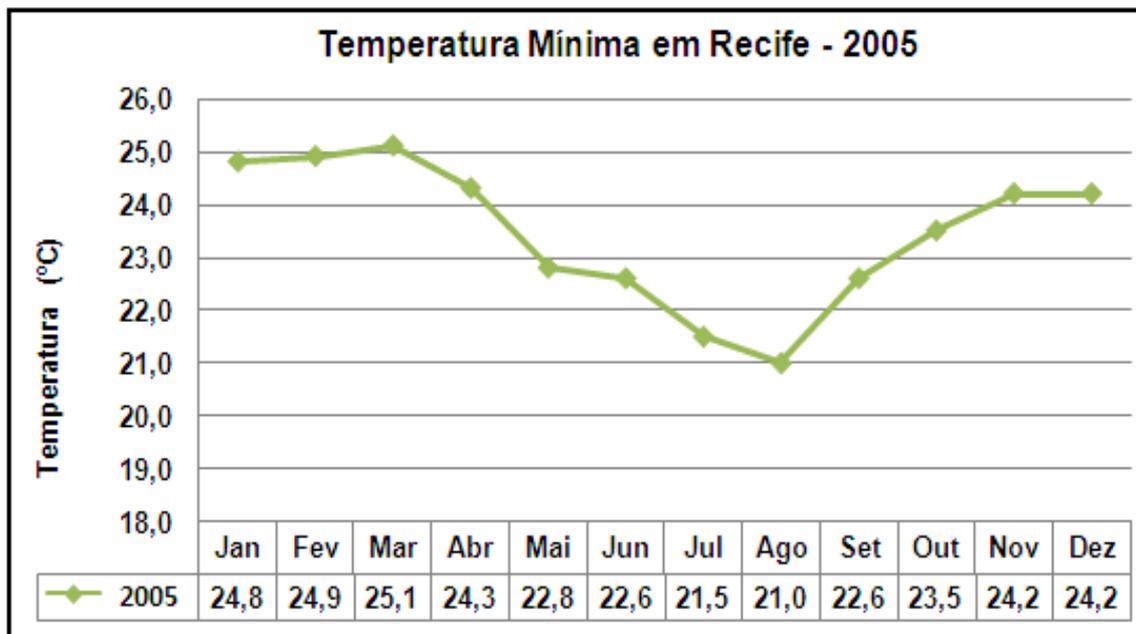


Gráfico 2.13 – Temperatura mínima - 2005.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

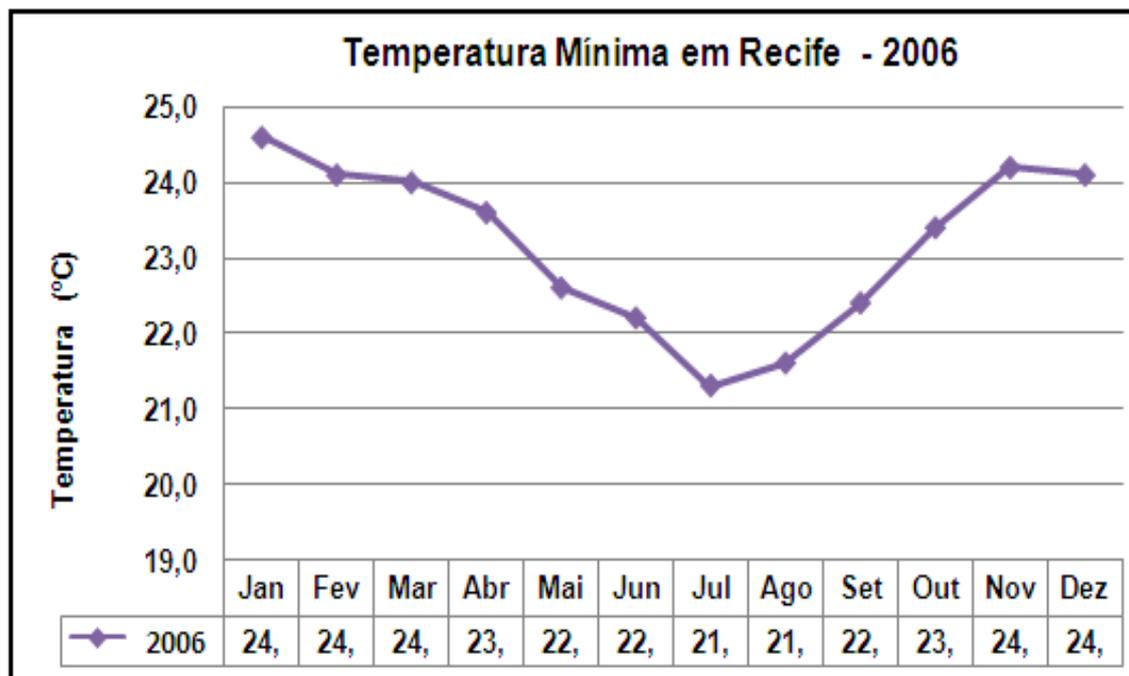


Gráfico 2.14 – Temperatura mínima - 2006.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

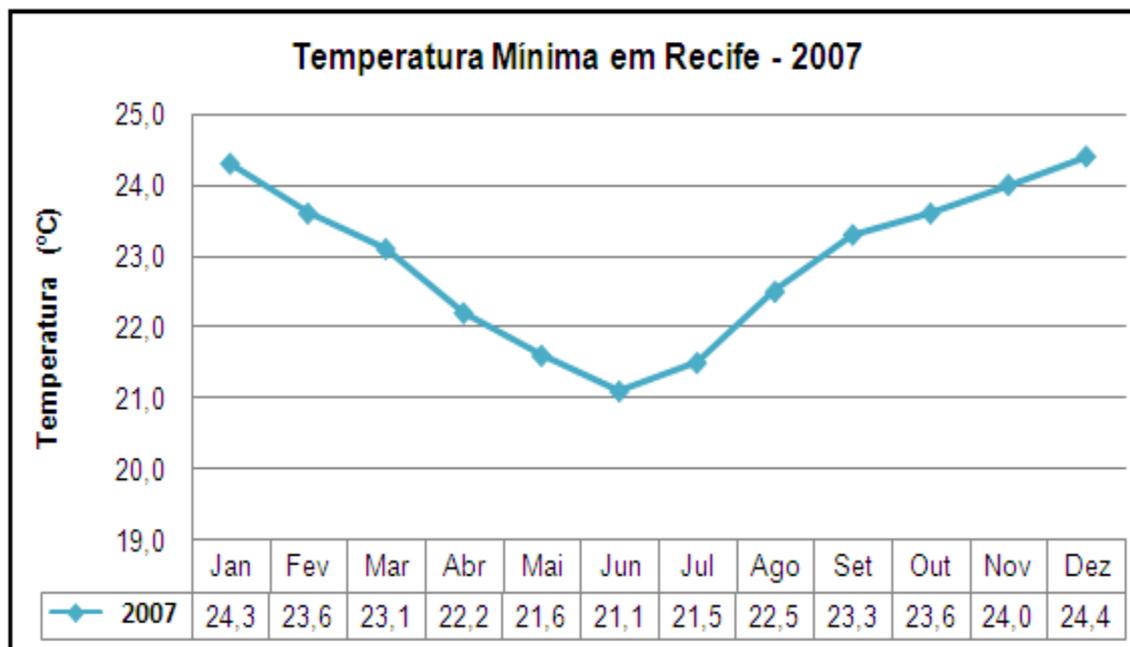


Gráfico 2.15 – Temperatura mínima - 2007.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE – LAMEPE

Segundo Frascá apud Feilden, (2002), a tensão induzida nos materiais de construção pelas mudanças de temperatura é dependente dos seguintes fatores:

- (i) Magnitude das mudanças dimensionais absolutas do material, que é produto das suas dimensões multiplicadas pelo coeficiente de dilatação térmica decorrentes dos gradientes de temperatura (e efeitos das mudanças relativas de umidade);
- (ii) Módulo de Elasticidade do material ou sua capacidade de quebra ou deformação sob pressão;
- (iii) Variações de umidade devida á evaporação;
- (iv) Do movimento do revestimento, por sua conexão com outros elementos da estrutura do edifício.

## CAPÍTULO II

---

### 2.3.2.3. Velocidade média do vento

Entende-se por velocidade média do vento a distância percorrido por uma partícula de ar durante a unidade de tempo. Como na prática não se pode acompanhar uma partícula de ar para medir seu deslocamento, observa-se, então, por meio de instrumento (anemômetro ou anemógrafo) a velocidade média de escoamento de ar durante um determinado tempo (m/s ou km/h). Considerando os aparelhos atualmente usados na maioria das estações meteorológicas brasileiras, pode-se dizer que o intervalo de tempo mínimo que se deve considerar na prática é igual a três segundos.

Na Região Metropolitana do Recife, as maiores velocidades ocorrem no segundo semestre, quando os valores médios situam-se entre 4,4m/s a 29,2m/s, enquanto no primeiro semestre, principalmente antes do início da época de chuvas mais abundantes, as velocidades reduzem-se bastante.

Os gráficos 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25, 2.26, 2.27, 2.28, mostrados a seguir, exibem valores médios mensais de velocidades do vento máxima e mínima registradas na Região Metropolitana do Recife no período de 2003 a 2007, onde se verifica o registro das maiores velocidades no segundo semestre do ano atingindo 29,2m/s (máxima) e 0,7m/s.(mínima). Ressalta-se que algumas medições de velocidade de vento não foram realizadas pelo órgão competente (LAMEPE). Desta forma, há lacunas em diversos gráficos com relação a esses dados.

## CAPÍTULO II

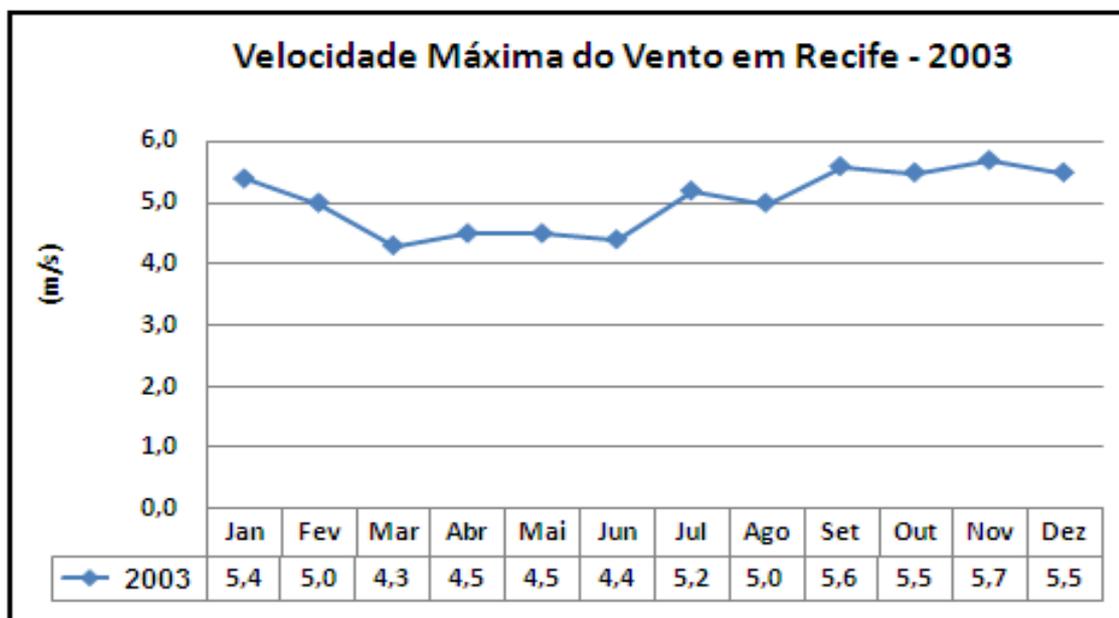


Gráfico 2.16 – Velocidade máxima do vento – 2003.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

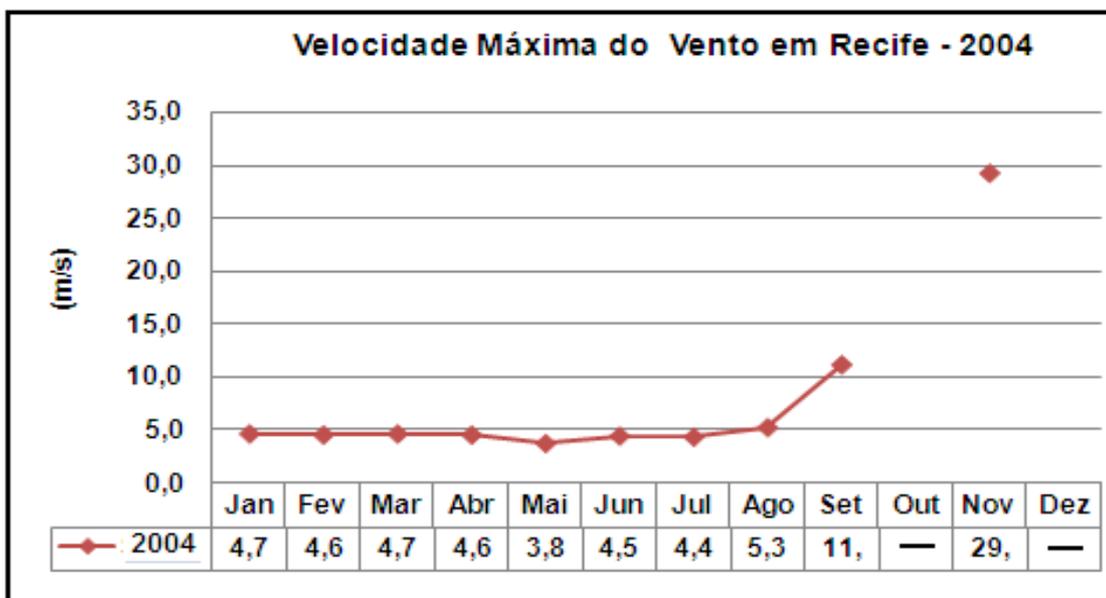


Gráfico 2.17 – Velocidade máxima do vento - 2004

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

## CAPÍTULO II

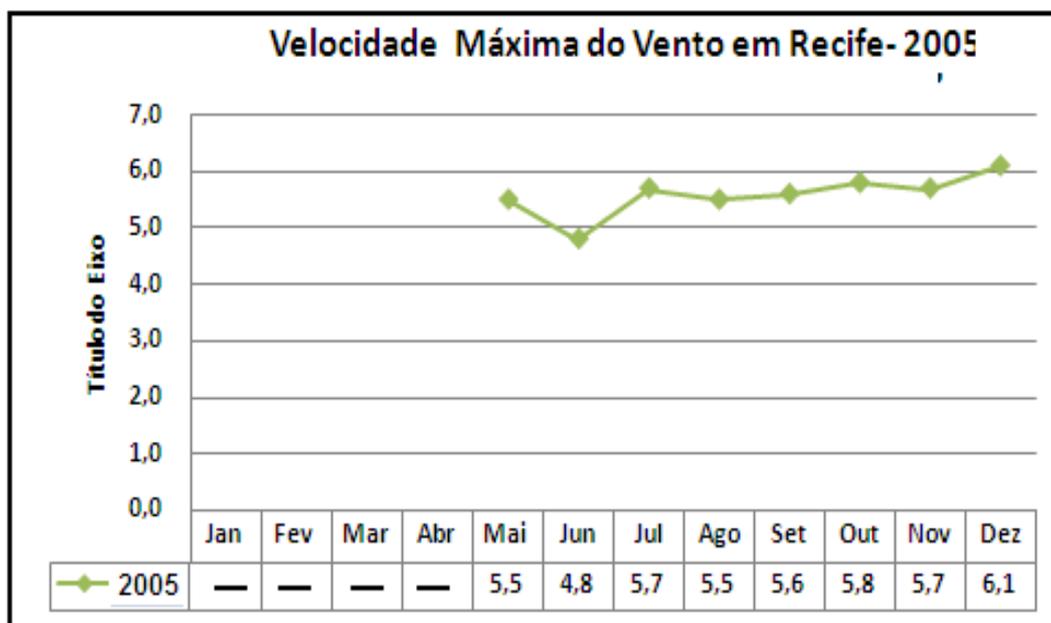


Gráfico 2.18- Velocidade máxima do vento – 2005.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE-LAMEPE

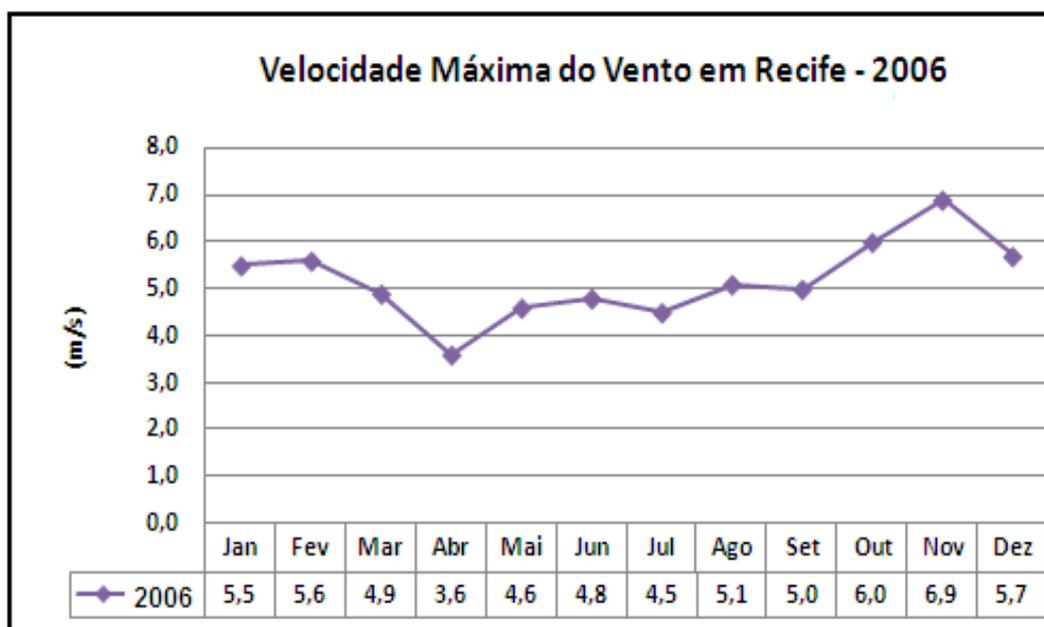


Gráfico 2.19- Velocidade máxima do vento – 2006

Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE- LAMEPE

## CAPÍTULO II

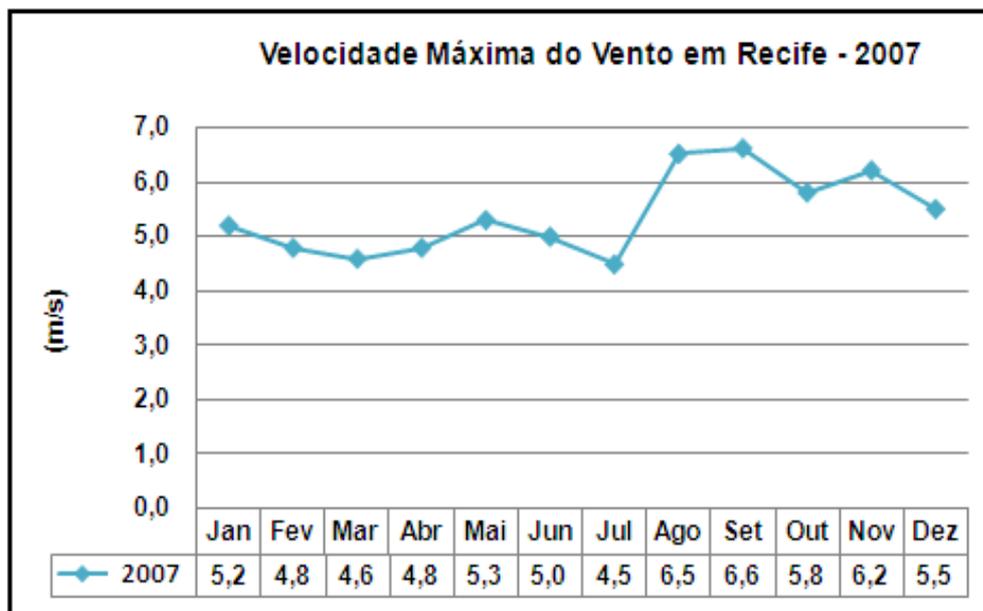


Gráfico 2.20 - Velocidade máxima do vento – 2007  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE- LAMEPE

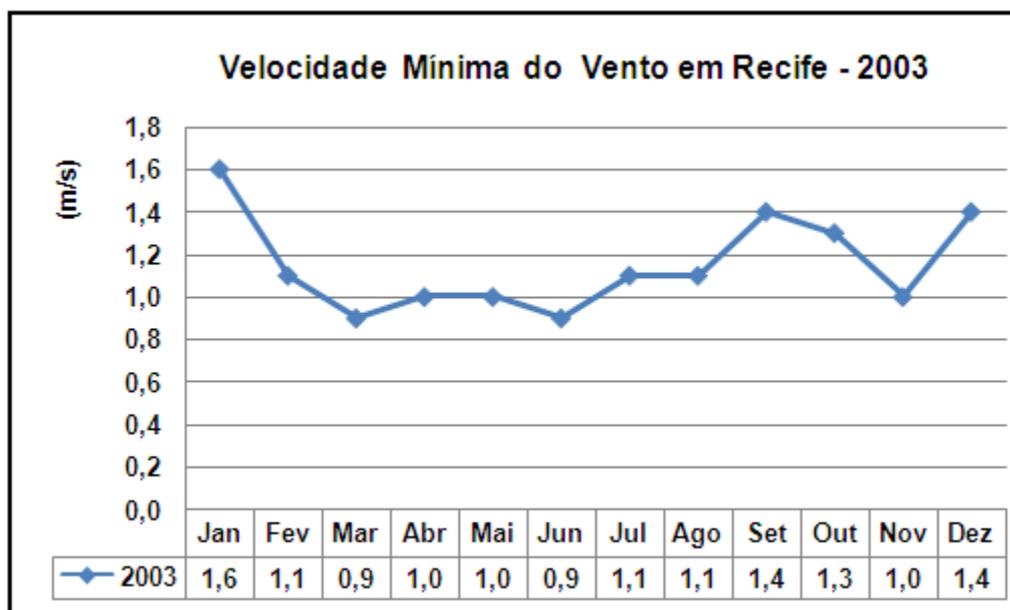


Gráfico 2.21 - Velocidade mínima do vento – 2003.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE- LAMEPE

## CAPÍTULO II

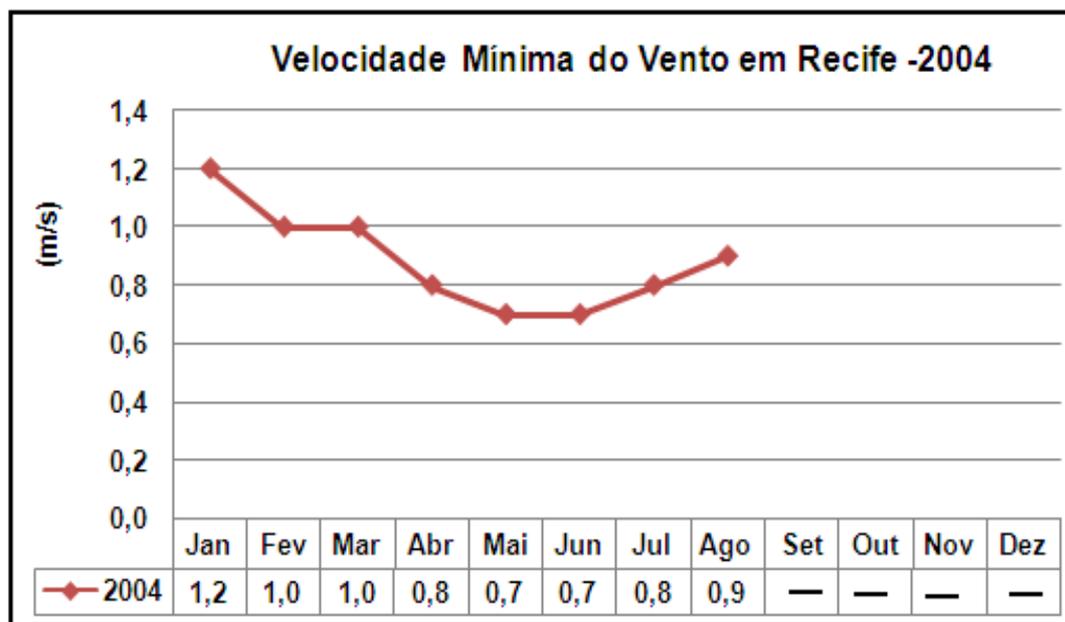


Gráfico 2.22- Velocidade mínima do vento – 2004.  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE- LAMEPE

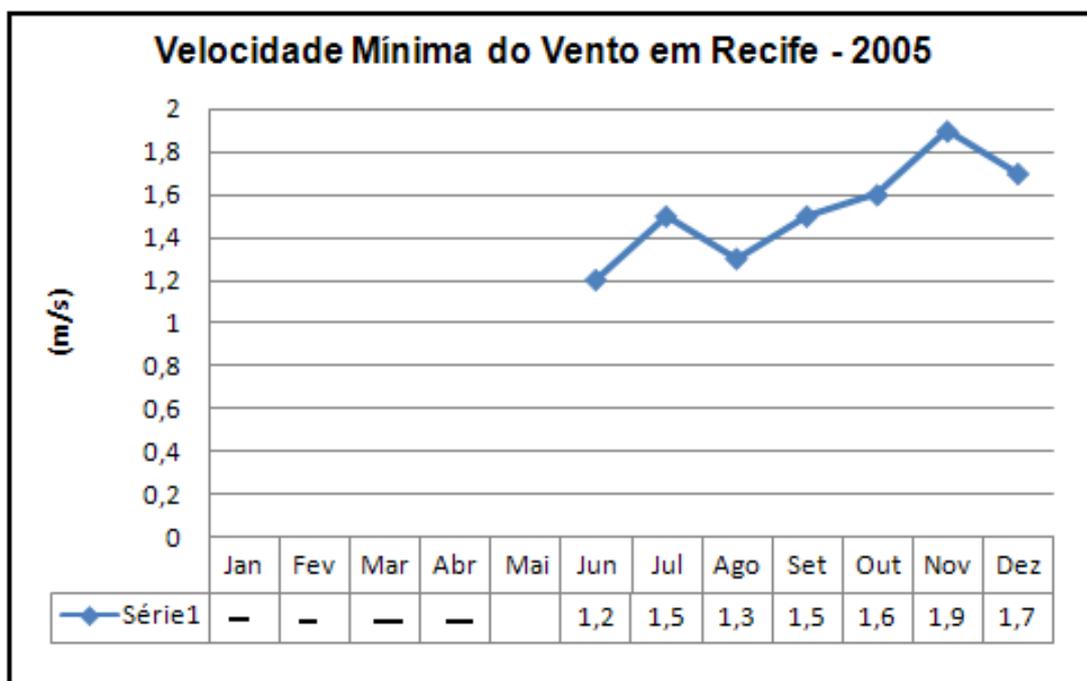


Gráfico 2.23- Velocidade mínima do vento – 2005  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE - LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

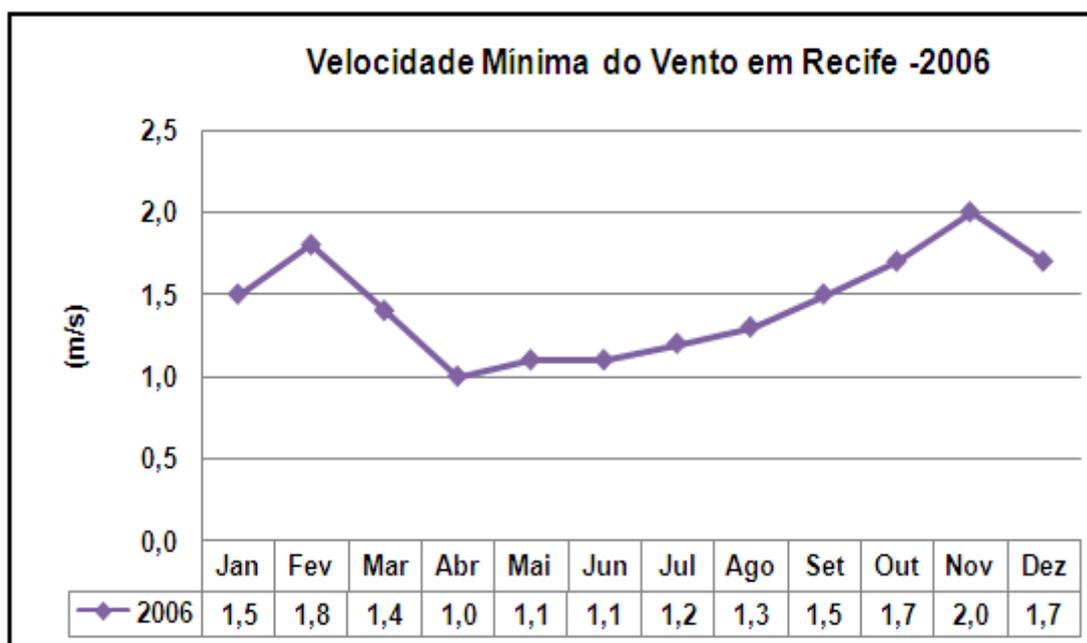


Gráfico 2.24 - Velocidade mínima do vento – 2006  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE-LAMEPE

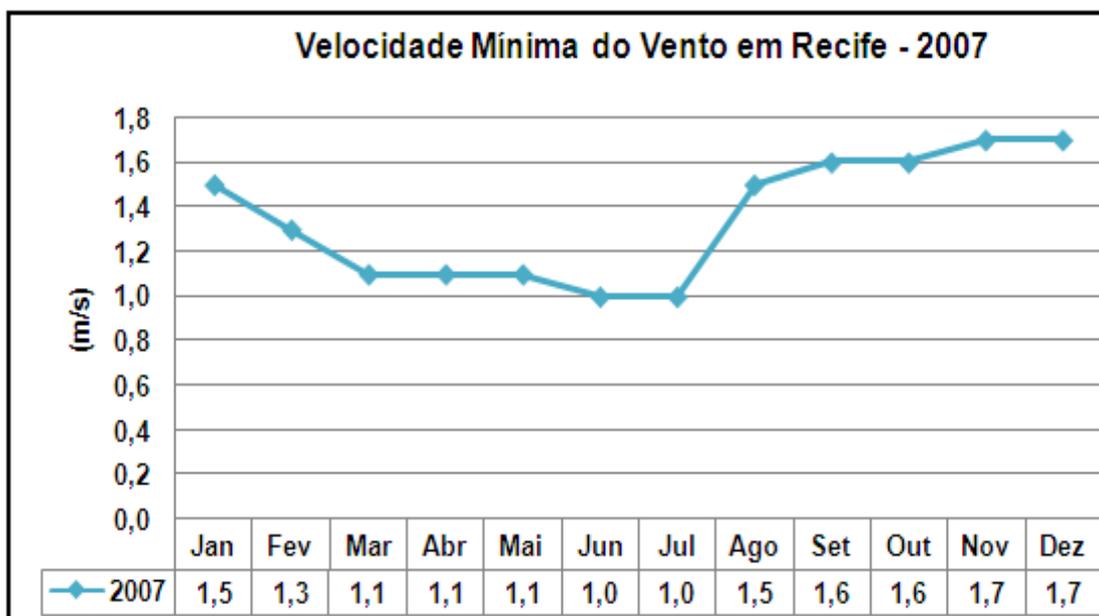


Gráfico 2.25 - Velocidade mínima do vento – 2007  
Fonte: Laboratório de Meteorologia de PE - LAMEPE

## CAPÍTULO II

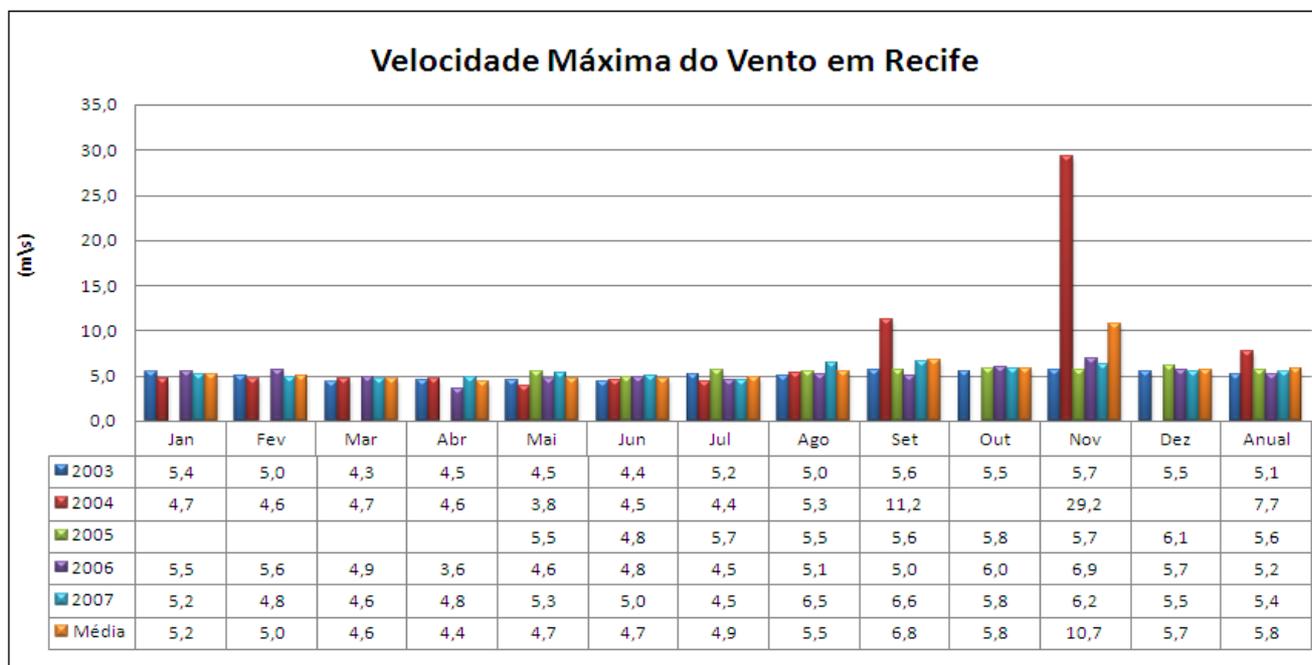


Gráfico 2.26 - Registro de velocidade máxima mensal média dos ventos da estação meteorológica do Recife (2003 a 2007).

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE.

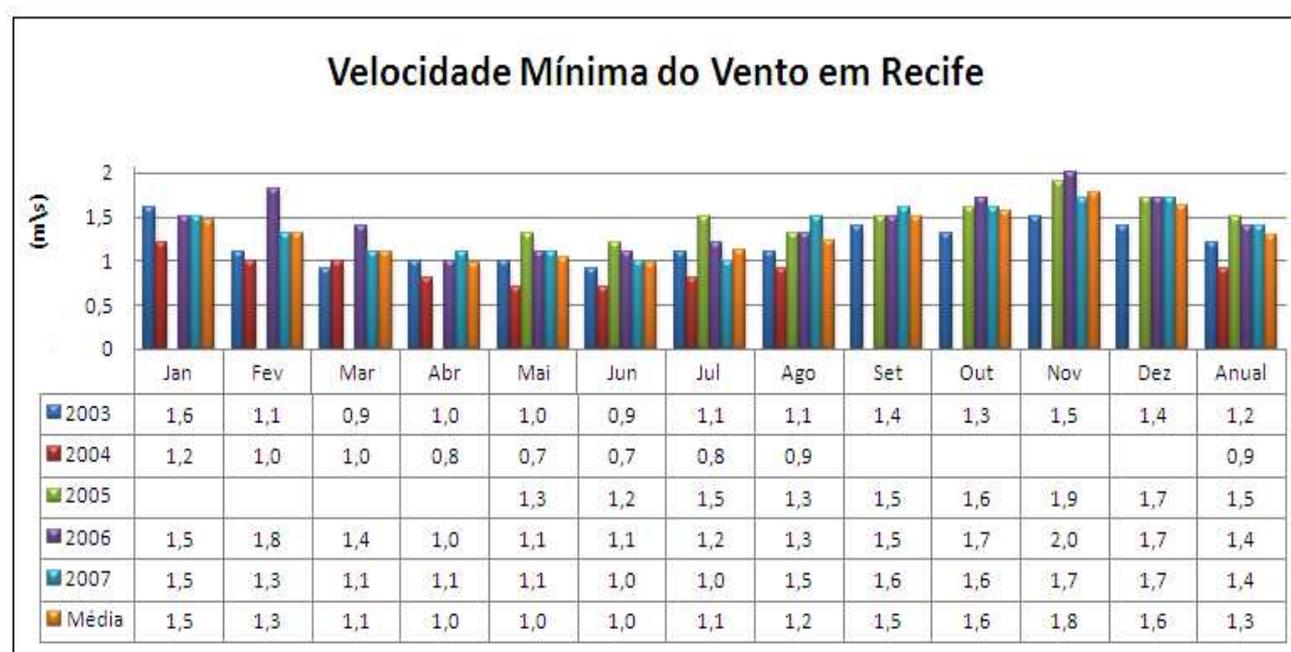


Gráfico 2.27 - Registro de velocidade mínima mensal média dos ventos da estação meteorológica do Recife (2003 a 2007).

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

## CAPÍTULO II

---

Os ventos exercem efeito sobre os revestimentos de uma fachada em uma edificação, com uma pressão variável em função da superfície de atuação, do tempo de duração e de sua direção.

Os esforços devidos ao vento, no Brasil, devem ser calculados de acordo com as normas NBR 6118 e 6123 (ABNT, 1980), considerando-se, sobretudo as esteiras de sucção que se desenvolvem nos cantos da edificação e nas fachadas de sotavento. Este parâmetro é fundamental na determinação dos esforços de flexão, prioritários no dimensionamento do tamanho máximo de placas em aplicações com o sistema de fachadas aeradas.

Outras características predominantes no panorama climático da Região Metropolitana do Recife, com exceção das áreas topograficamente mais elevadas, são: baixos índices de nebulosidade, ventos alísios que sopram do quadrante leste, forte insolação e altas taxas de evaporação.

### **2.3.2.4. Radiação solar**

A elevada taxa de insolação média anual é conseqüência do posicionamento geográfico da Região Metropolitana do Recife que se encontra relativamente próximo da faixa equatorial. A direção predominante dos ventos é Sudeste. Os valores médios mensais anuais da radiação solar estão apresentados no gráfico 2.28.

## CAPÍTULO II

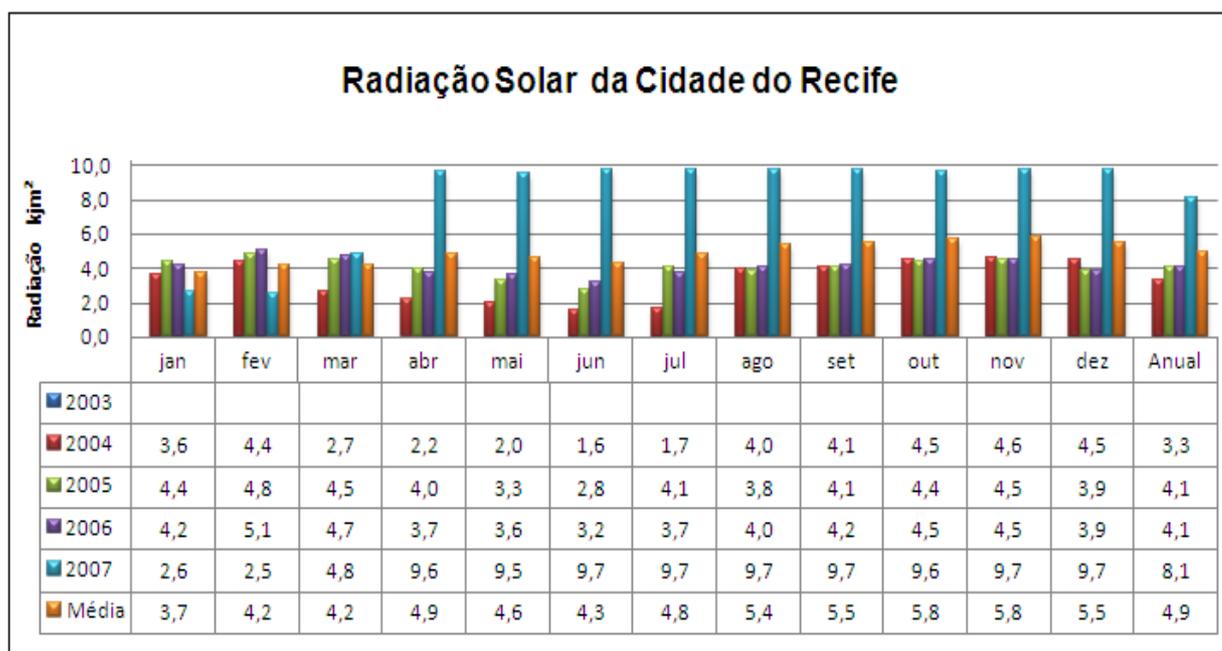


Gráfico 2.28 - Registro da radiação solar média anual do Recife.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

### 2.3.2.5. Umidade relativa do ar

Umidade do ar é o termo usado para descrever a presença de vapor d'água na atmosfera. Esta presença de vapor d'água pode ser descrita quantitativamente de várias maneiras. Entre elas estão a pressão de vapor, a umidade absoluta, a razão de mistura e a umidade relativa.

Segundo a tabela 2.1, a umidade relativa do ar é alta nesta região, atingindo um valor médio anual em torno de 94,2%, com máxima de março a agosto e mínimo de 74,0% em agosto.

## CAPÍTULO II

---

Tabela 2.1 - Registro de umidade relativa do ar média anual do Recife.

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2003	80,6	85,8	91,8	84,4	89,6	94,2	88,9	86,3	82,6	79,5	77,8	77,5	84,9
2004	87,0	86,0	80,4	85,4	90,6	90,3	88,2	84,8	80,5	76,4	74,9	75,1	83,3
2005	77,4	82,7	82,0	85,1	90,2	69,5	90,3	90,8	82,1	79,5	79,2	80,8	82,5
2006	79,1	81,2	87,0	91,2	89,6	91,8	89,3	85,7	86,8	86,5	88,4	87,4	87
2007	89,5	88,0	89,6	88,2	86,3	80,6	75,1	74,0	74,8	75,1	76,9	75,9	81,2
Média	82,7	84,7	86,2	86,9	89,3	85,3	86,4	84,3	81,4	79,4	79,4	79,3	83,8

Segundo Aires-Barros (1991), o ciclo térmico diurno das edificações, associado à variação da umidade específica do ambiente (medida de vapor de água, em gramas, dispersa em 1kg de ar), pode provocar ciclos de condensação/evaporação. Ainda segundo este autor, a evaporação provocada pelo vento transportando massas de ar não saturado pode ter efeitos diferentes dos da evaporação provocada pelo aquecimento por radiação solar nas edificações.

De acordo com Flain e Cavani (1994), a rapidez com que as construções são executadas explica a grande quantidade de umidade residual no interior das vedações verticais, que normalmente evapora pouco a pouco para o exterior e/ou para interior. Os autores acrescentam ainda que, somando-se a este fato, a ocupação das edificações e o aquecimento dos locais geram uma abundante quantidade de vapor d'água que migra parcialmente para o exterior.

A água pode ainda penetrar através das vedações verticais exteriores por capilaridade. Portanto, os efeitos da umidade e da chuva sobre a camada de revestimento devem ser considerados na elaboração do projeto, já que poderão

## CAPÍTULO II

---

estar diretamente ligados ao aparecimento de patologias como manchamentos, comprometendo a estética do conjunto.

Esses efeitos estão ligados não somente às características da rocha escolhida, mas também à presença de detalhes construtivos que se projetam para além do plano da fachada.

### **2.3.2.6. Ação dos poluentes**

O conhecimento dos mecanismos e da taxa de atuação dos poluentes pode ser muito útil para aplicação de medidas preventivas e de proteção das placas pétreas e aumento da sua vida útil.

A água é um parceiro inevitável do ataque químico dos poluentes, pois age:

- Como solvente dos agentes agressivos;
- Como meio de transporte desses agentes e dos produtos de reação;
- Em alguns casos, como componente dos produtos de reação.

Os poluentes atmosféricos na região litorânea do Recife (praia Boa Viagem e do Pina) apresentam um somatório de condições favoráveis ao desenvolvimento de alterações por corrosões atmosféricas, influenciadas pela posição geográfica local em relação aos diversos sistemas de circulação atmosféricas.

Para Frascá (2003, apud Jefferson, 1993), é possível que a degradação atribuída à chuva ácida, juntamente com o mineral secundário daí resultante, possa também ser causada por meios bioquímicos tanto no interior da rocha como na sua superfície. Muitos organismos são mais ativos em condições de baixo pH e, assim, a chuva ácida propiciaria um ambiente no qual as bactérias seriam mais ativas e, neste sentido, um agente indireto da deterioração das rochas.

## CAPÍTULO II

---

Frasca et al (2003, apud Spiker, 1992 apud Grossi, Murray, 1999) afirma que a umidade higroscópica relacionada à absorção da umidade do ar é considerada fundamental para a absorção seca de gases ácidos. A adsorção higroscópica depende da umidade do ar, da natureza do material, do diâmetro dos poros e da superfície específica. Considera ainda que a deposição de SO<sub>2</sub> é proporcional à área superficial da rocha umedecida pela água adsorvida e pode influenciar no teor de umidade de materiais porosos, pois atraem a umidade do ar. Materiais não ou muito pouco higroscópicos podem se tornar muito higroscópicos quando esses sais (incluindo nitratos, cloretos e depósitos anteriores de SO<sub>2</sub>) são aprisionados nos seus poros, o que pode aumentar as taxas de absorção e oxidação do SO<sub>2</sub> atmosférico para a formação de sulfato de cálcio.

### **2.4. Ação da cristalização de sais**

A cristalização de sais é um dos agentes intempéricos mais poderosos, pois é por meio dela que ocorre a degradação de rochas em ambientes marinhos, climas úmidos e ambientes poluídos. Sua ação em um meio poroso, especialmente rochas sedimentares, causa a perda de coerência entre os grãos.

Segundo Frasca et al (2003) apud Winkler; Singer, (1972); Theoulakis; Moropoulou, (1997); Benavente et al (1999), o mecanismo de degradação é a pressão de cristalização dos sais e depende do grau de saturação e do tamanho do poro. Em uma edificação, nas proximidades do solo, uma solução salina pode ascender através da rocha por capilaridade (“efeito Wick”), segundo designação dada por Goudie (1986 apud Benavente et al., 2001), até altura potencial de ascensão capilar, denominada zona capilar, na qual ocorre a evaporação e conseqüente cristalização dos sais.

A zona capilar, que depende do sistema poroso da rocha, é caracterizada pelas eflorescências (quando sais se cristalizam na superfície da rocha), subflo-

## CAPÍTULO II

---

rescências (quando sais se cristalizam abaixo da superfície exposta da rocha) e pelas perdas de material (Uchida et al., 1999).

Frasca et al (2003) apud López-Acevedo (1997) indica que os sais solúveis podem ser originários do próprio solo, da argamassa de assentamento ou mesmo da própria rocha. Sua cristalização dentro dos poros gera pressões capazes de superar os limites elásticos do material, causando a ruptura da coesão. Esse mecanismo pode levar à completa degradação e destruição da rocha.

Frasca et al (2003) apud Correns (1949) apud Winkler; Singer (1972) sintetizou as informações disponíveis na época para descrever o crescimento e dissolução dos cristais sob pressão linear para demonstrar a magnitude dessas pressões durante a formação de veios de minério. O cálculo do Correns baseou-se no princípio de Rieck:

$$P = RT / V_s \ln C/C_s$$

Onde:

P = pressão exercida pelo crescimento do cristal (atm);

R = constante de gás (0,082 L. atm/mol.K);

T = temperatura absoluta (K);

V<sub>s</sub> = volume molar do sal sólido L/mol);

C/C<sub>s</sub> = grau de supersaturação, onde

C é a concentração do soluto existente e

C<sub>s</sub> é a concentração de saturação.

## CAPÍTULO II

---

O estado de sobresaturação = supersaturação é essencial para todo processo de cristalização, como se verifica a partir do gráfico 2.31.

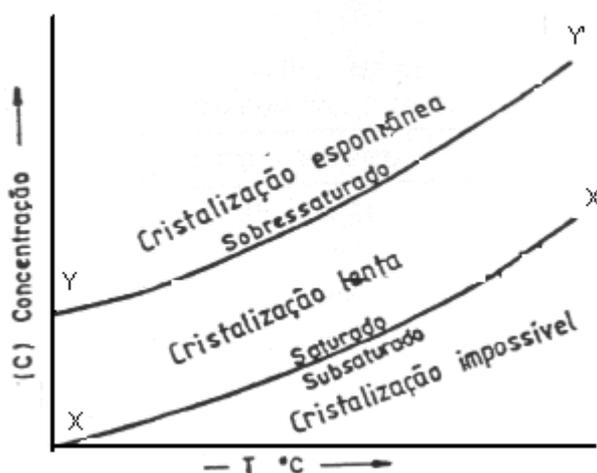


Gráfico 2.29 - Cristalização de sais em função da concentração das soluções e da temperatura.  
Fonte: Aires-Barros (1991)

Frasca et al (2003), Winkler; Singer (1972) descreveram matematicamente todo o processo de cristalização e calcularam a pressão de cristalização de alguns sais Tabela 2.1 para várias concentrações molares.

## CAPÍTULO II

Sal	Formula	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Peso Molecular (g/cm <sup>3</sup> )	Volume Molar	Pressão de cristalização (atm)					
					C/Cs = 2		C/Cs = 10		C/Cs = 50	
					0° C	50° C	0° C	50° C	0° C	50° C
Anidrita	CaSO <sub>4</sub>	2,96	136,14	46,00	335	398	1120	1325	1900	2262
Bischofita	MgCl <sub>2</sub> 6 H <sub>2</sub> O	1,57	203,31	129,50	119	142	397	470	675	803
Dodecahidrato	MgSO <sub>4</sub> 12 H <sub>2</sub> O	1,45	336,00	231,90	67	80	222	264	378	450
Epsomita	MgSO <sub>4</sub> 7 H <sub>2</sub> O	1,68	246,48	147,00	105	125	350	415	595	708
Gipso	CaSO <sub>4</sub> 2 H <sub>2</sub> O	2,32	127,00	54,80	282	334	938	1110	1595	1900
Halita	NaCl	2,17	58,54	27,85	554	654	1845	2190	3135	3737
Heptahidrita	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 7 H <sub>2</sub> O	1,51	232,10	153,80	100	119	334	365	568	677
Hexahidrita	MgSO <sub>4</sub> 6 H <sub>2</sub> O	1,75	228,00	130,10	118	141	395	469	671	300
Kieserita	MgSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	2,45	138,39	56,55	272	324	910	1079	1543	1840
Mirabilita	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 H <sub>2</sub> O	1,46	322,19	220,00	72	83	234	277	397	473
Natronita	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 10 H <sub>2</sub> O	1,44	286,14	198,70	78	92	259	308	440	524
Taquidrita	2 MgCl CaCl <sub>2</sub> 12 H <sub>2</sub> O	1,66	514,40	309,50	50	59	166	198	282	336
Tenardita	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,68	142,04	53,00	292	345	970	1150	1650	1965
Termonatrita	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O	2,25	124	55,00	280	333	935	1109	1590	1891

Fonte: Winkler; Singer (1972)

Nota:  $\rho$  = densidade

Tabela 2.2 - Pressão de cristalização de alguns sais.

Fonte: Winkler; Singer (1972).

## CAPÍTULO II

---

Frasca et al (2003), apud Shaffer (1932); La Iglesia et al. (1997), afirmam que a variação do volume molar do sal ao mudar o estado de hidratação pode gerar elevadas pressões em poros e fissuras e, por isso, as características texturais do sistema poroso são fatores determinantes da pressão de cristalização em rochas. Indicou ainda que o dano causado por sais é maior em materiais com alta micro porosidade do que naqueles com baixa.

Segundo La Iglesia (1997) aponta que, conforme já apresentado na literatura, os cristais salinos crescem preferencialmente nos poros maiores e a solução salina é retirada dos poros menores. Segundo esses autores, a resistência à tensão ( $\sigma_t$ ) é um valor que reflete a resistência coesiva do sólido, governada pela carga máxima por área superficial que pode ser suportada sem fraturar. Quando a pressão de cristalização supera a resistência à tensão, o material é danificado.

Os poros com diâmetros muito menores que 0,1  $\mu\text{m}$  são sensíveis à condensação a baixas umidades relativas, como resultado do efeito Kelvin (Camuffo, 1983 apud Theoulakis; Moropoulou, 1997), o que possibilita que rochas com poros menores absorvam água rapidamente e a retenha por períodos maiores, conferindo-lhes comportamento distinto daquele de rochas com poros maiores.

Segundo Camuffo 1983 apud Theoulakis; Moropoulou, 1997, isso significa que rochas com poros maiores podem conter maior quantidade de água que aquelas com poros menores, porém, essas últimas podem, por condensação, reter a água por muito mais tempo. Os autores acrescentam que, na fase inicial de cristalização, os sais crescem seletivamente nos poros maiores que 10  $\mu\text{m}$ . Quando em equilíbrio com a solução saturada, cristais maiores crescerão às expensas dos menores. Em geral, ao preencherem totalmente os poros maiores, os cristais continuam a crescer contra os esforços impostos pelas paredes dos poros, expandindo-se e quebrando a rocha.

## CAPÍTULO II

---

Nessa situação, segundo Theoulakis; Moropoulou (1997), a cristalização pode continuar segundo dois caminhos alternativos, dependendo da energia livre de formação do cristal ( $\Delta G_{\text{total}}$  e  $\Delta G_{\text{interfacial}}$ ) e do trabalho necessário para a quebra das paredes dos poros ( $\Delta W$ ). Se  $\Delta W < \Delta G_{\text{interfacial}}$  a falência mecânica será o processo termodinamicamente preferencial; caso contrário, ocorrerá o preenchimento dos poros menores sucessivamente.

Esses autores, finalmente, consideraram para o caso de degradação por cristalização de sais em biocalcarenitos de monumentos históricos de Rhodes (Grécia) que as rochas com maiores volumes de poros maiores são mais duráveis que aqueles com maior proporção de poros pequenos; e que a susceptibilidade à degradação é função das propriedades mecânicas e estruturais (resistência à compressão, porosidade, distribuição de tamanho dos poros e área superficial interna total).

Frasca (2003), Grossi; Murray (1999) considera que a quantidade de água absorvida se relaciona à porosidade aberta (quantidade de poros acessíveis) enquanto o teor de umidade higroscópica (adsorção de água e condensação capilar) depende da distribuição do tamanho de poros e, conseqüentemente, da área superficial específica.

### **2.5. Alteração e alterabilidade dos materiais pétreos**

A alterabilidade dos materiais pétreos tem seu início na natureza, quando os mesmos entram em contato com as condições atmosféricas reinantes na superfície terrestre. A avaliação da alteração e a alterabilidade constituem provavelmente dois dos mais complexos problemas da Engenharia Civil.

## CAPÍTULO II

---

As alterações ou deterioração desses materiais pétreos ao serem utilizados na construção civil, ocorrem por meio de mudanças nas propriedades, em contato com o ambiente, no decorrer da sua vida útil (Viles, 1997). Inclui mudanças físicas e químicas que interferem na diminuição da resistência desses materiais e modificações na aparência estética, desde alterações cromáticas até esfoliações de camadas superficiais.

Neste estudo, os termos, degradação, deterioração, alteração, são empregados como sinônimos para os materiais pétreos aplicados em revestimentos.

Nos centros urbanos e industriais é mais pronunciada a deterioração de materiais rochosos usados nos revestimentos de edificações e monumentos, pois o ambiente urbano em geral possui maior concentração de poluentes acelerando os processos de alteração química destes materiais.

Feilden (1994) atribuiu à deterioração das construções e seus materiais as seguintes causas:

- **Externas:** relacionadas aos fenômenos climáticos e agentes biológicos/botânicos;
- **Internas:** relacionadas à umidade ou secura excessivas, ar contaminado e negligência;
- **Humana:** incluindo a poluição ambiental, vibrações, vandalismo e outros.

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

## CAPÍTULO II

---

Os fatores que mais influenciam a susceptibilidade e taxa do intemperismo físico e químico em rochas de revestimentos são:

- O tipo litológico (mineralogia, alteração, textura e estrutura);
- A presença de fraturas e/ou fissuras (porosidade) e
- O clima (temperatura e intensidade de chuvas, entre outros).

Para Frascá; Quitete: Dib et al., 1999, as modificações físicas das placas pétreas para revestimento atribuídas às técnicas empregadas na extração e de beneficiamento, podem levar ao aumento do fissuramento, porosidade e outros que irão contribuir para a acentuação dos efeitos deletérios dos agentes intempéricos ou da ação antrópica (manutenção e limpeza inadequadas, entre outras).

Assim sendo, as principais causas da degradação destes materiais pétreos, tendo em vistas as condições climáticas e técnicas construtivas empregadas no Brasil, conforme Frascá (2002<sup>a</sup>), são:

- Clima tropical (intensas variações de temperatura e umidade);
- Agentes de limpeza, os quais atuam através de diversas substâncias químicas, cujos componentes podem causar modificações, especialmente nos aspectos estéticos das rochas;
- Poluição ambiental, na qual os diversos elementos dispersos na atmosfera têm grande influência;
- Cristalização de sais, principalmente quando as rochas são usadas nos revestimentos de pisos e assentadas com argamassa.

## CAPÍTULO II

---

### **2.6. Origem das alterações pétreas (patologias)**

De acordo com Pedro (2002), a origem das patologias pode ser classificada em:

#### **2.6.1. Congênitas**

São aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos.

#### **2.6.2 Construtivas**

Sua origem está relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças.

#### **2.6.3. Adquiridas**

Ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana.

#### **2.6.4. Acidentais**

Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum.

### 2.7. Alteração intempérica dos materiais pétreos

Como citado por Delgado-Rodrigues (1996), os processos intempéricos são divididos em dois tipos: físico e químico, que, na realidade, ocorrem comitadamente, com a prevalência de um sobre o outro, dependendo das condições atmosféricas.

**O intemperismo físico** é dado principalmente pelas:

- **Mudanças de temperatura** (dilatação térmica diferencial dos minerais das rochas);
- **Por tensões mecânicas** (descompressão e deformação tectônicas);
- **Pelas pressões internas** causadas por agentes degradadores especiais (congelamento de água em poros ou fissuras);
- **Cristalização de sais** na superfície da rocha e expansão de minerais por absorção de água e,
- **Agentes externos** (antrópicos, animais e plantas).

**O intemperismo químico** ocorre pela ação da água e outros componentes transportados em solução e atua principalmente pelas reações de oxidação e hidrólise.

O efeito dos vários agentes e processos intempéricos nas rochas é mostrado por mudanças mineralógicas, químicas e granulométricas, evidenciadas pela parcial ou total decomposição de alguns minerais, oxidação de ferro ferroso a férrico, parcial

## CAPÍTULO II

---

ou total mobilização de elementos maiores e menores, e outras. As reações são controladas tanto pela solubilidade dos constituintes minerais como pela parcial ou total mobilização de elementos maiores e menores, e outras. As reações são controladas tanto pela solubilidade dos constituintes minerais como pela porosidade da rocha.

A saturação da rocha por soluções aquosas é muito importante, pois nesta condição podem ocorrer reações que resultarão na remoção dos materiais solúveis (e.g. calcita), reações entre minerais e soluções e reações entre os produtos do intemperismo (argilominerais) e demais minerais.

O intemperismo, desta forma, é um ajuste, ou reajuste, de minerais e rochas às condições reinantes na superfície terrestre. A presença de oxigênio leva à oxidação, e a de umidade, à hidratação ou solução.

### 2.7.1 – Modificações intempéricas em minerais e rochas

Segundo Frascá (2003), as atuações intempéricas preponderantes nas diversas correlações de intensidade de chuva e temperatura estão esquematizadas na figura 2.4 (Murck; Skinner, 1999).

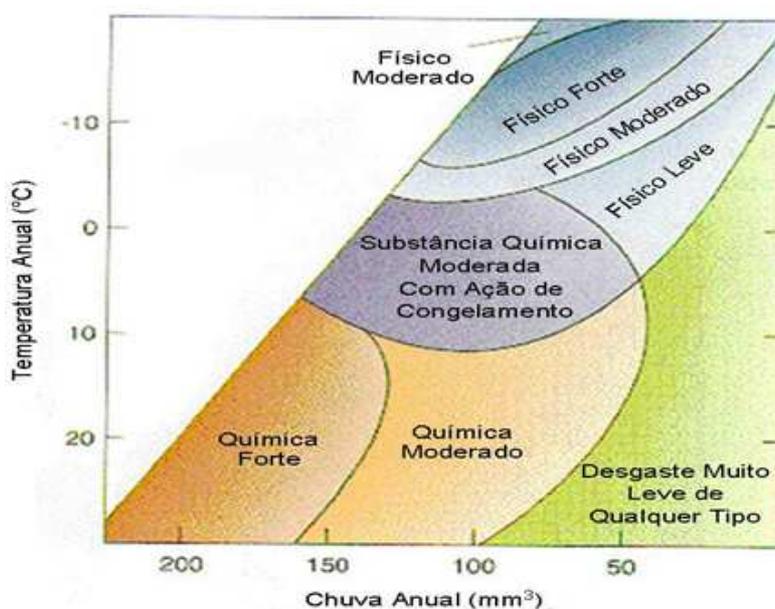


Figura 2.4 – Influência do clima nos processos intempéricos.

Fonte: Murck; Skinner (1999)

## CAPÍTULO II

---

A chuva fornece a água que causa o intemperismo químico das rochas. O pH da água da chuva tem um padrão sazonal e regional; quando em equilíbrio com o CO<sub>2</sub> atmosférico, seu pH é 5,6. Nos climas úmidos, conduz à remoção dos cátions solúveis dos minerais, produzindo minerais de estrutura simplificada, em equilíbrio com a temperatura e pressão superficiais.

Na maioria das situações naturais, a água disponível para reagir com a minerais tem seu pH variando entre 3 e 9.

Segundo Skinner et al (1999), o principal agente do intemperismo químico é uma solução fraca de ácido carbônico, formada conforme a água da chuva dissolve pequenas quantidades de CO<sub>2</sub> atmosférico.

A água da chuva é, por si só, um eletrólito misto (Carroll, 1970) que contém quantidades variadas de cátions e ânions maiores e menores: Si<sup>4+</sup>, Al<sup>3+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, B<sup>3+</sup>, amônia (NH<sub>3</sub>) e vários compostos de nitrogênio. Partículas de poeiras podem lhe ser adicionadas, principalmente nas áreas industriais, nos grandes centros urbanos e zonas áridas. As fontes destes constituintes são os oceanos, lagos salinos ou não, massas de solo, indústrias e emanações vulcânicas.

Aires-Barros (1991), sintetizando a alterabilidade dos minerais e das rochas ígneas, aponta que as substituições de Si<sup>4+</sup>, nas entidades tetraédricas, por Al<sup>3+</sup>, conduzem a uma diminuição da resistência ao intemperismo.

As ligações mais fracas nos principais minerais das rochas silicáticas estão presentes nas seguintes estruturas:

- **Nesosilicatos, sorossilicatos e ciclossilicatos** (sillimanita, zircão, titanita e minerais dos grupos da olivina, granada e epidoto): as que vinculam os conjuntos tetraédricos entre si. Tais ligações são feitas por cátions como o Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, etc. Quanto maior for o número de coordenação e menor a carga do cátion, mais débil é a ligação;

## CAPÍTULO II

- **Inossilicatos** (minerais dos grupos dos piroxênios e anfibólios): as que vinculam as cadeias umas às outras;
- **Filossilicatos** (clorita, argilominerais e minerais do grupo das micas): as que ligam as diferentes folhas tetraédricas;
- **Tectossilicatos** (quartzo e feldspatos): as ligações menos fortes são aquelas entre os cátions  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ , etc.

A mobilidade relativa de elementos químicos das rochas é apresentada na Tabela 2.3 (Aires-Barros, 1991).

Tabela 2.3 – Mobilidade relativa de elementos químicos das rochas

Mobilidade Relativa	pH		Eh	
	pH > 7	pH < 7	Eh > 0	Eh < 0
Muito elevada	Cl, I, Br, S, B, Se, Mo, V, U	Cl, I, Br, S, B	Cl, I, Br, S, B	Cl, I, Br
Elevada	Na, Ca, Mg, Sr	Na, Ca, Mg, Sr, Zn, Cd, Hg, Ni, Co	Na, Ca, Mg, Sr,	Na, Ca, Mg, Sr
Média	Mn	Al, Pb, Cu, Cr, V	Co, Ni, Cu, Hg, Zn, Cd	Mn
Baixa	K, Si, P, Fe, Pb Zn, Cd	K, Fe	K, Si, P, Pb	K, Si, P, Ni, Zn, Co, Fe
Muito baixa	Al, Cr, Hg, Cu, Ni Co	Si	Al, Cr, Fe, Mn	Al, Cr, Mo, V, U, Se, S, B, Hg, Cu, Cd, Pb

Segundo Frascá (2003), estas considerações, válidas para a maioria dos minerais formadores de rochas, são acrescentados casos específicos de interesse relevante para esse estudos:

## CAPÍTULO II

---

- Feldspatos: primeiramente são removidos os cátions  $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Ca^{2+}$ , seguindo o  $Al^{3+}$  da coordenação tetraédrica. O  $Si^{4+}$  é o último a ser removido ( Aires-Barros, 1991).

De acordo com Frascá (2003) apud Wilson (1975), o plagioclásio freqüentemente está alterado em sericita, conjuntamente com argilominerais (dos quais a illita é o mais comum), cuja origem não é certamente atribuída ao intemperismo, podendo ser, pelo menos em parte devido à ação hidrotermal ou tardimagmática. A complexa alteração de feldspatos está ligada à sua composição e estrutura, além da marcante heterogeneidade, zoneamento, intercrescimento, entre outros, dos cristais individuais.

- Micas: o  $K^+$ , que liga os conjuntos em triplas camadas, é o primeiro a ser removido, seguido pelo  $Al^{3+}$  de coordenação tetraédrica. Restam, assim, “fragmentos” de tetraedros  $[SiO_4]^{4-}$  e de  $Al(OH)_3$  ou  $Mg(OH)_2$ .

Segundo Frascá (2003), Winkler (1997), de maneira semelhante, aponta os minerais originais e os produtos de alteração mais estáveis: feldspatos e silicatos ferromagnesianos hidratam formando argilominerais; micas – após rápida perda de Fe – e quartzo são muito estáveis e permaneceriam na sua forma original; minerais carbonáticos e sulfatos dissolvem.

Aires-Barros (1991) define alterabilidade de rochas como um conceito dinâmico, que se refere à aptidão de uma rocha em se alterar, em função do tempo. Esse tempo, considerado na alteração intempérica como geológico, na alterabilidade é considerado um tempo humano, ou seja, os fenômenos ocorrem concomitantemente ao uso, à escala do homem e das suas obras de engenharia.

## CAPÍTULO II

---

Desta forma, Aires-Barros (1991) define a alterabilidade (M) como sendo:

$$M = f ( i, e, t)$$

Onde: t = tempo;

i = fatores intrínsecos, dependentes do tipo de rocha (natureza do material, grau de fissuramento ou porosidade, ou seja, da superfície exposta à alteração);

e = fatores extrínsecos, função do meio em que se processa a alteração (temperatura pH, Eh, quantidade de água, forças bióticas)

### **2.7.2. Efeitos da alteração**

Vários aspectos estão relacionados aos efeitos da alteração de materiais pétreos utilizados em obras da construção civil. Dentre eles, destacam-se:

#### **2.7.2.1. Perda da resistência mecânica**

A perda de resistência mecânica de materiais pétreos pode provocar a redução do fator de segurança da obra, pois em geral a resistência mecânica desses materiais rochosos alterados é menor do que a de rochas menos alteradas. Além dos casos clássicos, em que esses materiais perdem resistência à compressão ou à tração, pode ocorrer a desagregação, provocada pela alteração das microfissuras. Excepcionalmente, a alteração pode aumentar a resistência, como por exemplo, no caso da limonitização secundária, onde ocorre o reforço das ligações cristalinas, entendido como uma petrificação menos intensa.

## CAPÍTULO II

---

### **2.7.2.2. Modificação dos parâmetros de deformabilidade**

Segundo Shoa e Mase (1966), a deformabilidade de uma rocha se dá, por um lado, pela deformabilidade dos grãos cristalinos da estrutura da rocha e, por outro, pela deformabilidade do sistema constituído pelas ligações entre os grãos. A natureza dos grãos minerais e as ligações entre eles são modificadas com a alteração da rocha. Assim, a deformabilidade da rocha pode ser significativamente afetada pela alteração.

### **2.7.2.3. Variação na permeabilidade**

Devido a variações na permeabilidade ocorrem modificações no regime de fluxo e nos níveis de pressões dos fluidos nas descontinuidades do material rochoso. A alteração pode causar tanto o aumento quanto a redução da permeabilidade do material rochoso.

### **2.7.2.4. Redução da aderência**

Devido à alteração pode ocorrer a redução da capacidade de aderência das partículas, tanto a ligantes hidráulicos, quanto a betuminosos (adesividade). Durante o processo de desdobramento (serragem) na superfície de corte das placas, ocorre a quebra de algumas das ligações interatômicas dos elementos constituintes da rocha.

Nos silicatos, que são os principais constituintes das rochas, na superfície de ruptura dos fragmentos ocorre a concentração de íons positivos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , etc.) e íons negativos ( $\text{O}^{2-}$ ). Na presença da água, estes íons são neutralizados através da fixação de  $\text{OH}^-$  aos íons positivos e de  $\text{H}^+$  aos íons negativos.

## CAPÍTULO II

---

Posteriormente, os elementos formados na superfície dos fragmentos são lixiviados. A dissolução de Ca, Na e K é mais rápida que a da sílica e da alumina. A concentração de sílica e alumina torna a superfície do fragmento cada vez mais ácida. Este tipo de superfície é desfavorável à aderência/adesividade dos ligantes. Deste modo, a acidificação progressiva da superfície dos fragmentos pode conduzir a riscos de baixa adesividade.

### **2.8. Considerações sobre a alteração de rochas**

#### **2.8.1. Mecanismos de alteração**

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

Os mecanismos de alteração são atribuídos a processos físicos ou processos químicos. Podem-se considerar, ainda, os processos gerados por agentes biológicos, que são conseqüências de processos químicos e físicos e não são fundamentalmente diferentes dos anteriormente citados (Ollier, 1979). Estes processos ocorrem devido à ação dos agentes de alteração impostos pelo meio. Na evolução da alteração da rocha, tais processos ocorrem simultaneamente. No entanto, um destes processos pode se impor ao outro, de acordo com as condições do meio.

As **reações químicas**, que podem provocar a alteração da rocha, ocorrem, preferencialmente, em meios úmidos.

Os principais mecanismos de alteração de natureza química são:

## CAPÍTULO II

---

### **2.8.1.1. Hidrólise**

Causada pela reação, em um meio aquoso, entre os íons  $H^+$  e  $OH^-$  da água e os íons ou elementos dos minerais da rocha. A entrada destes íons na rede cristalina dos minerais da rocha provoca a retirada de outros íons, como, por exemplo, o  $Na^+$ , o  $K^+$  e o  $Ca^{2+}$ , no caso de minerais silicatados. Assim, o carreamento dos íons causa o desgaste da rocha e, eventualmente, a abertura de fissuras pela expansão dos minerais. Este mecanismo implica no enfraquecimento progressivo da estrutura do mineral e, conseqüentemente, da rocha;

### **2.8.1.2. Hidratação**

É a adição de água ao mineral. É uma reação exotérmica e envolve consideráveis variações de volume dos minerais. A variação de volume dos minerais pode causar desintegração da rocha;

### **2.8.1.3 Solubilização**

É um mecanismo correspondente à perda dos minerais constituintes da rocha para água. Este processo é função das características físicas e químicas do meio aquoso;

### **2.8.1.4 Oxi-redução**

É a reação dos minerais da rocha com o oxigênio. Os produtos da oxi-redução são os óxidos e hidróxidos, que constituem elementos de fácil lixiviação;

## CAPÍTULO II

---

### 2.8.1.5. Carbonatação

É a reação dos íons  $\text{CO}_3^{2-}$  ou  $\text{HCO}_3^-$  com os minerais da rocha. Os produtos da carbonatação são os carbonatos, de fácil lixiviação;

### 2.8.1.6. Complexação

É a reação em que ocorre uma forte ligação entre um íon, normalmente um metal, e a estrutura anelar do composto químico dos agentes da complexação. Os principais agentes da complexação são a matéria orgânica e o húmus.

A alteração física da rocha é caracterizada pela fragmentação em virtude de agentes mecânicos, sem que ocorra variação química. Espera-se que a alteração física seja marcante nas regiões onde a umidade é muito baixa.

Os principais mecanismos de alteração de natureza física são:

#### 1. Fraturamento por alívio de tensões

A descompressão de maciços rochosos ao provocar alívio das tensões residuais e quando este alívio é superior à resistência a tração, provoca microfissuramento e o desenvolvimento de fratura na rocha, cuja propagação requer baixo nível. Este alívio de tensões pode ser causado por diversos fatores, como por exemplo, escavações subterrâneas, cortes de grandes taludes, erosão de extratos superficiais, etc.;

#### 2. Expansão devido a efeitos térmicos (insolação)

A variação da amplitude térmica diurna e noturna (variação sazonal) gera a expansão e a contração da rocha. Tendo em vista que as rochas são constituídas

## CAPÍTULO II

---

por diferentes minerais, com diferentes coeficientes de dilatação, a expansão e a contração dos minerais causam o desenvolvimento de tensões, que podem gerar microfissuras e, posteriormente, a desagregação da rocha;

### **3. Abrasão**

É provocada pelo atrito ou impacto entre as partículas presente no meio. Este mecanismo causa o desgaste da rocha;

### **4. Desagregação por crescimento de cristais**

O crescimento de cristais no interior da rocha pode ser provocado principalmente por três fatores: o congelamento da água, a cristalização de sais e as alterações químicas com expansão. A variação de volume, ocasionada pelo crescimento de cristais no interior da rocha, gera tensões que podem causar o fraturamento.

## **2.9. Agentes de alteração**

Os principais agentes de alteração das rochas são de ordem climática. Ambiente climático é o conjunto de fatores que caracteriza o estado médio da atmosfera, da hidrosfera e da biosfera do meio. Os principais fatores climáticos são temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, vento, pressão atmosférica, potencial hidrogeniônico e potencial de oxi-redução. Além destes, Jenny (1941) destaca, ainda, a importância das condições da topografia nos mecanismos de alteração.

A intensidade de atuação dos agentes de alteração na rocha varia de acordo com o ambiente climático. Todavia, pode-se estabelecer uma correlação entre o tipo de alteração e alguns dos agentes de alteração (Peltier, 1950). O autor estabelece uma correlação entre a temperatura média anual, a precipitação média anual e os prováveis tipos e intensidade de alteração.

### 2.10. Influência do potencial redox

Segundo Aires-Barros (1991), historicamente os termos oxidação e redução estavam associados a processos químicos que implicavam no ganho ou perda de oxigênio, respectivamente, por parte de compostos químicos. A evolução destes conceitos fez com que, atualmente, eles possuam uma aplicação muito mais ampla, abrangendo reações que não envolvem o oxigênio como oxidante. Desta forma, uma reação de oxidação-redução (ou abreviadamente reação redox) é uma reação onde há troca de elétrons entre espécies químicas.

O potencial redox (ou potencial de oxidação-redução) é designado como a energia envolvida na perda ou aquisição de elétrons nos sistemas reversíveis de oxidação-redução. Sua importância está relacionada ao fato de muitos elementos se encontrarem presentes nos minerais em diversos estados de oxidação, como por exemplo, o ferro, que se encontra nos minerais ferro-magnesianos primários como a biotita, anfibólios, piroxênios e olivinas sob a forma de  $Fe^{2+}$ . Quando liberado em solução, oxida-se a  $Fe^{3+}$ , e precipita como um novo mineral, a goethita, que é um óxido de ferro hidratado.

Continua o autor, o conceito de potencial redox pode ser explicado da seguinte forma: consideremos uma solução contendo igual concentração de íons reduzidos e oxidados de um mesmo elemento (por exemplo:  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ ), na qual está introduzido um eletrodo inalterável. Estabelece-se certo potencial neste eletrodo devido à tendência da forma reduzida em ceder elétrons ao eletrodo, ou seja, a transformar-se em forma oxidada. Este potencial –  $E_o$  – é o potencial de oxidação da reação pelo qual a forma reduzida é transformada em forma oxidada.

## CAPÍTULO II

---

O potencial redox corresponde a uma medida da intensidade e sentido das reações de oxidação-redução do sistema, razão pela qual é um número relativo. Toma-se como valor de referência o  $E_0$  da reação:



$$E_0 = 0,00\text{volt}$$

Um valor positivo do potencial redox significa que a forma oxidada do par é um agente oxidante mais forte do que os íons de hidrogênio e que a forma reduzida é um agente mais fraco do que o hidrogênio gasoso. Um valor negativo implica que a forma oxidante seja um agente oxidante mais fraco do que os íons de hidrogênio e que a forma reduzida seja um agente mais forte do que hidrogênio gasoso.

O potencial redox a qualquer temperatura e para quaisquer atividades é dado pela expressão:

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln Q$$

Onde:

$E_0$  - é a diferença de potencial quando todas as substâncias envolvidas têm atividade química igual a 1.

R - é a constante dos gases perfeitos ( $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ).

T - temperatura absoluta

N - número de elétrons envolvidos na reação escrita.

F - constante de Faraday ( $9,648 \times 10^4 \text{ C. mol}^{-1}$ )

Q - razão dos produtos das atividades dos produtos da reação pelo dos produtos de reagentes.

## CAPÍTULO II

---

Ao considerarmos o valor da temperatura igual a  $25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$ , atribuímos os valores das respectivas constantes e utilizarmos logaritmos na base 10 ( $\ln Q = 2,303 \log N$ ), teremos a expressão que melhor se aplica aos ambientes exógenos:

$$Eh = E_0 + \frac{0,06}{n} \log Q$$

Ainda segundo Aires-Barros (1991), o potencial redox dos ambientes naturais está limitado pelas reações químicas comuns à superfície da terra que se processam na presença da água, sendo esta estável. Teoricamente, os limites dessas reações são dados pelos valores de Eh das seguintes reações:



A partir destas equações químicas e considerando a definição de

$$pH = \log \left[ \frac{1}{H^+} \right]$$

para os valores normais dos ambientes exógenos de  $p = 1 \text{ atm}$  e  $t = 25^{\circ}\text{C}$ , o limite superior de estabilidade da água é dado por:

$$Eh = 1,23 - 0,060 pH$$

enquanto o limite inferior, abaixo do qual a água se decompõe, liberando hidrogênio, é dado por:

$$Eh = -0,060 pH$$

## CAPÍTULO II

O gráfico 2.33 mostra a exposição de alguns ambientes naturais em função de Eh-pH.

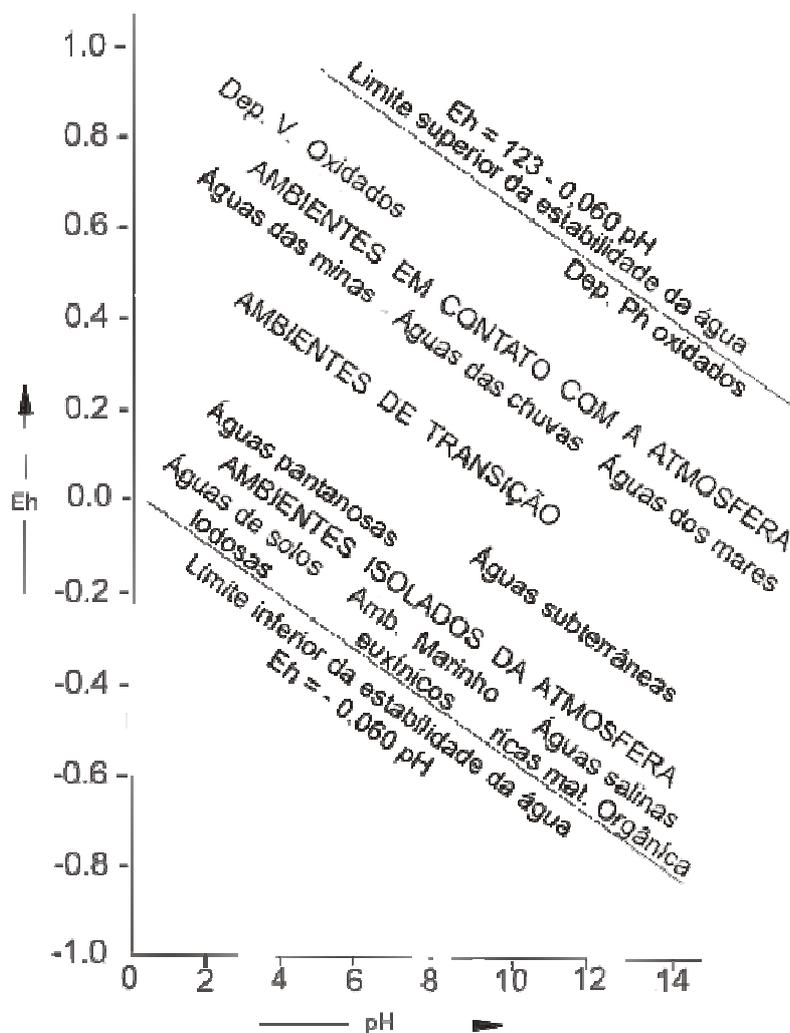


Gráfico 2.30. Posição de alguns ambientes naturais num diagrama de  $E_0$ -pH

Fonte: Aires-Barros (1991) Alteração e Alterabilidade de Rochas - Lisboa

A importância do potencial redox nos fenômenos exógenos reside no fato de que muitos elementos aparecem na crosta terrestre em diversos estados de oxidação, sendo comuns, na litosfera, as reações de oxi-redução.

## CAPÍTULO II

O potencial redox, variando com a concentração das substâncias nas reações é função do pH como vimos nas expressões definidoras do campo de estabilidade da água no ambiente natural.

Deve-se a Krumbein & Garrels a criação do conceito de “barreira geoquímica”; valores de Eh e pH que limitam a estabilidade de determinados materiais de um lado desse limite e definem a sua estabilidade, para além dele. O diagrama de Krumbein & Garrels define no plano Eh/pH vários sub-domínios de estabilidade no meio exógeno, caracterizados por um ou mais dos minerais e materiais aí estáveis.

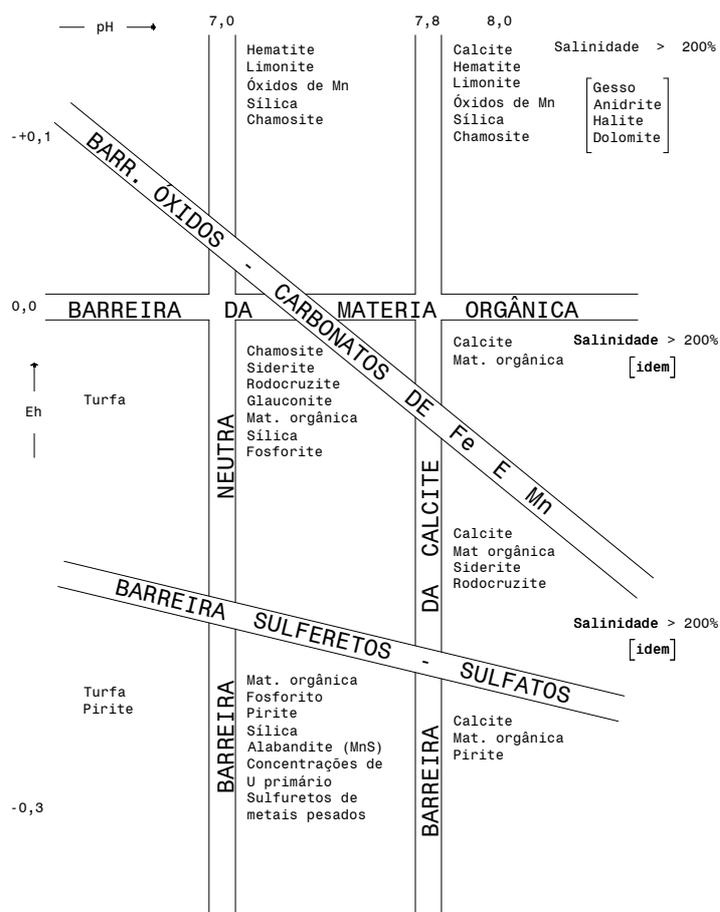


Figura 2.5 – Diagrama de Krumbein & Garrels

Fonte: Aires Barros (1991) Alteração e Alterabilidade de Rochas

## CAPÍTULO II

---

Os principais fatores que controlam o Eh num ambiente de meteorização são:

- A acessibilidade do oxigênio atmosférico
- A presença ou a ausência de matéria orgânica

A oxidação é uma reação exotérmica que tende a prosseguir espontaneamente acima da zona de saturação permanente em água, abaixo deste nível, em geral, prevalecem condições redutoras. Todavia, devido à pronta oxidação da matéria orgânica em dióxido de carbono, que é um poderoso redutor e, quando presente em abundância, mesmo acima do nível hidrostático, pode tornar esse meio redutor.

O **Eh** depende ainda do clima e da topografia. Segundo Aires-Barros (1991), um ambiente úmido e bem drenado favorece a oxidação através da rápida destruição da matéria orgânica e do rebaixamento do nível hidrostático. Em contrapartida, um ambiente frio e pobremente drenado promove a acumulação de matéria orgânica, gerando condições redutoras.

A oxidação do ferro é comum, sendo este elemento um dos que sofre maior influência direta do **Eh**. Com efeito, o **Eh** de transição  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  encontra-se no domínio dos ambientes naturais, razão por que ambos os estados são comuns na natureza. Como há grande diferença entre as solubilidades destes dois tipos de ferro, ela é fortemente influenciada pelo **Eh**.

### 2.11. Reações de alteração

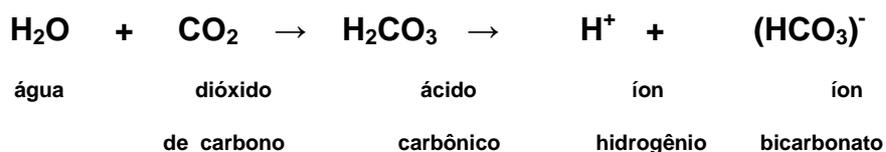
Quanto às ações químicas da água e do ar, as reações de alteração dos minerais podem ser de vários tipos:

#### 2.11.1. Dissolução

Para Aires-Barros (1991), a dissolução é a dissociação de um mineral em um solvente, como a água. Os sais são os minerais mais afetados.

A substância mineral tende a ser atacada pelo solvente até a saturação ser alcançada, e quanto menos saturada é a solução, mais agressivo é o progresso do seu ataque. A taxa de dissolução depende geralmente da solubilidade do sal, do grau de saturação original do solvente e da movimentação do solvente, de modo a mantê-lo sub-saturado. Uma condição de sub-saturação permanente é encontrada no contato da rocha em uma edificação com água das chuvas.

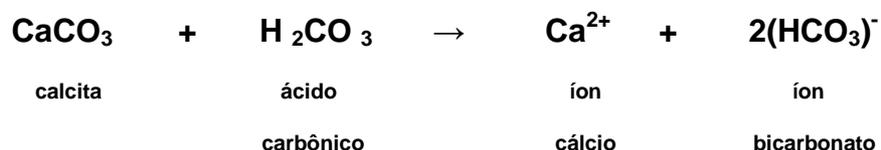
A água das chuvas, ou aquelas acidificadas com dióxido de carbono ou ácidos orgânicos em solução, pode exercer ação dissolvente sobre uma série numerosa de minerais, em especial no caso das rochas calcárias. Como exemplo, descrevemos as reações explicitadas nas formulas abaixo, onde verifica-se a formação de ácido carbônico pela solução de dióxido de carbono:



## CAPÍTULO II

---

e de dissolução da rocha carbonática por ácido carbônico:



Outros compostos menos solúveis, como a sílica e alumina, também podem sofrer dissolução. As condições de solubilidade destes elementos, segundo Carroll (1970), são:

- Sílica: levemente solúvel em qualquer pH; solubilidade elevada em  $\text{pH} > 9$ ;
- Alumina:  $\text{pH} < 4$  ou  $\text{pH} > 8,5$ .

### 2.11.2. Hidratação

As ações de hidratação segundo Aires-Barros (1991), de relevância restrita quando isoladas, tornam-se muito importantes quando associadas. Os sulfetos de ferro transformam-se, por ação da água e do oxigênio nela dissolvido, em sulfatos ferrosos ou férricos, e em hidróxido férrico; podendo originar o ácido sulfúrico.

É a presença desses ácidos que explica a maior intensidade das ações intempéricas quando há abundância de pirita, pois acelera a alteração não só dos sulfetos de ferro, como de sulfetos de outros metais.

## CAPÍTULO II

---

### 2.11.3. Oxidação

Segundo Aires-Barros (1991), os fenômenos de oxidação são particularmente ativos sobre os minerais de ferro e os compostos orgânicos. Na maior parte das rochas magmáticas o ferro existe sob a forma de compostos ferrosos. Quando as moléculas complexas dos silicatos são destruídas, há a rápida mudança de ferro ferroso para ferro férrico.

Este processo é mais intenso nas regiões quentes, tropicais e subtropicais, dando origem aos sesquióxidos de ferro, responsáveis pela coloração avermelhada ou amarelada de muitas formações de origem tropical e subtropical.



### 2.11.4. Oxidação – Hidratação

Segundo Aires-Barros (1991), as ações de oxidação e hidratação, de importância restrita quando isoladas, tornar-se relevante quando associadas.

Os sulfetos de ferro transformam-se, por ação da água e do oxigênio nela dissolvido, em sulfatos, ferrosos ou férricos, e em hidróxido férrico; concomitantemente pode-se originar o ácido sulfúrico.

### 2.11.5. Redução

Nos processos de meteorização, as ações de redução são pouco importantes, não podendo dar-se em grande escala visto que, nas condições dominantes à superfície da terra, os compostos mais oxidados são os mais estáveis.

## CAPÍTULO II

---

Na natureza, é a matéria orgânica o principal agente redutor. A ela se devem as manchas brancas ou esverdeadas que apresentam algumas rochas sedimentares decorrentes da redução dos compostos férricos a ferrosos, pela ação do ácido sulfídrico originado pela putrefação das matérias albuminosas.

Algumas bactérias reduzem, igualmente, os sulfatos e sulfuretos.

### **2.11.6. Hidrólise**

De acordo com Aires-Barros (1991), as reações de hidrólise mostram-se estreitamente relacionadas com as de hidratação, facilitando o trabalho de decomposição das rochas, visto ser acompanhada por aumento de volume.

De maneira geral, uma parte da água encontra-se sempre dissociada, em função da temperatura, em ânions  $(OH)^-$  e em cátions  $H^+$ . Nas temperaturas normais da superfície da terra, o grau de dissociação da água pura é bastante reduzido.

Deste fato resulta uma considerável capacidade hidrolítica das águas naturais que, por sua vez, dão origem a fenômenos de hidrólise, pela atuação dos seus íons  $(OH)^-$  e  $H^+$  e a decomposição de outras substâncias pela fixação desses.

Esta ação hidrolítica sobre os feldspatos e os feldspatóides se traduz, em uma primeira fase, na formação de ácidos alumino-silícicos e de hidróxidos alcalinos e alcalino-terrosos, resultantes da substituição dos íons destes metais por hidrogênio e da fixação dos íons metálicos libertados pelos íons hidroxilas.

## CAPÍTULO II

---



feldspato                      íon            água                      íon                      caulinita                      sílica  
potássico                      hidrogênio                      potássio

A hidrólise dos silicatos (feldspato, micas, piroxênios, anfibólios, olivinas etc) manifesta-se por fenômenos de argilização (caulinitização, montmorilonitização), de cloritização, de saussuritização e de serpentinização que, muitas vezes, se assemelham aos fenômenos congêneres promovidos pelos fluidos deutéricos.

### 2.12. Agentes de alteração dos materiais pétreos

Em relação à exposição aos agentes de alteração, nota-se que os revestimentos de fachadas estão submetidos a maior quantidade e intensidade destes agentes. Além disto, deve-se destacar a importância da fachada para o edifício, uma vez que elas constituem a fronteira entre o ambiente interno e externo definido pelo edifício. As fachadas são fundamentais para a sua habitabilidade, uma vez que proporcionam o isolamento dos usuários dos edifícios frente aos inúmeros agentes agressivos. Selmo (1989) lista como principais agentes de degradação as forças de impacto, o vento, a chuva, a umidade, a poluição atmosférica, as plantas e microorganismos, a variação de temperatura, a radiação solar e as vibrações (figura 2.6).

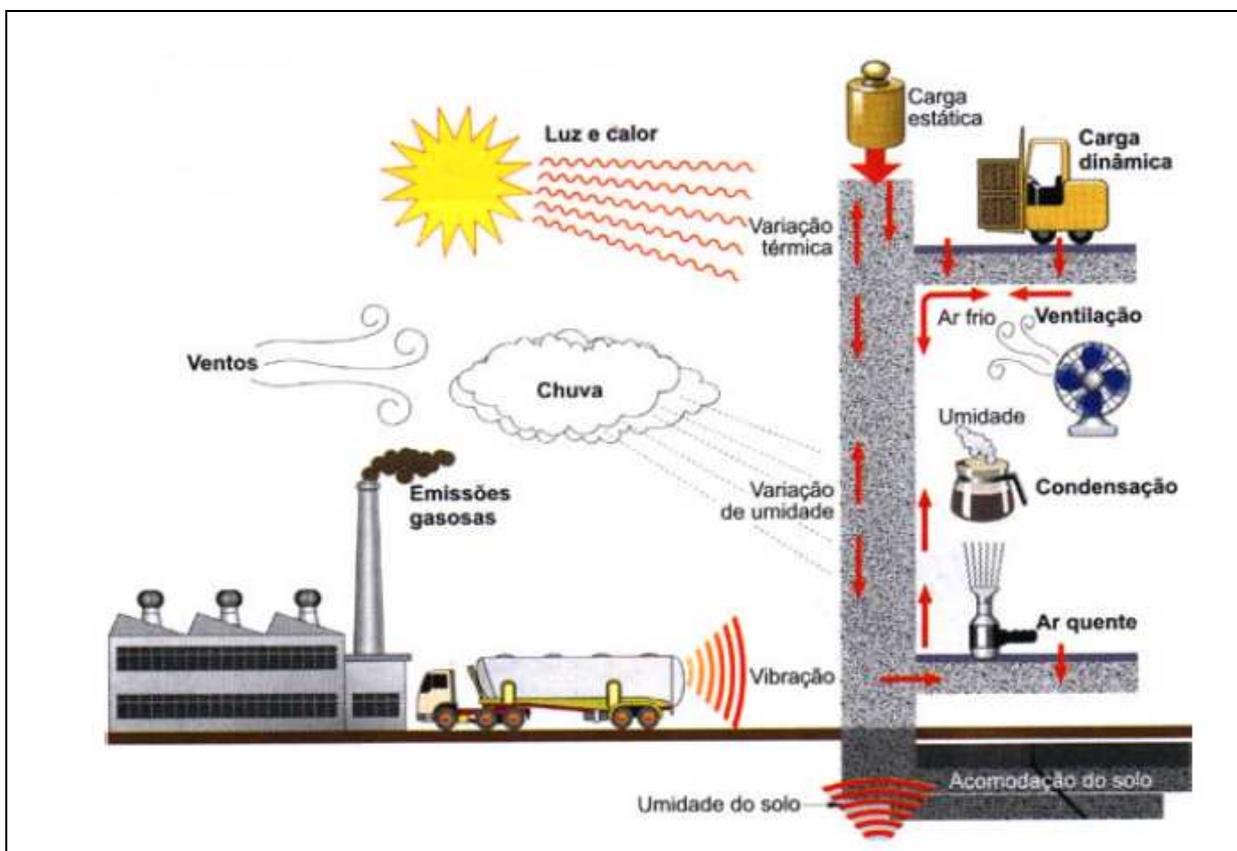


Figura 2.6 -Agentes de degradação dos revestimentos das vedações verticais

Fonte: Selmo, (1989)

### 2.13. Principais alterações nos revestimentos de fachadas com materiais pétreos

As alterações são estudadas para diagnosticar as prováveis causas, sendo que geralmente não ocorrem devido a uma única razão. A ocorrência de alterações se deve a um procedimento inadequado no processo construtivo, ou seja, planejamento, projeto, materiais e componentes, execução e uso.

Para Campante (2001), as manifestações de alterações (patológicas) podem ser entendidas como situações nas quais, em determinado momento da sua vida útil, os revestimentos deixam de apresentar o desempenho esperado, ou seja, não mais cumprem funções para os quais foram projetados, deixando de atender às

## CAPÍTULO II

---

necessidades dos usuários. O autor se refere aos revestimentos cerâmicos, mas pode ser estendido aos materiais pétreos.

Os problemas de alteração ocorrem em diferentes formas de manifestação, e podem ter origem em diferentes fatores pois existe nos processos construtivos uma grande complexidade dos sistemas envolvidos. É necessário conhecer as características dos materiais, sua adequação de uso ao local, correto posicionamento de juntas, utilização de mão-de-obra treinada e controle do uso dos materiais no canteiro para prevenir o surgimento de manifestações patológicas.

Nem sempre os revestimentos são avaliados criteriosamente, sendo que as alterações tem origem quase sempre nas fases iniciais (elaboração de projetos ou execução) apresentando depois da sua aplicação problemas patológicos que comprometem aspectos como segurança e habilidade, com a degradação em curto espaço de tempo, podendo comprometer até o uso das edificações.

A Tabela 2.4 apresenta os principais origens das alterações patológicas de revestimentos de fachadas de edificações onde nota-se que a grande maioria destas estão relacionadas a fase de projeto e construção.

Tabela 2.4 - Origens dos problemas de alterações (patológicos)

Fonte: Revista Técnica 14 -1995

Origem dos Problemas	Índices (%)
Projetos	60
Construção	26
Equipamentos	2
Outros	12
Total	100

### 2.14. Manutenção preventiva do revestimento de fachadas

A manutenção do revestimento de fachadas esta associada a uma série de atividades programadas no início da edificação sendo de grande importância, uma vez que este subsistema esta exposto a vários agentes de degradação, estando ligado à estética e a proteção do edifício.

Seeley (1987) afirma que “pequenas alterações no estágio de projeto podem proporcionar um grande impacto nos custos de operação e manutenção do edifício”.

Esse autor considera que ao se projetar ou especificar um componente ou material para o edifício, o projetista deve buscar e responder as questões referentes:

- ✓ à acessibilidade (como pode ser acessado?);
- ✓ à limpeza (como pode ser limpo?);
- ✓ à durabilidade (como vai deteriorar-se?);
- ✓ à facilidade de substituição (como pode ser substituído?);
- ✓ Como podem evoluir as necessidades dos usuários?

Além desses questionamentos, o autor acrescenta que os projetistas devem especificar os materiais e sistemas construtivos baseados nos requisitos e critérios de desempenho desejados e estabelecidos pela normalização nacional ou internacional. Somente com essa forma de atuação dos projetistas é que se pode prever com maior confiança a durabilidade dos materiais em função das condições de contorno a que se estão submetidos (clima, poluição, cargas, forma de utilização, etc) e prescrever a frequência de manutenção de cada componente e/ou elemento. A frequência de manutenção de cada componente, elemento e sistema do edifício

## CAPÍTULO II

---

deve estar especificada no manual do proprietário a ser entregue ao cliente após a construção do edifício.

Segundo Seeley (1987), o manual tem como objetivo indireto estabelecer uma forma de comunicação entre projetistas, construtores, proprietários e equipe de manutenção, para que ocorra uma harmonização dos interesses e troca recíproca de conhecimentos. Para isto, Seeley (1987) sugere que este manual seja composto de três partes distintas, conforme é mostrado na (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Partes constituintes do manual do proprietário (Adaptada de Seeley, 1987)

Parte	Itens	Objetivos
1	documentação do edifício e do terreno, incluindo materiais, serviços, área superficial e qualquer detalhe que possa contribuir para o gerenciamento do edifício.	possibilitar aos gerentes dos edifícios a organização, de maneira eficiente e econômica, dos reparos e demais atividades de manutenção.
2	intervalo de tempo de inspeção e manutenção dos diversos componentes, elementos, subsistemas e sistemas dos edifícios, incluindo <i>check-list</i> , cronograma de manutenção dos serviços de engenharia e dados dos principais fornecedores e subempreiteiros.	
3	informações e instruções de manutenção destinadas aos moradores	possibilitar aos moradores a operação e a execução de limpeza rotineiras dos sistemas e subsistemas dos edifícios de forma eficiente

### 2.14.1. A importância econômica da manutenção de edifícios

Segundo Resende (2004), os edifícios constituem um patrimônio particular e nacional que representa uma riqueza acumulada durante os anos e fonte de

## CAPÍTULO II

---

novas riquezas. Portanto, os edifícios são investimentos que necessitam ser mantidos e valorizados – como qualquer outro tipo de investimento.

No entanto Flores Britto (2001) afirma que alguns países, principalmente os não desenvolvidos economicamente, desconsideram esse fato, adotando leis de caráter punitivo e de difícil fiscalização, ao invés de adotarem políticas que incentivem a manutenção dos edifícios por seus proprietários e/ou usuários (por exemplo: descontos nos impostos). As manutenções nestes países são realizadas informalmente e sem um planejamento prévio (custos, prazos e escolha da técnica mais adequada), impossibilitando o seu registro.

Diferentemente, nos países que consideram a manutenção de edifícios como sendo uma atividade de primeira importância (geralmente países com maior desenvolvimento econômico e com elevada quantidade de edifícios com valor histórico), as atividades de manutenção são planejadas, registradas e, geralmente, superam qualquer outra atividade do setor da construção civil.

### **2.14.2. A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachadas de edifícios**

Segundo John (1987), a durabilidade é definida por diversas instituições de pesquisa de maneira distinta, sendo possível identificar dois grandes grupos:

- ✓ o conceito de durabilidade aplicável ao edifício e suas partes e o conceito de durabilidade aplicável somente aos materiais de construção. Durabilidade como sendo a capacidade de um produto, componente, montagem ou construção de manter-se em serviço ou em utilização, ou seja, é capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetado durante um determinado período de tempo.

- ✓ Analisando-se a definição adotada nota-se que a durabilidade pode ser expressa em tempo de vida (anos) ou em função da capacidade de resistência a agentes que normalmente afetam o desempenho durante a vida.

Esses agentes, denominados pela ASTM E632-82 (1996) como fatores de degradação, são quaisquer fatores externos que afetam de maneira desfavorável o desempenho de um edifício, de seus subsistemas ou componentes. Ainda segundo essa norma, esses fatores podem ser separados em cinco diferentes naturezas: fatores atmosféricos, biológicos, de carga, de incompatibilidade e de uso, discutidos a seguir.

### **2.14.2.1. Fatores atmosféricos**

Segundo a ASTM E632-82 (1996) esses são “todos os grupos de fatores associados com o ambiente natural, incluindo radiação, temperatura, chuva e outras formas de água, gelo, degelo, constituintes normais do ar e seus poluentes e vento”. Portanto, esses fatores variam em função do seu ciclo diário e anual bem como da localização geográfica da edificação.

Em relação à alteração química, a temperatura pode atuar como catalisadora de reações químicas que diminuem a durabilidade do revestimento.

A **água** é outro fator de degradação que interfere na durabilidade do revestimento de fachadas, uma vez que pode reagir com os materiais levando à formação de eflorescências, e também pode proporcionar condições de vida para os agentes biológicos – fungos e bactérias.

## CAPÍTULO II

---

As **eflorescências** segundo Bauer (1997), são depósitos salinos, principalmente metais alcalinos e alcalino-terrosos, na superfície de revestimentos, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais constituintes do revestimento ou da sua base (argamassa).

Uemoto (1988) descreve da seguinte maneira o mecanismo de formação das eflorescências: os sais encontrados no interior dos materiais são dissolvidos pela água presente, por algum motivo, no interior destes materiais. Esta água ao atingir a superfície do material, por capilaridade, evapora. Com a evaporação desta, os sais se depositam na superfície externa, formando as eflorescências.

O autor ainda enfatiza que para a formação da eflorescência é necessária a existência concomitante de três fatores:

- ✓ sais solúveis existentes nos materiais ou componentes;
- ✓ presença de água para solubilizá-los;
- ✓ pressão hidrostática para que a solução migre para a superfície.

### **2.14.2.2. Fatores biológicos**

Segundo John (1987), os fungos são os mais importantes agentes biológicos, sendo que nos revestimentos em fachada de edifícios eles interferem, principalmente na aparência. As aves também têm grande impacto pela presença dos dejetos que são de natureza corrosiva.

### **2.14.2.3. Fatores de carga**

Os fatores de carga nos revestimentos de fachada de edifícios são representados, principalmente, pela ação física da água (chuva, granizo e neve), ação física do vento e, principalmente, pela combinação da ação do vento e da água.

### **2.14.2.4. Fatores de incompatibilidade**

Devido a uma incompatibilidade química ou física, esses fatores podem ocorrer. No caso dos revestimentos de fachada de edifícios, a incompatibilidade química ocorre, principalmente, na adição de materiais que reagem entre si formando um material com propriedades não desejáveis, por exemplo, adição de gesso na argamassa de revestimento. A incompatibilidade física ocorre, fundamentalmente, com a utilização de revestimentos que proporcionam cargas insustentáveis à base ao substrato.

### **2.14.2.5. Fatores de uso**

Os fatores de uso são determinados pela influência direta dos usuários sobre os materiais e componentes da edificação - projeto, execução e uso, operação e manutenção.

Segundo Romero (1995), além dos fatores de degradação anteriormente destacados, ações próprias da fase de projeto, podem contribuir para o decréscimo da durabilidade dos componentes e das partes do edifício, destacando a própria ausência de projetos, concepção inadequada, insuficiência de detalhes, especificação incorreta de materiais e técnicas construtivas.

Reygaerts (1978) apud John (1987), informa que a partir de estudos efetuados em países europeus constatou-se que a maioria das alterações das edificações ocorrem a partir da fase de projeto.

Em relação aos revestimentos de fachada de edifícios habitacionais, um projeto que apresente detalhes construtivos que controlem a penetração de água, por exemplos, como as mostradas na figura 2.7 possibilitam o acréscimo da

## CAPÍTULO II

---

durabilidade do revestimento, uma vez que evita o processo de deterioração causado pela água.

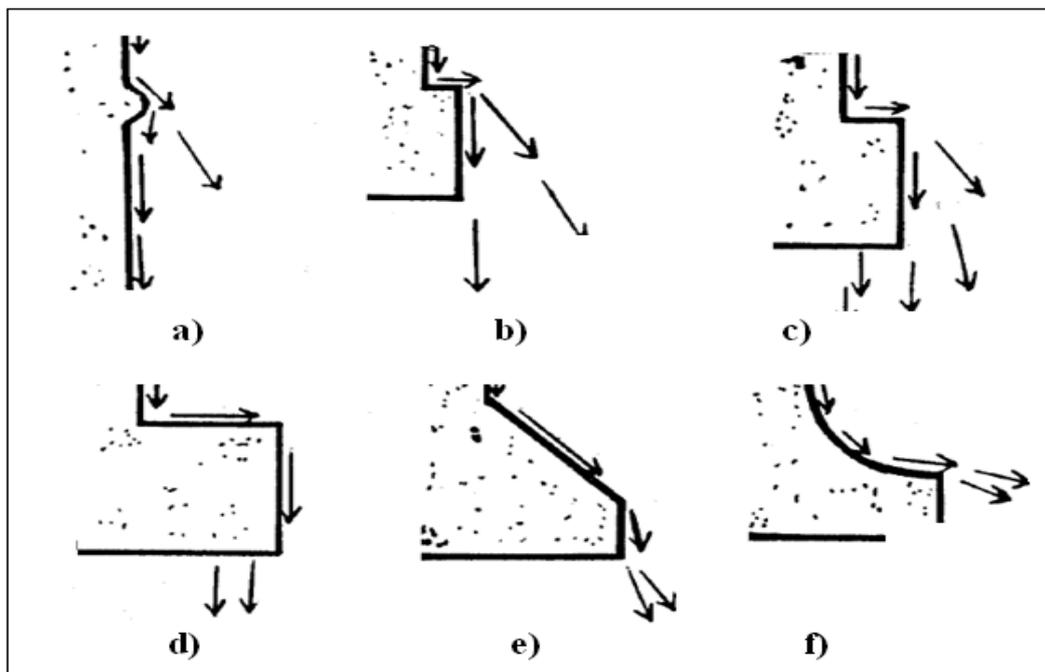


Figura 2.7 – Detalhes da geometria de pingadeiras em fachadas e sua influência no escoamento da água (a,b,c,d,e f).

Fonte: Perez (1985).

A durabilidade dos revestimentos de fachada e de qualquer outra parte do edifício, está vinculada com as atividades de manutenção, que segundo John; Cremonini (1995), pode ser definida como sendo um conjunto de serviços realizados na edificação e suas partes durante a sua vida útil, com o objetivo de manter seus desempenhos iniciais.

Assim, a manutenção deve ser interpretada como uma ação programada preventiva de futuros problemas e não apenas como atividade corretiva de problemas observados.

## CAPÍTULO II

---

Segundo Lichtenstein (1985), essa metodologia somente é válida se os custos de implantação e operação foram compensados em termos de benefícios no desempenho do edifício ou de seus componentes. Para isso, torna-se importante à adoção de um programa de manutenção periódica.

Nota-se, portanto, a existência de diferentes tipos de manutenção que, segundo a norma BS 3811 (1984) *apud* Lee (1987), podem ser classificadas em:

- ✓ **Manutenção Planejada Preventiva**, atividades realizadas durante a vida útil da edificação, de maneira a antecipar-se ao surgimento de defeitos;
- ✓ **Manutenção Planejada Corretiva**, atividades realizadas para recuperar o desempenho perdido;
- ✓ **Manutenção Não Planejada**, definida como o conjunto de atividades realizadas para recuperar o desempenho perdido devido a causas externas não previstas.

Segundo Lichtenstein (1985), na situação em que o edifício ou seu componente apresente um desempenho insatisfatório, deve ocorrer uma intervenção técnica com a finalidade do edifício ou componente voltar a apresentar um desempenho satisfatório, prolongando sua vida útil (gráfico 2.34).

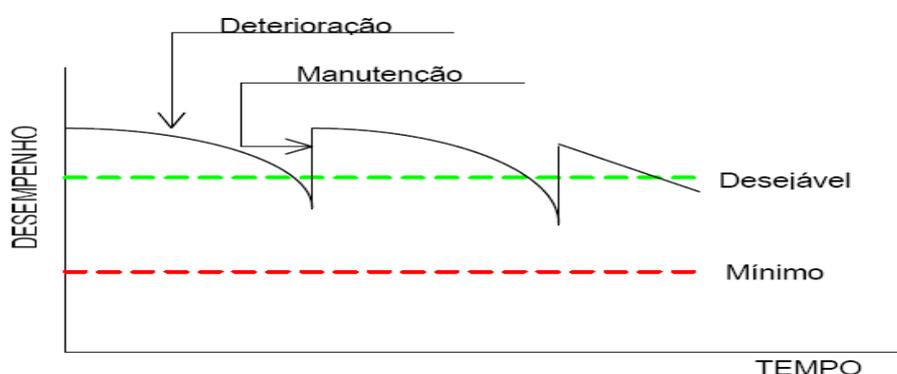


Gráfico 2.31 - A influência da manutenção no desempenho.

Fonte: Lichtenstein (1985).

## CAPÍTULO II

---

A forma e a velocidade que ocorre a deterioração, segundo Lichtenstein (1985) são função da natureza do material ou componente e das condições de exposição a que fica submetido.

Dessa forma, fica evidenciada que a especificação de um revestimento de fachada, bem como uma metodologia de manutenção deve ser antecedida por um estudo dos fatores acima relacionados para cada edifício.

### **2.15. Considerações para a minimização da ocorrência de sujeira nas fachadas**

Para a minimização das ocorrências de sujeira nos revestimentos de fachadas, é fundamental, além do estudo da orientação e da correta especificação e execução dos diversos componentes dos revestimentos, o estudo de detalhes construtivos.

Deve-se sempre levar em consideração a direção dos ventos e das chuvas onde o edifício será construído, uma vez que a exposição a estes fatores condiciona a quantidade de água de chuva e contaminação que podem atingir as fachadas dos edifícios.

Segundo Petrucci (2000), a preocupação da orientação da fachada em função da minimização da ocorrência de sujeiras, durante a etapa de projeto, é provavelmente menor do que para a adequada orientação da fachada visando o conforto ambiental para os espaços projetados (insolação e ventilação). Enfatiza ainda que as formas e proporções dos edifícios encontram-se bastante submetidas às legislações urbanísticas e à viabilidade econômica dos empreendimentos.

## CAPÍTULO II

---

Em relação à viabilidade econômica, Vallejo (1990), destaca que os edifícios apresentam, na maioria das vezes, suas fachadas em forma retangular, ou seja, de pouca aerodinâmica à ação do vento.

Diante de tudo que foi citado, Dorrman, Petrucci (1989) afirma ser necessário um excelente detalhamento dos revestimentos de fachada, visando maior durabilidade e facilidade manutenção, uma vez que a maioria dos edifícios serão compostos tanto por fachadas bastante expostas à chuva e ao vento quanto por fachadas pouco expostas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi previamente feita uma visita à área para viabilizar as atividades de campo, demarcar os pontos de leitura e coletas e criar condições para realização das etapas laboratoriais de análise tecnológica das amostras coletadas *in loco*.

Foram observados os vários revestimentos e considerados aqueles que apresentam maior frequência de aplicação. Os critérios para seleção das placas pétreas estudadas foram a cor, que em geral reflete a composição mineralógica ou grau de alteração e degradação das placas pétreas do revestimento.

A qualificação e/ou quantificação das alterações mineralógicas e mecânicas ocorridas foram realizadas por meio de análises petrográficas e técnicas analíticas complementares e de ensaios tecnológicos para determinação de características de índices físicos (porosidade, absorção d'água e massas específicas aparentes).

A pesquisa envolveu as etapas mostradas no fluxograma e detalhadas em seguida (figura 3.1).

## CAPÍTULO III

---

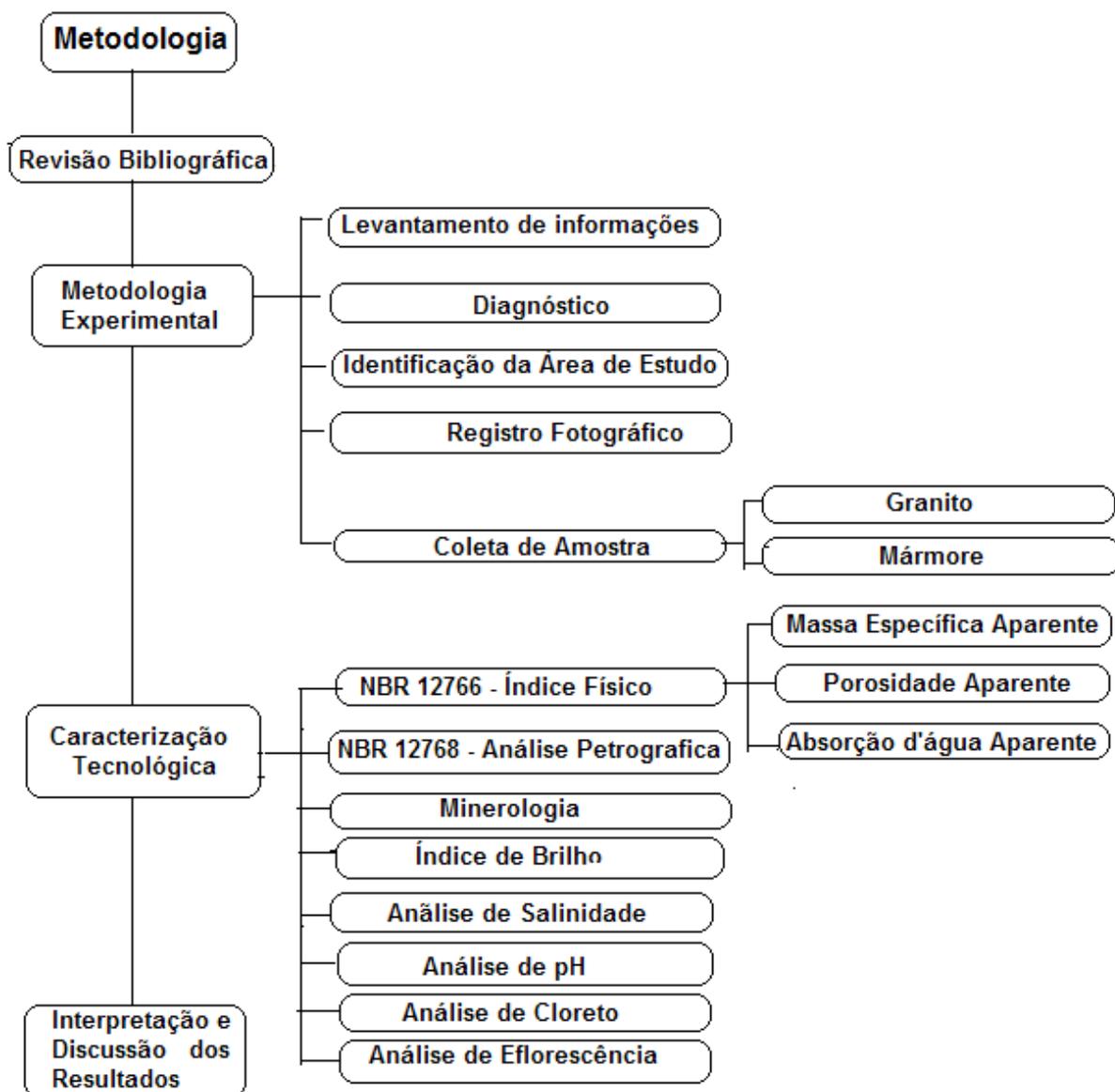


Figura 3.1: Fluxograma das atividades envolvidas na pesquisa.

## CAPÍTULO III

---

### **3.1. Revisão Bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica compreendeu as informações disponíveis, mais recentes, sobre contexto, como também em a revisão dos principais trabalhos desenvolvidos abordando os temas de alteração, deterioração, alterabilidade e durabilidade de rochas, principalmente aquelas destinadas ao uso em revestimentos de edificações. Contemplou ainda, os periódicos técnico-científicos, teses, livros-textos e artigos publicados em anais de eventos.

### **3.2. Metodologia experimental**

#### **3.2.1. Levantamento de informações**

Inicialmente utilizou-se a ficha de inspeção apresentada no apêndice 4, buscando identificar, para cada edificação, a natureza das alterações (patologias) existentes, a localização e as possíveis causas e origens; além de um questionário onde constava algumas indagações básicas:

1. Quando e de que forma foram constatadas as alterações (patologias)?
2. Tais alterações já foram objeto de intervenções e, caso afirmativo, quais e com que resultados?
3. No decorrer da construção foram feitas modificações no projeto, na execução ou na escolha dos materiais?
4. Foram tomadas as medidas necessárias quanto à manutenção e limpeza?

## CAPÍTULO III

---

5. O usuário se recorda de algum fato que possa estar ligado ao aparecimento do problema?
  
6. Tempo de aplicação do revestimento pétreo?

O questionário acima mencionado serviu apenas para complementar a elaboração do diagnóstico, visto que algumas informações ficaram sem resposta por falta de documentos técnicos da edificação (projetos, plantas, memoriais, diário de obra, ensaios para recebimento de materiais e outros).

### **3.2.2. Diagnóstico**

O diagnóstico do edifício como um todo, ou de suas partes, significa a identificação de manifestações e sintomas das falhas, determinação das origens e mecanismos de formação, estabelecimento dos procedimentos e recomendações para prevenção desses problemas.

Com a confecção do diagnóstico é possível planejar algumas ações a serem tomadas, seja de manutenção, reparação ou até mesmo a demolição. O objetivo a ser alcançado nesta etapa é prescrever as ações a serem executadas para resolver ou minimizar o problema em questão, como também garantir a durabilidade do revestimento. Para tanto, levantou-se um prognóstico da situação, considerando-se hipóteses sobre a evolução das alterações existentes nos revestimentos.

### **3.2.3. Identificação das alterações na área de estudo**

Foram observados cento vinte edifícios localizados em Boa Viagem, região litorânea do Recife. A grande maioria dos edifícios estudados apresenta algum tipo de patologia relacionada ao manchamento das placas pétreas. Em ordem de importância as principais patologias encontradas foram: manchamentos (70%),

## CAPÍTULO III

perda de brilho (40%), perda de grãos (25%), oxidação (20%), eflorescência (10%), fissuras (10%), crostas negras (8%), descolamento de placas (3%), pichações (3%) e fungos (2%). Essas patologias são associadas principalmente à alta umidade da região (manchamento e oxidação) intensificada pela temperatura média alta da região, e também a problemas de cristalização de sais nas microfissuras das rochas (perda de grãos) e particulados transportados pelo vento (perda de brilho). No gráfico 3.1 são apresentados, sob forma de barras, estes percentuais.

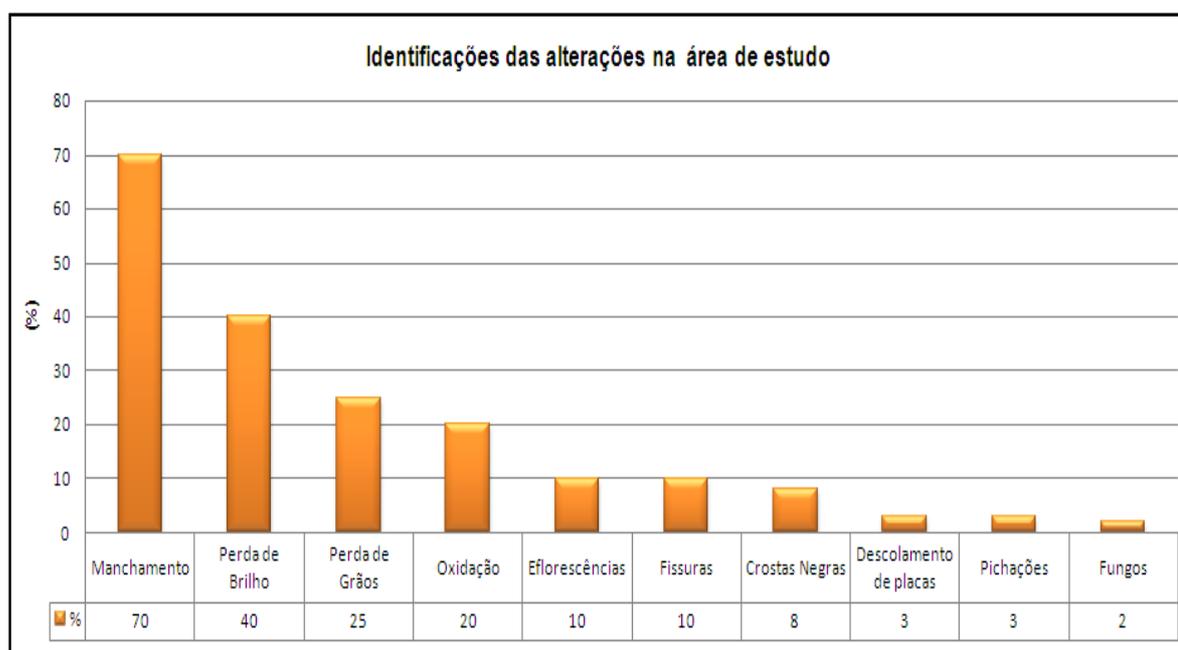


Gráfico 3.1 - Tipos de patologias observadas na área de estudo – Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Considerando, por um lado, os litotipos mais freqüentes e, por outro lado, os tempos de aplicação desses revestimentos, foram selecionados, desse universo de 120 edifícios, 9 (nove) edificações para a realização de nosso estudo.

### **3.2.4. Registro fotográfico das placas pétreas em estudo**

Os revestimentos de fachadas exigem maiores cuidados por se encontrarem em condições desfavoráveis de exposição. Estas condições exigem materiais de qualidade superior quando comparados, por exemplo, aos revestimentos internos.

Foram observado nas edificações localizadas em Boa Viagem, região litorânea do Recife, alterações de diferentes manifestações e origem em uma enorme gama de fatores, em função da grande complexidade dos vários sistemas envolvidos. Estas diversas patologias foram registradas através de fotografias como mostradas a seguir nas figuras 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7; 3.8 e 3.9.

A figura 3.2, abaixo, apresenta a ocorrência de alterações que foram observadas em edificação à beira mar. Verifica-se a presença de oxidação, eflorescências, manchamentos e crostas negras. A rocha de revestimento é do tipo conhecido comercialmente como “Bege Bahia”.



Figura 3.2 – Ocorrências de patologias em edificação, localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Manchamentos decorrentes da oxidação dos grampos de assentamento de placas de “Mármore Branco”, e descolamentos de placas foram também verificados *in loco*. As figuras 3.3 e 3.4 apresentam fachadas de prédios na área de estudo que apresentam esses tipos de degradações.

## CAPÍTULO III

---

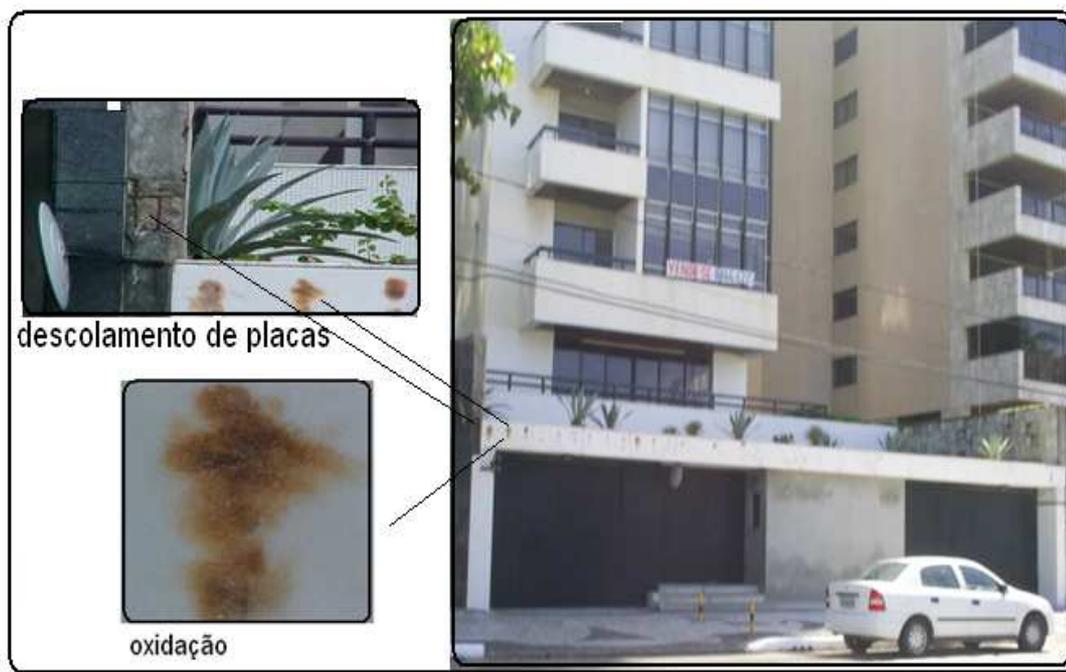


Figura 3.3 – Patologias observadas em edificação, localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.



Figura 3.4 – Descolamento de placas em edifício localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO III

---

Fissuras também foram encontradas nos revestimentos externos como podem ser observadas na fotografia mostrada na figura 3.5.



Figura 3.5 - Fissuras observadas em edificação localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Eflorescências, crostas negras, oxidação, perda de grãos, fissuras, manchamentos e perda de brilho foram observados nas várias edificações em estudo, situadas na Avenida Boa Viagem. Verifica-se que os revestimentos são dos vários litotipos selecionados para a realização desta pesquisa. Essas alterações foram fotografadas e ilustram as figuras 3.6 e 3.7.

## CAPÍTULO III



Figura 3.6 - Alterações observadas em edificação localizada na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.



Figura 3.7 - Oxidação e manchamento observados em placas pétreas em edificação localizado na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

A fotografia abaixo (figura 3.8) ilustra patologias bastante comuns na orla de Boa Viagem reveladas neste trabalho: perda de brilho e eflorescências. A placa pétreia de revestimento é em material comercialmente conhecido como “Vermelho Ventura”, assentada a partir de aplicação com argamassa.

## CAPÍTULO III

---

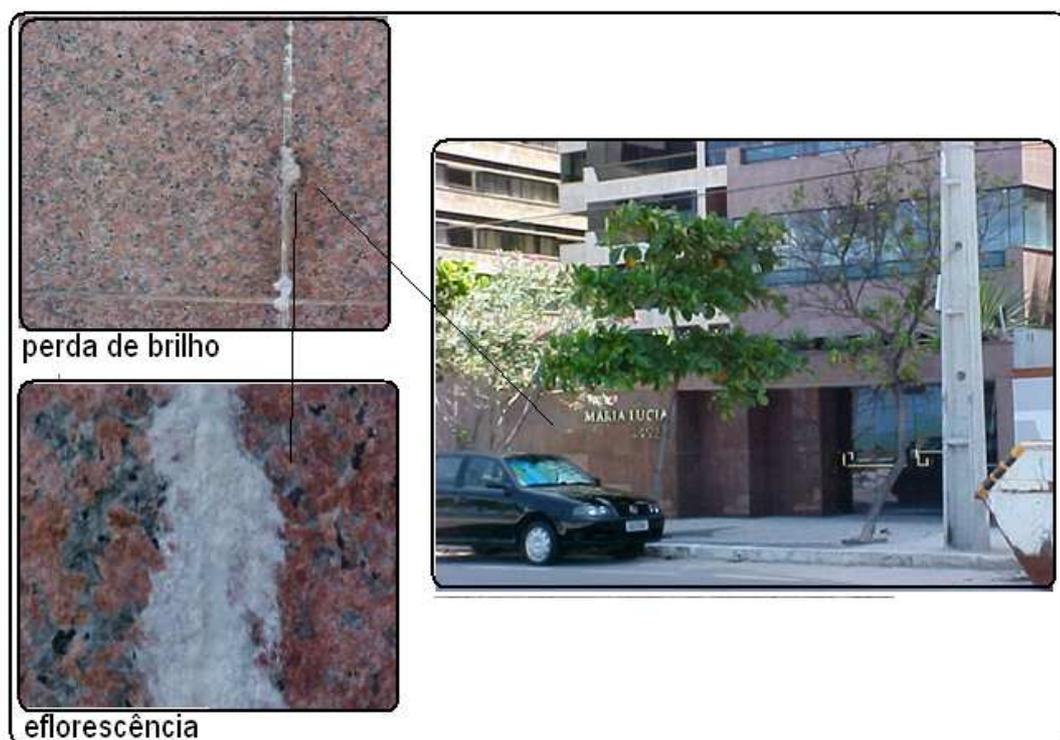


Figura 3.8 - Eflorescências em placas pétreas em edifício localizado na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Os registros fotográficos registraram as diversas patologias observadas nos vários tipos de placas pétreas em estudo. A figura 3.9 mostra revestimento em “Verde Meruoca Clássico” em fachada de edificação onde se nota oxidação, perda de grãos e de brilho.



Figura 3.9 - Alterações patológicas observadas em edifício localizado na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

### 3.2.5. Coleta de amostras

Os diversos tipos de placas pétreas estudadas foram selecionados devido à sua alta incidência como revestimento externo nas edificações da beira-mar. E que recebem os nomes comerciais de Bege Bahia, Mármore Branco, Granito Arabesco, Granito Amarelo Florença, Granito Vermelho Ventura, Granito Marrom Imperial e Granito Verde Meruoca Clássico. As rochas silicáticas foram aplicadas em revestimentos de fachadas, muros e guaritas há 0 e 5 anos, enquanto que as carbonáticas entre 0 e 15 anos. Também foram obtidas junto a marmorarias, amostras sãs, de dimensões de 15 x 15 cm, dos diversos litotipos escolhidos. As figuras 2.11; 2.12 e 2.13, a seguir, mostram esses vários materiais pétreos.

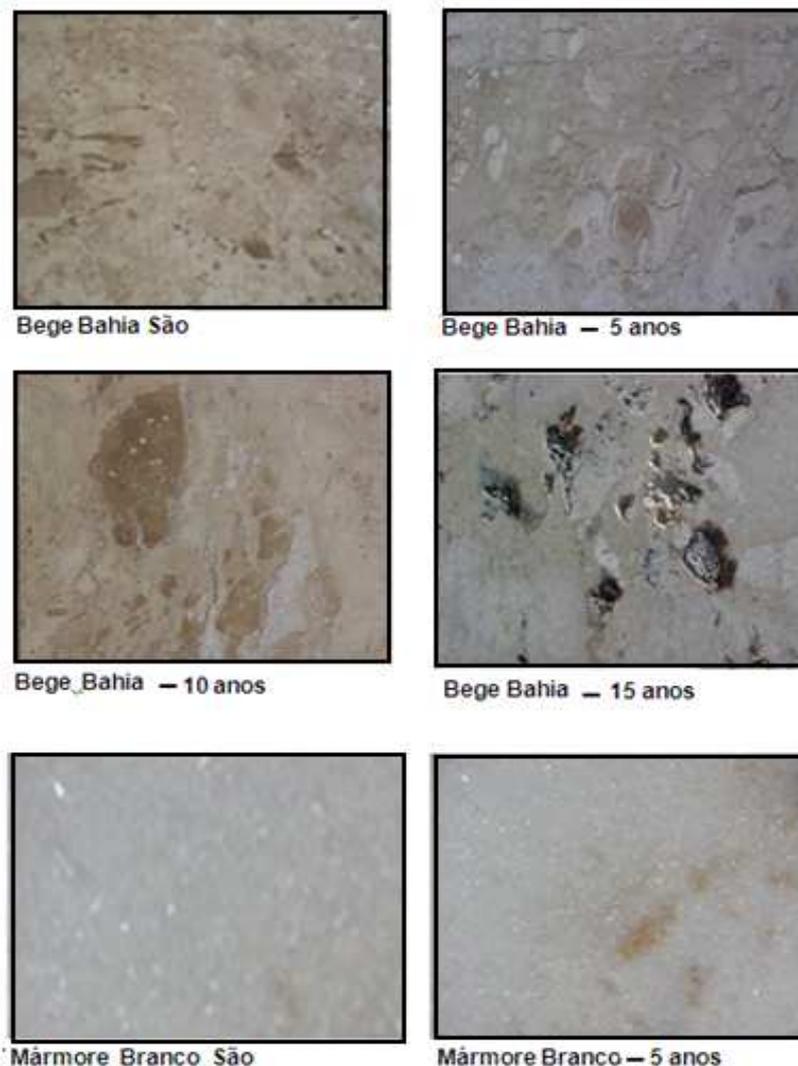


Figura 3.10 - Placas pétreas de rochas carbonáticas Beges Bahia e Mármore Branco, coletadas em edifícios localizados em Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Segundo Chiodi (NEGÓCIOS, 2004), na categoria de rocha carbonática, metamorfizada, o mármore tem quase a mesma aplicabilidade que o granito. A seu favor está a durabilidade e a nobreza, e seu ponto fraco é ser menos resistente a riscos (como arranhões) e mais sensível ao ataque químico, como os produtos de limpeza (ácido). Por força da constituição de seus terrenos geológicos, os mármore dos países mediterrâneos são mais nobres, possuem massa fina e padrões cromáticos variados.

## CAPÍTULO III

---

O mármore Bege Bahia representa entre 25 a 30% da produção baiana de rochas ornamentais. Seu maior concorrente é o " travertino " italiano. Pelas suas características físicas, é utilizado como revestimento interno, e em bancadas ou tampos de mesas. Diferentemente do granito, não deve ser utilizado para revestimentos externos.

Quando foi descoberto nos anos 1950, o produto era chamado Mármore Marta Rocha, uma alusão à famosa Miss Brasil que, como a rocha em questão, é de origem baiana. Entretanto, atualmente, no mercado interno, é mais conhecido e consolidado como Mármore Bege Bahia. No mercado internacional é denominado *Bahia Travertine*. Trata-se de um produto cujo nome se reporta às características e à origem, o que o faz exclusivo.

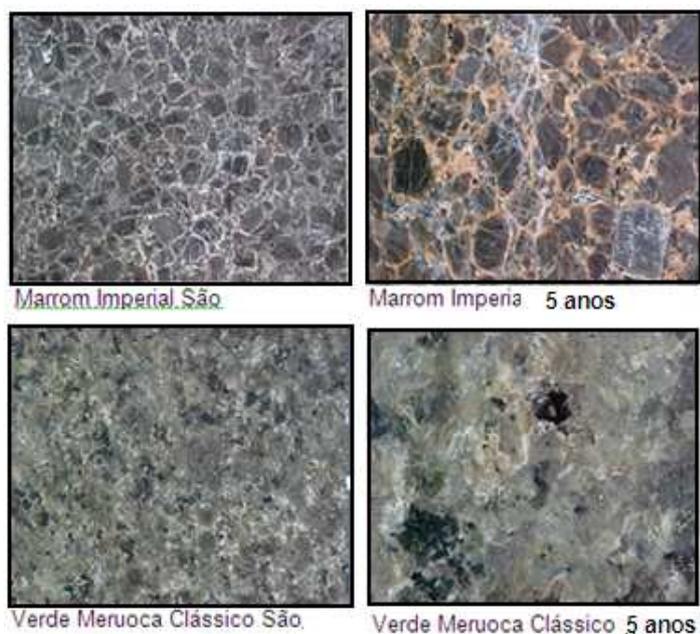


Figura 3.11 - Placas pétreas de granitos Marrom Imperial e Verde Meruoca Clássico observados em edifícios localizados em Boa Viagem na região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO III

---



Figura 3.12 - Placas pétreas do granitos Arabesco, Amarelo Florença e Vermelho Ventura observados em edifícios localizados na Avenida Boa Viagem, região litorânea do Recife.

A aplicação do granito na construção civil tem aumentado devido à sua resistência, durabilidade, facilidade de limpeza e estética. Seu dinamismo de mercado está fundamentado na sua elevada capacidade de substituição em relação a outros materiais. Como é resistente ao ataque químico e ao desgaste abrasivo, a utilização do granito em revestimentos externos tem aumentado, tanto em pisos quanto em fachadas (PEITER *et al*, 2001)

### 3.3. Caracterização tecnológica

Segundo Frascá (2003) a caracterização tecnológica de rochas é realizada por meio de ensaios e análises, cujo principal objetivo é a elaboração e a obtenção de parâmetros petrográficos, químicos e físicos *in natura*, que permitem a qualificação da rocha para o uso no revestimento de edificações. Neste sentido determinou-se os índices físicos dos diversos litotipos e realizou-se a análise petrográfica dos materiais coletados.

Os estudos de caracterização tecnológica foram efetuados segundo padrões normalizados, em amostras representativas, dos sete tipos comerciais estudados, através dos ensaios abaixo relacionados:

#### 3.3.1. Índices físicos - NBR 12766

Os índices físicos referem-se à determinação da massa específica aparente (seca e saturada) porosidade e absorção d'água aparentes de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações. Para execução dos ensaios foi utilizada a norma NBR 12766 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Os equipamentos utilizados na determinação dos índices físicos foram uma balança de pesagem submersa, modelo Marte, de precisão 0,001 g, e estufa modelo De Leo de temperatura máxima 110°C, como mostrados na figura 3.13.

## CAPÍTULO III

---



Figura 3.13 - Equipamentos utilizados na determinação dos índices físicos.

### 3.3.2. Análise petrográfica - NBR 12768

O método normatizado para análise petrográfica de rochas que se destinam ao uso como materiais de revestimento de edificações, utilizado na descrição das amostras das placas pétreas coletadas foi a norma NBR 12768 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Deve-se assegurar um volume de amostras suficiente para permitir a obtenção de tantos corpos-de-prova quanto sejam necessários para representar as características da rocha.

O equipamento utilizado na análise foi um microscópio petrográfico com sistema digital micrografica, marca Olympio BX40 observado na fotografia da figura 3.14.

## CAPÍTULO III

---



Figura 3.14: Microscópio com sistema digital micrografica, utilizado na análise petrográfica.

As lâminas dos diversos materiais pétreos são mostradas abaixo, figura 3.15.

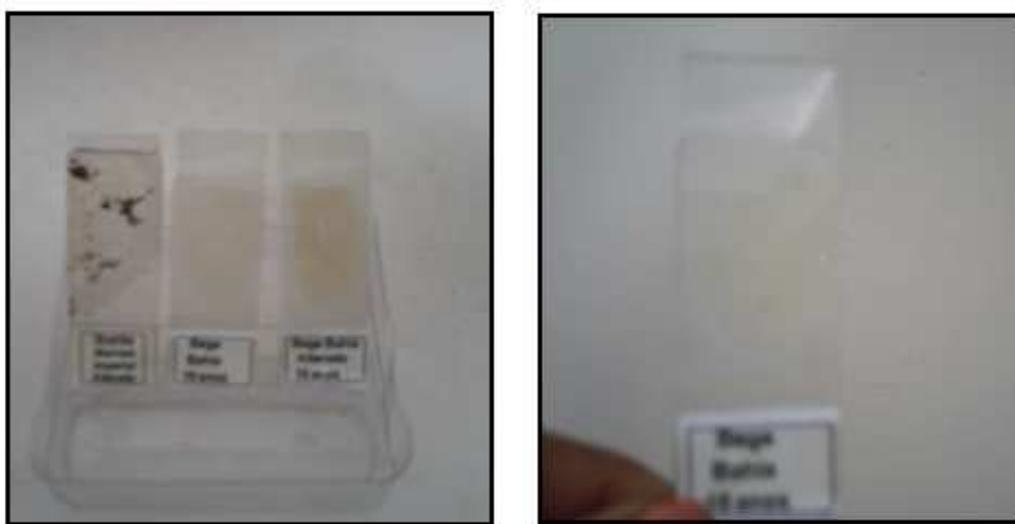


Figura 3.15 – Lâminas utilizadas para análises petrográficas.

### 3.3.3. Mineralogia

A mineralogia é a ciência que estuda os minerais, o que são eles, como são formados e onde ocorrem. Uma vez que os minerais estão por toda parte (são as substâncias formadoras das rochas, solos e sedimentos) e fornecem uma grande parte das matérias primas usadas em aplicações tecnológicas e industriais, o potencial de aplicação deste conhecimento é vasto. Na verdade, com exceção das substâncias orgânicas, os demais materiais que usamos ou com os quais convivemos no dia a dia são todos minerais ou de origem mineral.

Embora sejam substâncias extremamente comuns, estabelecer um conceito claro e preciso de mineral não é uma tarefa fácil. Abaixo estão listadas algumas das muitas definições já propostas:

- ✓ Mineral é um sólido homogêneo natural, inorgânico, com uma composição química definida e um arranjo atômico ordenado (Mason et al. 1968);
- ✓ Mineral é um corpo produzido por processos de natureza inorgânica, tendo usualmente uma composição química definida e, se formado sob condições favoráveis, uma certa estrutura atômica característica, a qual está expressa em sua forma cristalina e outras propriedades físicas (Dana & Ford, 1932);
- ✓ Minerais são substâncias inorgânicas naturais, com uma composição química e propriedades físicas definidas e previsíveis (O. Donoghue, 1990);

## CAPÍTULO III

---

- ✓ Minerais podem ser distinguidos uns dos outros pelas características individuais que são uma função direta dos tipos de átomos que eles contém e dos arranjos que estes átomos fazem no seu interior (Sinkankas, 1996);
- ✓ Mineral é um composto químico que é normalmente cristalino e que foi formado como resultado de processos geológicos. (Nickel, 1995);

O conceito mais aceito, e que utilizaremos neste trabalho é o de Klein & Hurlbut (1999): um mineral é um sólido, homogêneo, natural, com uma composição química definida (mas geralmente não fixa) e um arranjo atômico altamente ordenado. É geralmente formado por processos inorgânicos.

Segundo Mesquita,(2002), as dimensões dos grãos minerais em rochas para fins ornamentais merecem especial atenção, pois se trata de um parâmetros que pode influir nas propriedades físicas e na alterabilidade. A granulometria mais fina, ao aumentar a superfície específica, pode favorecer, por exemplo, a decomposição da rocha, sobretudo em ambientes mais agressivos, como em grandes centros urbanos com a ocorrência de chuva ácida, ou mesmo pelo uso continuado de produtos de limpeza.

Ainda segundo esse autor, com relação ao tamanho relativo dos cristais nas rochas as mesmas podem ser classificadas em:

- ✓ **Equigranular:** rochas com grãos minerais de mesmo tamanho ou com tamanhos variando dentro de uma faixa estreita;
- ✓ **Inequigranular:** rochas com grãos minerais que apresentam diferenças de tamanho de até 1:10, sem que os grãos maiores sobressaiam em relação aos menores;

## CAPÍTULO III

---

- ✓ **Porfírica:** rochas com megacristais de dimensões pelo menos cinco vezes superior à média dos grãos da matriz, sobressaindo-se nitidamente em relação às dimensões destes.

Os seguintes parâmetros foram considerados para a caracterização da granulação das rochas estudadas:

- ✓ **Fina:** diâmetro médio predominante dos cristais inferior a 1,0 mm;
- ✓ **Média-fina:** diâmetro médio predominante dos cristais entre 1 e menos de 3 mm;
- ✓ **Média:** diâmetro médio predominante dos cristais entre 3 e menos de 7 mm;
- ✓ **Média-grossa:** diâmetro médio predominante dos cristais entre 7 e 10 mm;
- ✓ **Grossa:** diâmetro médio predominante dos cristais superior a 10 mm.

A tabela 3.1 ,a seguir, apresenta a constituição mineralógica média dos materiais pétreos coletados na etapa de campo junto aos revestimentos externos de edificações localizadas na região litorânea do Recife, bairro de Boa Viagem.

## CAPÍTULO III

Tabela 3.1 - Composição mineralógica das placas pétreas em estudo, localizadas em Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Minerais		Carbonáticos		Silicáticos				
		Bege Bahia	Mármore Branco	Arabesco	Amarelo Florêça	Vermelho Ventura	Marrom Imperial	Verde Meruoca
Quartzo				30	27	38	2	40
Feldspato	Plagioclásio			25	35	25	8	
K-Feldspato				25	18	25	75	40
Biotita				18	15	10	2	5
Granada				2	5	2		
Acessórios		3	2				1	
Anfibólio							12	15
Calcita		97	98					

A tabela 3.1 mostra que as rochas carbonáticas utilizadas na região são de composição calcítica. Já as rochas silicáticas encontradas nas edificações possuem como característica uma composição a base de quartzo, feldspatos e mica, com grande participação do mineral quartzo, a exceção do Granito Marrom Imperial. A presença do mineral biotita também é expressiva nas rochas coletadas, excluídos os granitos Marrom Imperial e Verde Meruoca Clássico. A presença da biotita (mica) pode ser considerada prejudicial à integridade da rocha, aumentando a probabilidade de ocorrência de processos patológicos físicos, em função de sua menor resistência mecânica, fruto do seu modo de cristalização (em lamelas paralelas); também sua composição mineralógica sugere possibilidade de alteração face à presença da água que induz a oxidação do ferro.

### 3.3.4. Índice de brilho

O método usado para a medição da intensidade de brilho, neste trabalho, foi a medição direta da reflectância das placas pétreas com o auxílio de um medidor de brilho.

O equipamento utilizado para as medições foi um medidor de brilho fabricado pela Sanwa Kenma, modelo IG -330- Gloss Checker, com uma geometria de medição a 60°, ilustrado na figura 3.16.



Figura 3.16: Medidor de Brilho, modelo IG-330-Gloss Checker, Sanwa Kenma

Foram realizadas 30 (trinta) medições de intensidade de brilho em cada uma das várias placas polidas de revestimento em nove edificações selecionadas, na área de estudo, durante o período de inverno (abril, junho e agosto/2007) e verão (setembro, novembro e janeiro). Em cada uma das placas foi demarcada área de 1,0 x 1,0m e feitas as aferições da reflectância, como mostram as figuras 3.14; Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.2 e no gráfico 3.2.

## CAPÍTULO III

---

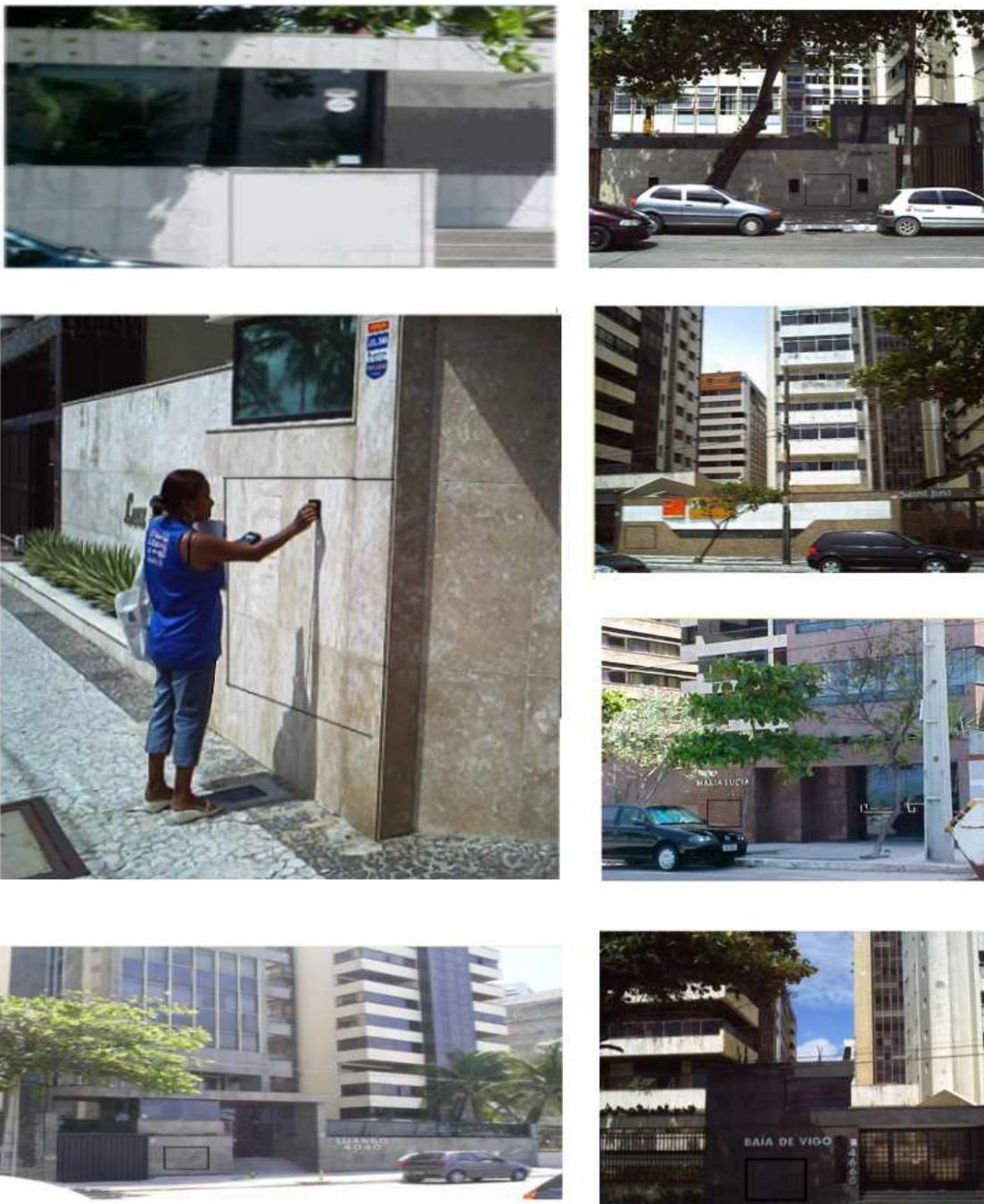


Figura 3.17 - Medição de brilho em placas pétreas polidas em revestimento externo, localizadas na Avenida. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO III

---

Tabela 3.2. Valores de reflectância média dos revestimentos estudados no bairro de Boa Viagem, região litorânea do Recife.

Litotipos	São	5 anos		10 anos		15 anos	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Bege Bahia	52,0	21,3	36,7	36,7	31,5	14,3	14,3
Mármore Branco	59,4	48,8	54,1	54,1	52,3		
Arabesco	65,9	55,7	60,8	60,8	59,1		
Amarelo Florença	65,9	56,2	61,1	61,1	59,4		
Vermelho Ventura	64,3	50,2	57,3	57,3	54,9		
Marr0om Imperial	60,6	50,3	55,5	55,5	53,7		
Verde Meruoca Clássico	54,7	50,2	52,5	52,5	51,7		

### 3.3.5. Análise de Salinidade

A concentração média de sais dissolvidos nos oceanos denomina-se "salinidade" que pode ser definida como: a massa em gramas dos sólidos obtidos a partir de 1 kg de água do mar, quando os sólidos tenham sido secados a 480°C até peso constante, e nessa secagem, a matéria orgânica tenha sido completamente oxidada, os brometos e os iodetos da amostra substituídos por uma quantidade equivalente de cloretos, e os carbonatos convertidos a óxidos (Aminot & Chaussepied, 1983).

Método: Mohn-Knudsen

Está baseado no fato de que há uma relação entre a salinidade e clorinidade (quantidade de cloretos dissolvidos na água do mar), sendo portanto determinado a clorinidade por método volumétrico e calculado a salinidade pela expressão:

$$S = Cl \times 1,80655$$

## CAPÍTULO III

---

Princípio do Método: reação do nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) com os cloretos de água do mar:  $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

Todos os cloretos reagem com o nitrato de prata, formando um precipitado o **AgCl** e a partir da quantidade de nitrato de prata gasto, se calcula a quantidade de cloretos ou a clorinidade, que tem a mesma unidade da salinidade (partes por mil).

Mohn Knudsen criou uma bureta cuja graduação não seria em ml e sim em partes por mil, nos dando diretamente o valor da clorinidade. Para padronizar o método, foi feito em laboratório especializado uma água normal, cujo valor da clarinidade seria 19,374. A partir deste padrão e com algumas correções, podia-se determinar o valor da clorinidade de qualquer amostra da água do mar.

Devido as variações e menores concentrações da salinidade e clorinidade em água estuarina, o método de Mohn-Knudsen foi adaptado, diluindo-se 5 vezes a água normal padrão ( que ficaria com  $19,374/5 = 3,874$  de clorinidade) e a solução de nitrato de prata, passando-se a usar bureta com graduação em mil. A clorinidade é calculada através do volume gasto de nitrato de prata na titulação da amostra x f (fator de correção e conversão), figura 3.18.

## CAPÍTULO III



Figura 3.18 - Equipamento utilizados na análise de salinidade.

Fonte: Laboratório de Oceanografia – UFPE.

### 3.3.6. Análise de pH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade, valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez

## CAPÍTULO III

---

da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

O equipamento utilizado para realização dos ensaios foi o aparelho de bancada Phtek, especialmente desenvolvido para a realização de trabalhos que necessitam controle ou monitoramento do pH, mV e temperatura em laboratório (figura 3.19).



Figura 3.19 - phmêtro digital, utilizado na análise de pH

Fonte: Laboratório de Oceanografia da UFPE

### 3.3.7. Análise do cloreto

De acordo com método titulométrico em que se utiliza nitrato de prata para calcular o quanto de cloreto está disponível na água. O mesmo utilizado na análise do pH da água do mar, enfrente da área de estudo, realizado pelo Laboratório de Oceanografia da UFPE.

### 3.3.8. Análise de eflorescência

O método utilizado para a determinação dos óxidos presentes nas eflorescências foi o da fluorescência de raio-x, realizado pelo laboratório NEG-LABISE (UFPE), descrito de forma sucinta a seguir:

1. Uma porção da amostra é levada a uma estufa a 110°C para eliminação de água de adsorção;
2. Uma porção da amostra seca é levada a uma prensa hidráulica para formar uma pastilha prensada com força de 25 t;
3. Foram analisadas as amostras qualitativamente para elementos pesados e alguns leves, e então semi-quantitativamente, para os elementos detectados na varredura qualitativa;
4. As amostras assim analisadas foram então pesadas e levadas à mufla a 1000°C por 2 horas para a determinação da perda ao fogo, sendo posteriormente recalculados os resultados da análise para 100% para incorporar o resultado da perda ao fogo.
5. Para análise química foi usado um espectrômetro de fluorescência de raio X, Rigaku, modelo RIX 3000, equipado com tubo de Rh.

### 4. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados e discussões de ensaios tecnológicos mostrados a seguir, foram analisados à luz das informações apresentadas anteriormente, enfocando as características intrínsecas dos diferentes materiais estudados e as tendências que possam acrescentar conhecimento ou de importância na alterabilidade dos mesmos.

A identificação das alterações na área de estudo foi realizada em 120 edifícios localizados em Boa Viagem, região litorânea do Recife, onde foram detectadas as seguintes patologias: manchamentos, oxidação, perda de brilho, perda de grãos, eflorescências, descolamento de placas, fissuras, crostas negras, pichações e fungos. e são apresentadas na tabela 4.1.

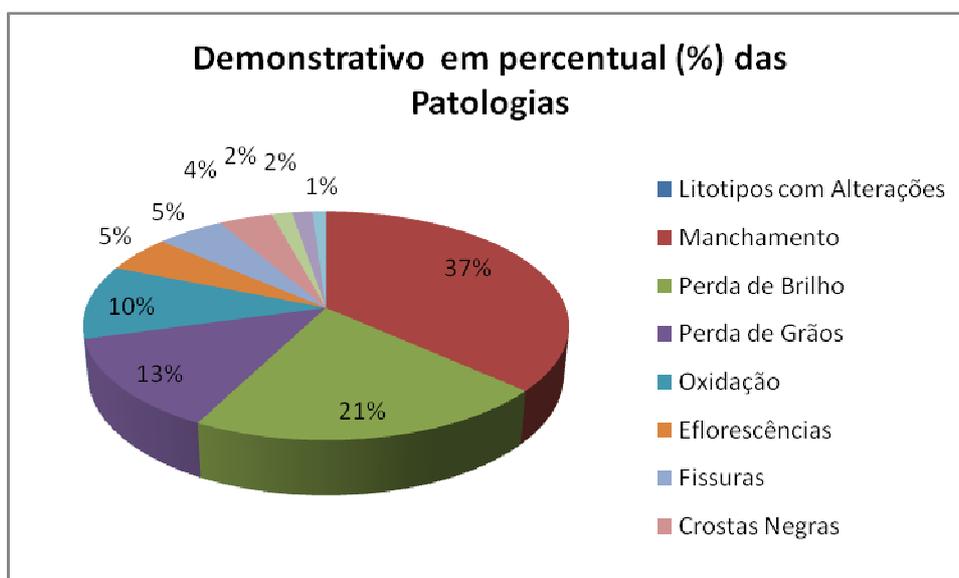


Gráfico 4.1 – Demonstrativo em percentual (%) das patologias observadas nas edificações localizadas na Av. Boa Viagem, região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO IV

---

As amostras coletadas foram designadas pelos nomes comerciais e agrupadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Designações adotadas para as amostras estudadas.

Amostras	Designação	Nome Comercial	Cor Predominante
1	BB	Bege Bahia (Travertino)	Bege
2	MBC	Mármore Branco	Branco
3	ARB	Arabesco	Verde Clara
4	AF	Amarelo Florença	Amarelo
5	VV	Vermelho Ventura	Vermelho
6	MI	Marrom Imperial	Marrom
7	VMC	Verde Meruoca Clássico	Verde

O agrupamento apresentado acima facilita a análise dos dados, ao mesmo tempo em que discrimina comercialmente os diferentes grupos de rochas. Procurou-se neste trabalho, conjugar as generalizações praticadas pelo mercado com o conhecimento científico e tecnológico, de forma a proporcionar a aplicação mais direta dos resultados obtidos.

### 4.1. Características mineralógicas

A composição mineralógica das rochas e suas características texturais e estruturais, aliadas a condicionantes geológicos, definem seu grau de resistência quando submetidas a condições ambientais adversas ou quando atacadas por substâncias agressivas. A alteração ou o grau de alteração de uma rocha é função de fatores intrínsecos, tais como natureza do material, índice de fissura-

## CAPÍTULO IV

mento ou vazios, e de fatores extrínsecos, onde se destacam a temperatura, o potencial de hidrogênio (pH), o potencial de oxidação-redução (Eh), a quantidade de água e as forças bióticas.

Tabela 4.2 – Minerais estudados, localizados em Boa Viagem, região litorânea do Recife

Minerais	Carbonáticos		Silicáticos				
	Bege	Mármore	Arabesco	Amarelo	Vermelho	Marrom	Verde
	Bahia	Branco		Florença	Ventura	Imperial	Meruoca
Quartzo			30	27	38	2	40
Feldspato Plagioclásio			25	35	25	8	
K-Feldspato			25	18	25	75	40
Biotita			18	15	10	2	5
Granada			2	5	2		
Acessórios	3	2				1	
Anfibólio						12	15
Calcita	97	98					

### 4.2. Características petrográficas

A análise petrográfica enfocou principalmente a identificação, quantificação e determinação das inter-relações dos minerais essenciais, observação e descrição das feições julgadas, a priori, condicionadoras da degradação e também a presença de minerais potencialmente instáveis.

## CAPÍTULO IV

---

Os ensaios das amostras *in natura* foram correlacionados com os aspectos mineralógicos, texturais e estruturais desses materiais, visando melhor entendimento do comportamento físico-mecânico apresentado por eles diante do processo de alteração.

### 4.2.1. Evidências petrográficas do intemperismo

Em condições naturais, todas as rochas de superfície ou de subsuperfície ou seja, em profundidades ainda sob influência térmica da insolação, apresentam alterações supergênicas. Dentre estas, se alinham aquelas de efeito físico assim como as de origem química.

As alterações de efeito físico resultam dos diferenciados coeficientes de dilatação que apresentam os vários minerais constituintes das rochas. A atuação que tem longa duração diuturna da variação de temperatura resulta em ininterrupto processo de dilatação-contração-dilatação criando tensões nas estruturas cristalográficas, esforços estes que resultam em microfissuramentos (figuras 4.1 e 4.2). A intensidade deste fenômeno é proporcional à exposição da rocha à insolação e quanto maiores forem os contrastes térmicos diurnos. Tal processo está nos primórdios da “arenização” de rochas e, inevitavelmente, não deixa de ser exercido em placas lustradas, particularmente aquelas que compõem fachadas.

## CAPÍTULO IV

---

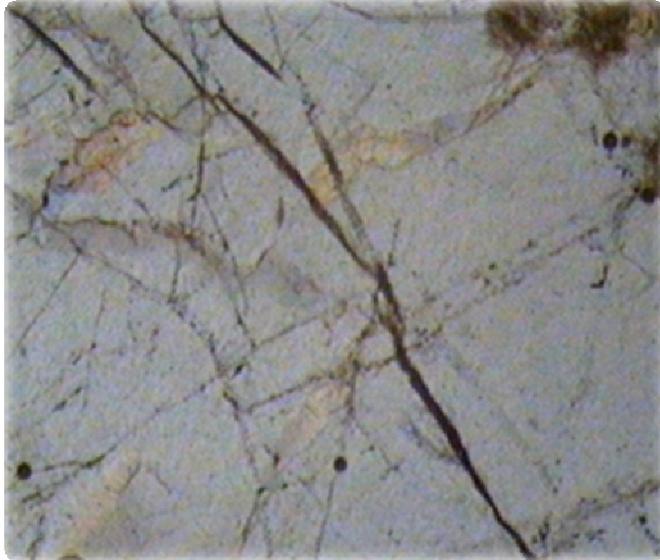


Figura 4.1 - Microfissuramentos internos de causa supergênica em feldspato de rocha ornamental (Granito Arabesco) relativamente são. Notar a irregularidade do traçado das fissuras, a pouca geração de preenchimento secundário em fissuras, e a superfície mais ou menos “limpa” do mineral (feldspato). LN/80x.



Figura 4.2 - Superfície “lisa” e pouco fissurada de feldspato do Granito Amarelo Florença, em condições de produto são (poucas evidências de alteração supergênica). LN/80x.



## CAPÍTULO IV

---

Como se pode observar nesta reação teórica, a hidrólise produz a liberação de cátions e  $\text{OH}^-$  do mineral primário (ortoclásio), e geração de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  e aluminosilicato secundário (argilomineral, no exemplo, caulinita). No caso particular de um aluminosilicato férrico primário, o  $\text{Fe}^{++}$  é liberado e oxidado, passando a  $\text{Fe}^{+++}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  = hematita), ou reage com o  $\text{OH}^-$  disponibilizado, passando a goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), ou termina por se combinar com ânions disponíveis no meio natural formando, sobretudo, sais solúveis como os cloretos de Fe.

Considerando-se que óxidos e hidróxidos de Fe são os principais produtos secundários gerados pela hidrólise de aluminosilicatos férricos frequentemente presentes em rochas ornamentais, isso resulta no preenchimento secundário de fissuras e cavidades das superfícies lustradas. Portanto, trata-se de uma geração “*in situ*”, sob influência intempérica, inevitável e mais influente em decorações externas. Esse fenômeno está na origem da criação de “resíduos” ou incrustações, que podem ser eventualmente lixiviados pelas chuvas (caso de fachadas), mas que, normalmente, com processos de limpeza simples (lavagem) costumam ser irreversíveis.

A recristalização de minerais de Fe, alocando-se em fissuras, termina por provocar o alargamento destes espaços físicos exibindo, geralmente, na observação petrográfica, um aspecto amorfo e tons acastanhados (figuras 4.3 e 4.4). Em outros casos, formam-se filetes de escorrimento ou “pátinas”, férricos (figura 4.5), de desagradável efeito estético e de remoção praticamente inviável, considerando-se a placa aplicada na fachada.

## CAPÍTULO IV

---



Figura 4.4 - Superfície “rugosa” com microfissuramentos difusos (alguns com preenchimento em óxidos/hidróxidos de Fe) em textura do Granito Amarelo Florença alterado. Notar o aspecto “sujo” da superfície polida. LN/80x.



Figura 4.5 - Aspecto de fachada com revestimento de “Bege Bahia”, com 15 anos de exposição. Notar a segregação secundária (detalhe) resultante da mobilização e reprecipitação de Fe sob influência intempérica.

## CAPÍTULO IV

---

O aspecto especular de placas recentemente lustradas costuma mascarar a existência de micro-cavidades em observação a olho nu, embora a percepção possa ser melhorada fazendo-se incidência da luminosidade em ângulo raso. Esse artifício permite verificar pequenas cavidades resultantes de minerais “arrancados” da textura da rocha pela abrasão, durante o lustro das chapas. Micro-cavidades também podem ser percebidas a partir de espaços entre cristais, que são intra-texturais, e também em ranhuras e cavidades de estilhaçamento provocadas por abrasivos mais grossos nas superfícies dos minerais, particularmente no caso de feldspatos. Todos esses espaços físicos são propícios à acumulação de produtos diversos, mineralogicamente quase sempre amorfos e foscos, e de baixa reflectividade.

A multiplicidade e a intensidade dessas micro-cavidades preenchidas com material amorfo, obviamente não-lustrado, produzem na simples visualização um aspecto de opacidade ou, tecnicamente, perda de reflectância. Igualmente, o gradual processo de hidrólise atuante sobre toda a extensão superficial das placas “corrói” o lustro, produzindo a perda de especularidade. Em escala de microscopia óptica (40 X), esse fenômeno é indicado pelo aspecto “rugoso e sujo” da superfície de feldspatos (figura 4.4), que já pode ser constatado em placas lustradas com 5 anos de exposição à ação do intemperismo. Esta feição é nitidamente diferenciada do aspecto “liso” da superfície recentemente lustrada de um feldspato similar (figuras 4.1 e 4.2).

Placas oriundas de chapas lustradas de “granitos” provenientes de matacões, ou de pedreiras rasas, especialmente sob condições de clima tropical, já podem apresentar sinais de intemperismo desde a oferta do produto para comercialização (figura 4.6).

## CAPÍTULO IV

---

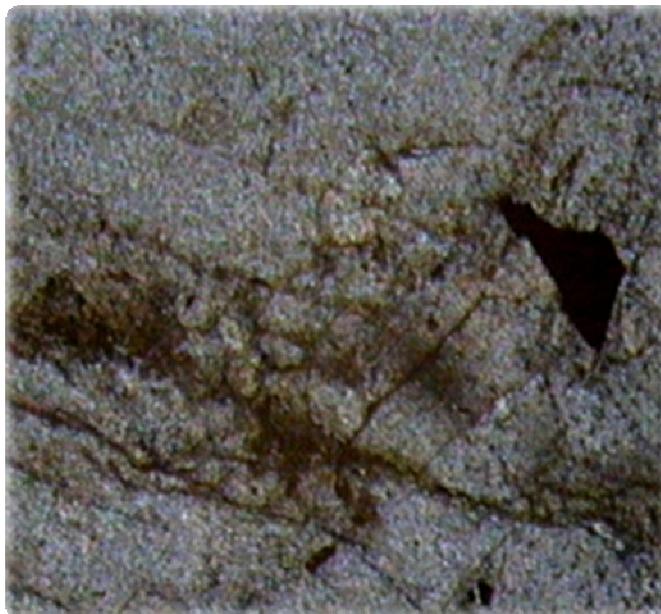


Figura 4.6 - Superfície “rugosa” com microfissuramentos (com preenchimento em óxidos/hidróxidos de Fe) em textura do “Granito” Imperial Brown (Marrom Imperial), procedente de pedreira rasa, sob clima tropical, dito “são”. Notar o aspecto “sujo” da superfície polida. LN/80x.

No caso particular de calcários cristalinos (mármore) e, inclusive, do produto comercial “Travertino” ou “Bege Bahia”, os problemas de preservação do lustro e da vulnerabilidade ao intemperismo estão vinculados primariamente à composição mineralógica destas rochas. Com efeito, como a calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e/ou dolomita ( $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$ ) são seus minerais dominantes, a vulnerabilidade das suas placas se manifesta tanto no domínio físico quanto no químico. No primeiro caso, em decorrência da baixa dureza dos seus minerais carbonáticos (na escala de Mohr: 3 para a calcita, e em torno de 3,5 para a dolomita), o que recomenda a não destinação dos seus produtos lustrados para áreas de pisoteio, pela razão óbvia de baixas resistências à abrasão. No segundo caso, a vulnerabilidade resulta da forte reatividade com produtos ácidos, o que conduz, ao cabo de 5 a 15 anos, à perda acentuada do lustro.

Apesar da contumaz aplicação desses produtos em fachadas, essa seria a recomendação menos técnica para um tipo de material de revestimento externo. O

## CAPÍTULO IV

---

litotipo “bege Bahia” é, na realidade, uma rocha sedimentar: calcário algálico (ou travertino), micrítico, com nucleações constituídas de gromérulos (figura 4.7) oriundos da fragmentação e retrabalhamento hidrodinâmico dos tapetes algálicos, com focos irregulares de recristalização, disseminação difusa ou pontual de óxidos de Fe e, freqüentemente, cavidades cársticas.

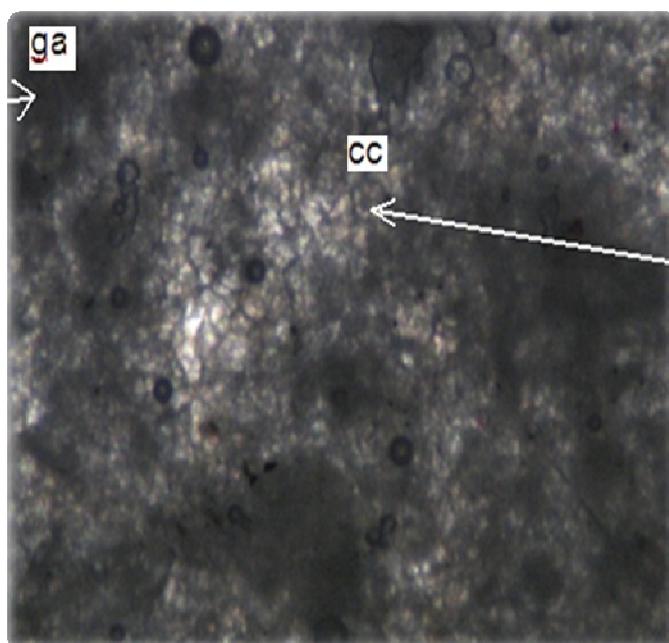


Figura 4.7 - Aspecto petrográfico geral do calcário travertínico “Bege Bahia”, observando-se gromérulos algálicos (ga) imersos em cimento carbonático (cc). Lâmina petrográfica de rocha sã, LN/80x.

A textura micrítica da rocha se mantém mais ou menos íntegra com o intemperismo, porém com nítido aspecto “rugoso e sujo” ao longo dos anos de exposição das placas em fachadas (Figura 4.8). A remobilização do Fe produz nucleações localizadas, cada vez mais freqüentes e expandidas com o passar dos anos, e termina por formar filetes de escorrimento da reprecipitação de óxidos de Fe, perfeitamente visíveis a olho nu e até mesmo à distância (rever figura 4.5).

## CAPÍTULO IV

---

Dependendo da intensidade dos agentes intempéricos (chuvas ácidas, por exemplo) as placas podem perder quase totalmente a reflectância, ao cabo de 15 anos (figura 4.8).

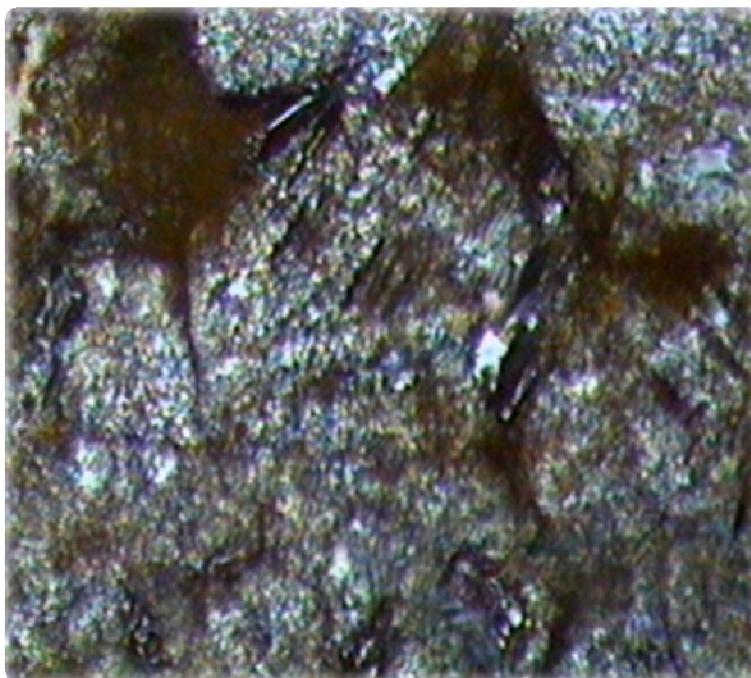


Figura 4.8 - Superfície de núcleo de recristalização do "Bege Bahia", em placa com 10 anos de exposição ao intemperismo. Notar o aspecto notoriamente "sujo" dessa superfície quando comparado com as condições originais de lustro (figura 4.7). LN/80x.

## CAPÍTULO IV

---

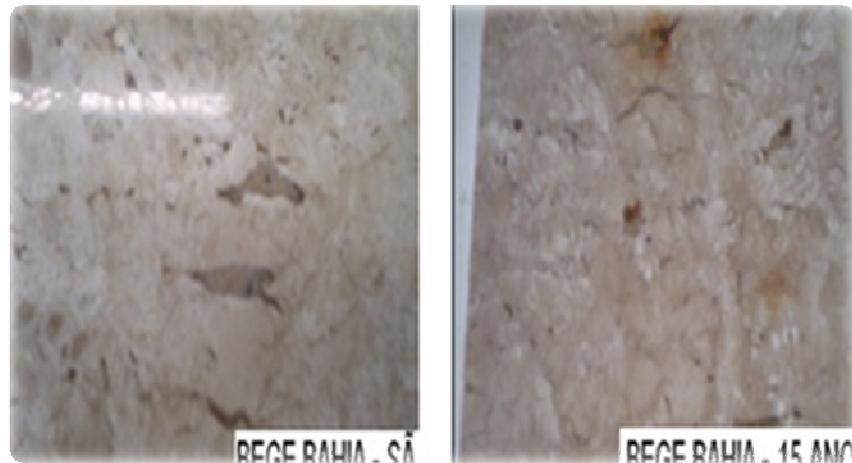


Figura 4.9 - Aspecto comparado de placa de “Bege Bahia” recém-polida em relação a placa de mesma rocha ornamental com 15 anos de exposição ao intemperismo. Notar a segregação de óxidos de Fe na placa intemperizada.

Placas de rochas ornamentais aplicadas em fachadas sofrem inevitavelmente os efeitos do intemperismo, particularmente da contaminação atmosférica (por exemplo: gases corrosivos da combustão de derivados de petróleo) e do *spray* marinho (maresia). Trata-se de um fenômeno previsível e inevitável ao cabo de alguns anos, dependendo da intensidade de interferência dos fatores intempéricos, os quais contribuem para a perda de reflectância. Óbviamente, placas de “mármore” são ainda mais vulneráveis (figuras 4.10 e 4.11) que as de “granitos” para a aplicação em fachadas.

## CAPÍTULO IV

---

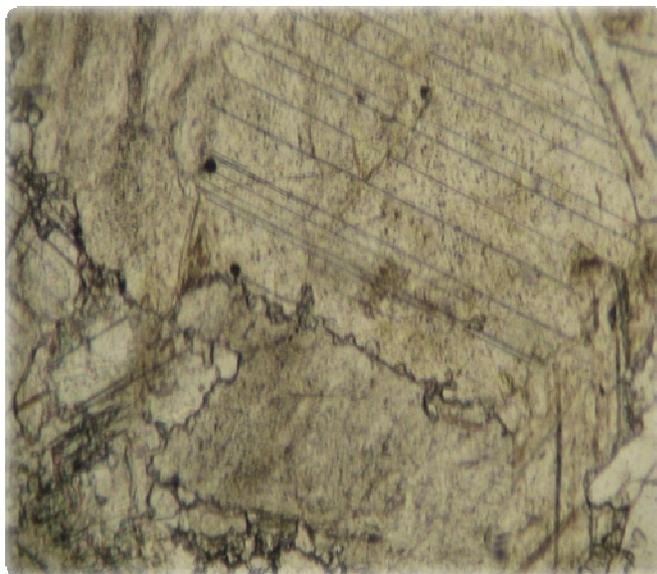


Figura 4.10 - Aspecto petrográfico de superfície de calcário cristalino (mármore) recentemente lustrado, de pedreira em clima semi-árido. Notar a limpidez geral dessas superfícies e a quase inexistência de preenchimentos (em óxidos de Fe) das clivagens dos minerais (calcita). LN/80 x.



Figura 4.11 - Aspecto petrográfico da superfície de mármore branco, de placa exposta ao intemperismo durante 5 anos. Notar o preenchimento de clivagens da calcita (óxidos de Fe e/ou particulados finos em geral), e a perda de reflectância da superfície, comparada com a figura 4.10. LN/80x.

### 4.3. Propriedades físicas

As massas específicas seca e saturada, porosidade e absorção d'água aparentes forneceram informações valiosas das propriedades físicas das rochas em estudo. As propriedades físicas do material rochoso são fundamentais no estudo de rochas ornamentais e de revestimento, pois têm influência em outros parâmetros como a resistência à compressão, resistência à flexão, absorção d'água por capilaridade, alterabilidade e manchamento entre outros. São considerados índices físicos a massa específica aparente seca ( $\text{g/cm}^3$ ), massa específica aparente saturada ( $\text{g/cm}^3$ ), porosidade aparente (%) e absorção d'água aparente (%), que permitem avaliar indiretamente o estado de alteração e de coesão das rochas. O procedimento laboratorial para determiná-los segue a norma NBR 12.766 da ABNT (1992a).

O gráfico 4.2, a seguir, resume os resultados dos ensaios de determinação dos índices físicos para as amostras coletadas na área de estudo, mostrando a variação desses parâmetros para diferentes anos de aplicação das placas pétreas.

## CAPÍTULO IV

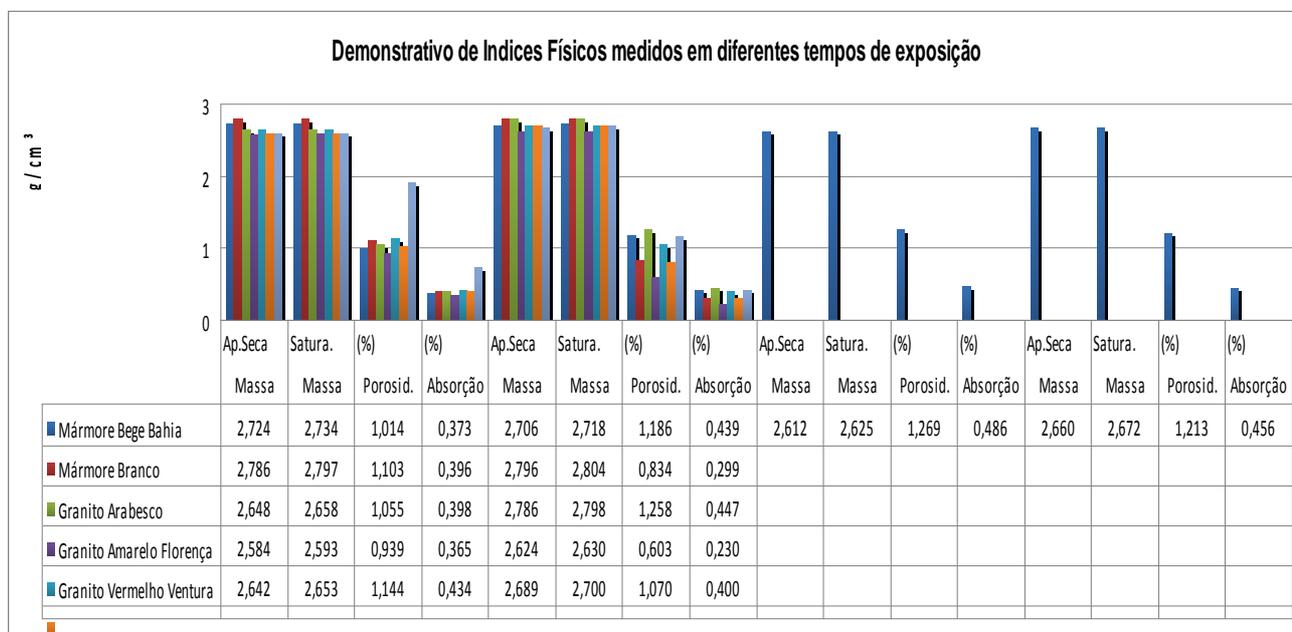


Gráfico 4.2. Valores médios dos índices físicos dos mármore e granitos estudados

## CAPÍTULO IV

### 4.3.1. Massa específica aparente ( $\text{g/cm}^3$ )

A massa específica aparente, é uma propriedade do material rochoso que depende tanto de sua rede de poros abertos como fechados. Assim a massa específica absoluta refere-se ao volume de material sólido, excluídos todos os poros, e pode, portanto, ser definida como a relação da massa específica aparente pelo volume total do sólido, incluídos os poros fechados, mas não os capilares.

Os grupos rochosos mais comuns possuem valores de massa específica aparente entre 2,6 e 2,8  $\text{g/cm}^3$ . O efeito da água contida nos poros ou cavidades rochosas reflete-se em todas as propriedades físico-mecânicas, uma vez que a densidade da água é muito maior que a do ar. Isso faz aumentar a densidade aparente da rocha, mesmo sem qualquer alteração estrutural (gráficos 4.3 e 4.4).

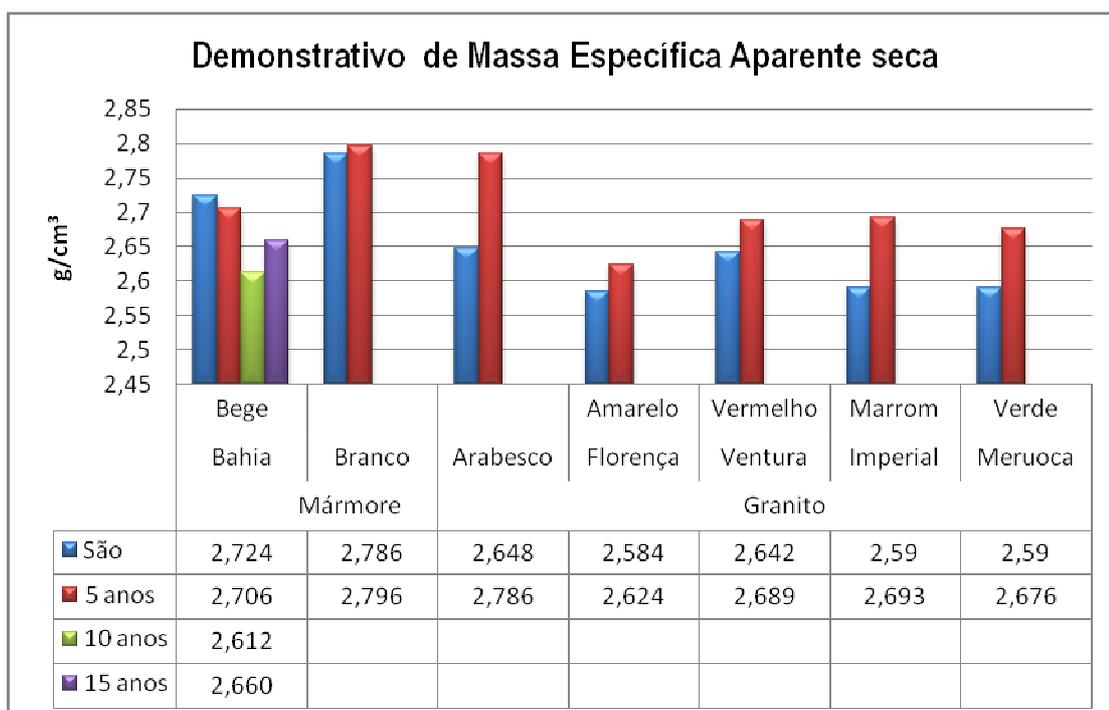


Gráfico 4.3 - Valores médios de massa específica aparente seca dos mármore e granitos estudados

## CAPÍTULO IV

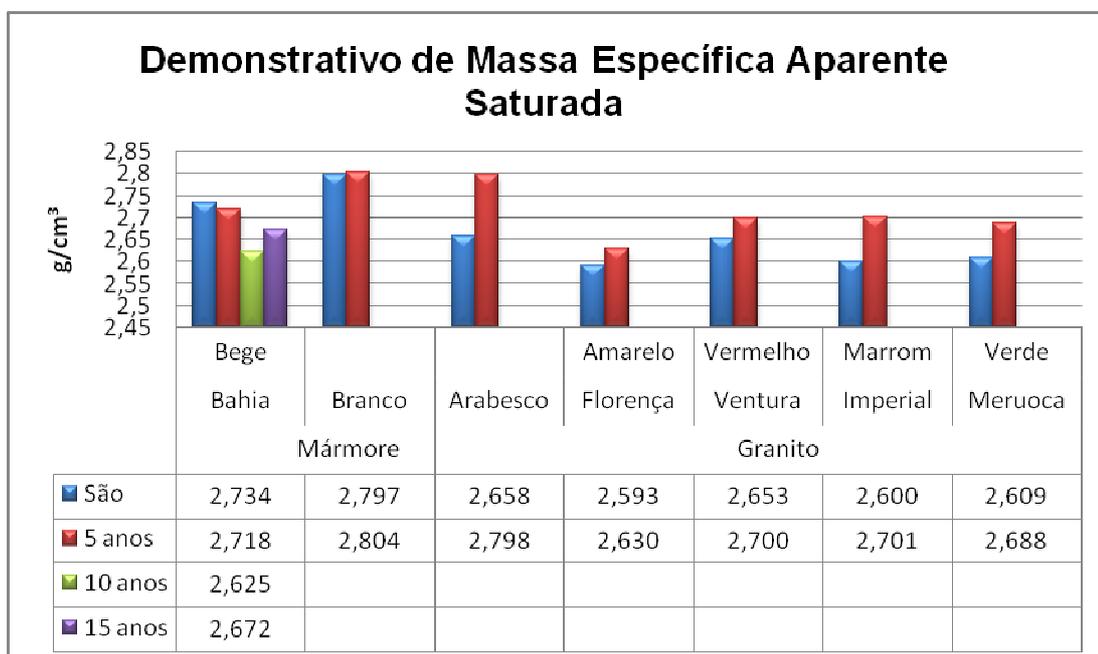


Gráfico 4.4 - Valores médios de massa específica aparente saturada dos mármore e granitos estudados

Os valores de massa específica aparente seca e saturada de todas as rochas estudadas apresentam “valores” acima daqueles especificados pela ASTM e por Frazão & Farjallat. Os valores dos pesos específicos colaboram para o cálculo da carga estrutural principalmente em edifícios de grande altura.

### 4.3.2. Porosidade aparente (%)

A porosidade é expressa pela relação entre o volume total de poros (espaços vazios) e o volume da amostra de rocha analisada. É nitidamente correlacionável com a resistência mecânica da rocha, com o grau de alteração e compactação e com o estado microfissural dos minerais. Trata-se de um parâmetro muito significativo por sua influência nas demais propriedades físicas, na reatividade química, na durabilidade e qualidade do material.

## CAPÍTULO IV

Fitzner (1993), acrescenta que, quanto as características do espaço poroso, devem ser considerados não somente o volume ocupado pelos vazios, mas também a dimensão, forma, superfície e distribuição dos mesmos. As características citadas anteriormente permitem, entre outros aspectos, conhecer o transporte das fases líquidas e gasosas na rocha, a formação de minerais secundários no espaço poroso (principalmente sais) e até mesmo quantificar o grau de alteração. O gráfico 4.5 apresenta o valores médios obtidos da determinação da porosidade das rochas ensaiadas.

Os valores obtidos indicam que a maior parte das rochas apresentam valores de porosidade mais elevados que aqueles indicados por Frazão & Farjallat (1995). Este fato denota que estes materiais apresentam restrição quanto ao uso: não devem ser usados em locais úmidos e/ou externos.

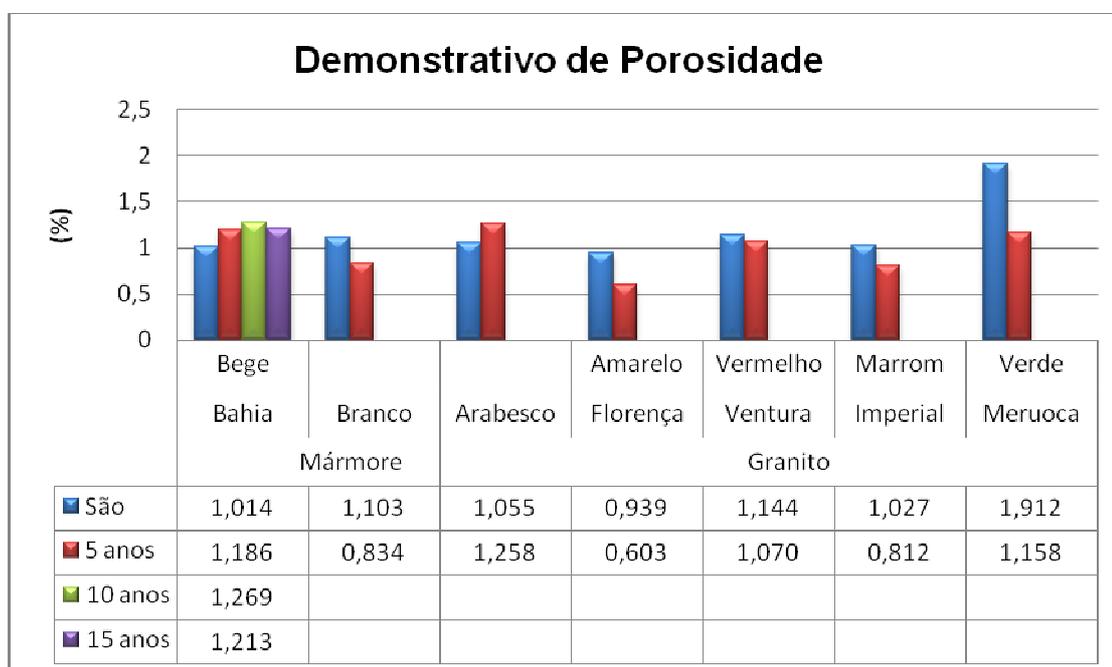


Gráfico 4.5- Valores Médios de Porosidade dos Mármore e Granitos Estudados

### 4.3.3. Absorção d'água (%)

O processo de absorção de água é importante pra compreender a dinâmica de saturação em meio poroso e a influência dos parâmetros estruturais sobre a evolução da cinética de absorção.

Em se tratando de materiais naturais, como é o caso dos mármore e granitos, em que o conhecimento das características físicas é fundamental para uma boa aplicação, este ensaio constitui importante passo para prevenir alterações (patologias) ou problemas estruturais que possam surgir em diferentes tipos de rochas utilizadas como material de revestimento. A prevenção e os cuidados para minimizar a absorção d'água em placas graníticas inibem alterações (patologias) de caráter tanto estético como estrutural, pois com um maior acúmulo de água, a capacidade de resistência física e mecânica a rocha tende da diminuir (gráfico 4.6).

Os valores do coeficiente de absorção, à exceção daquele referente ao Granito Verde Meruoca Clássico, são próximos àquele considerado limite por Frazão & Farjallat. Valores abaixo de 0,40% indicam que esses litotipos podem ser aplicados, sem restrição, em áreas externas. Quanto àqueles que apresentam índices de absorção maiores que 0,40%, os usos devem ser restritos à ambientes de pouca agressividade continua. O verde Meruoca Clássico apresenta coeficiente de absorção elevado. Este alto índice é explicado pela sua composição mineralógica onde o quartzo apresenta maior teor. Sendo a fratura propriedade intrínseca desse mineral, este se apresenta microfissurado o que possibilita maior absorção de fluídos e porosidade.

## CAPÍTULO IV

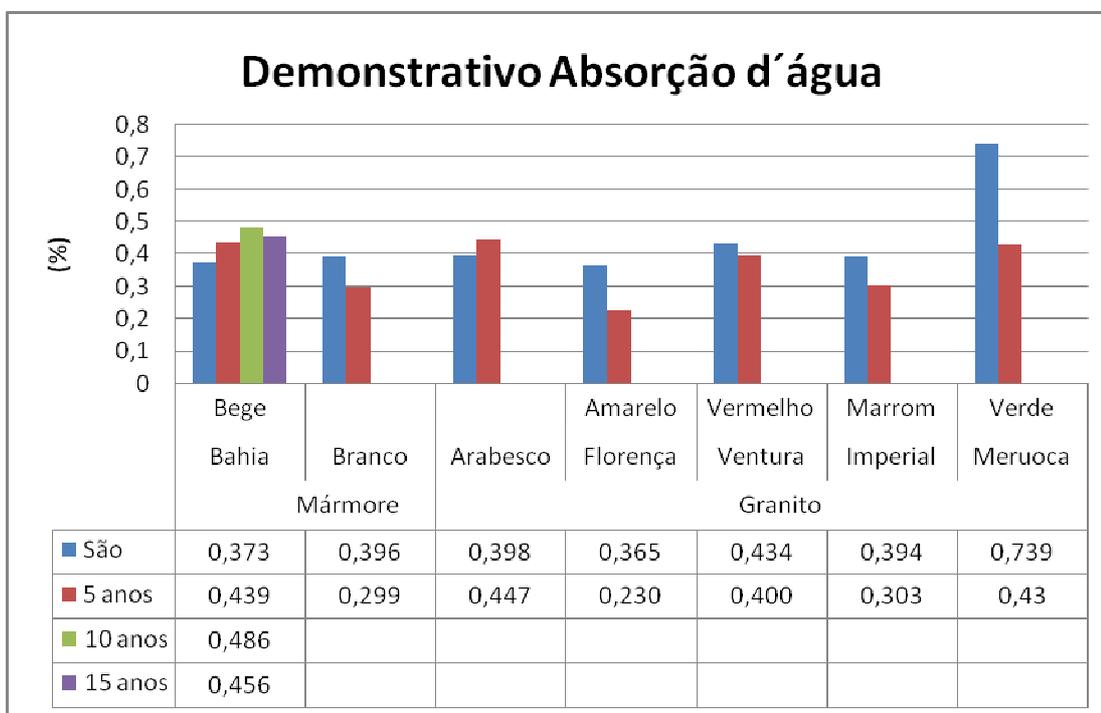


Gráfico 4.6 – Valores médios de absorção d'água dos mármore e granitos estudados

A análise conjunta dos resultados em relação à massa específica aparente, porosidade e absorção d'água indicam que os sete litotipos estudados apresentam qualidades superiores à média das melhores rochas brasileira, conforme valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995). Quando comparados aos dados da literatura (tabela 4.4), os litotipos (mármore/granitos) estudados possuem massa específica um pouco abaixo dos valores especificados para rochas graníticas.

## CAPÍTULO IV

---

Tabela 4.3 – Massa específica aparente de diversos grupos de rochas.

Fonte: Neville (1997)

Grupo de Rochas	Massa Especifica g/cm <sup>3</sup>	Variação
Basalto	2,80	2,6 - 3,0
Silex	2,54	2,4 - 2,6
Granito	2,69	2,6 - 3,0
Arenito	2,69	2,6 - 2,9
Hornfels	2,82	2,7 - 3,0
Calcário	2,66	2,5 - 2,8
Quartzito	2,62	2,6 - 2,7

Os valores médios determinados para massa específica aparente seca exibiram variação entre 2,786 g/cm<sup>3</sup> e 2,590 g/cm<sup>3</sup> para rochas sãs. Para as rochas alteradas os valores variaram entre 2,796 g/cm<sup>3</sup> e 2,624 g/cm<sup>3</sup> da massa específica aparente seca.

A massa específica aparente saturada varou entre 2,797 g/cm<sup>3</sup> e 2,593 g/cm<sup>3</sup> para rochas sãs e entre 2,804 g/cm<sup>3</sup> e 2,630 g/cm<sup>3</sup> para as rochas alteradas.

A porosidade máxima para as rochas sãs é 1,912% e 0,939%, para aquelas alteradas entre 1,186% e 0,603% foi de 0,365%. O menor valor de porosidade foi de 0,365% para rochas sãs e 0,230% para rochas alteradas.

A absorção aparente de água mostrou valores que variam entre 0,739% e 0,365% para rochas sãs e entre 0,447% e 0,230% para rochas alteradas. Todas as rochas ensaiadas mostraram uma diminuição nos valores de absorção de água o que pode indicar um processo de deposição de sais ou óxidos de ferro nas fissuras e no espaço poroso das rochas.

## CAPÍTULO IV

Na tabela 4.5 são apresentados os valores para os índices físicos propostos pelas normas técnicas ASTM, IPT e pelo grupo de rochas ornamentais do DEMINAS/CTG/UFPE.

Tabela 4.4- Valores sugeridos para valores dos ensaios tecnológicos de rochas ornamentais

<b>GRANITO</b>	<b>Densidade</b>	<b>Porosidade</b>	<b>Absorção</b>	<b>Desgaste</b>	<b>Impacto</b>	<b>Compressão</b>	<b>Flexão</b>
<b>Valores Limite</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm/1000m)</b>	<b>(m)</b>	<b>Simples ( Mpa)</b>	<b>(Mpa)</b>
Mínimo	2,5	≤ 0,05 s/restrições	≤ 0,02 s/restrições	≤ 0,35 alto pisoteio	≤ 0,25 s/restrições	≤ 50 baixa resistência	≤ 7,5 baixa resistência
Médio	2,65	0,7 (s/restrições)	0,25 (c/trat.superf.)	0,7 (pisoteio médio)	0,5 (quebradiço)	150 (média resistência)	20 ≥ 1,15
Máximo	3,5	≥ 2,95 (c/restrições)	≥ 1,15 (severas restrições)	≥ 2,05 alto pisoteio	≥ 1,00 s/restrições	≥ 320 baixa resistência	≥ 50 baixa resistência
Norma ASTM	≥ 2,500		≥ 0,40			≥ 131	≥ 8,27
C-615-92	(C 97)	s/especificação	(C 97)	s/especificação	s/especificação	(C 170)	(C 880)
DEMINAS/UFPE	≥ 2,500	≤ 0,70	≤ 0,25	≤ 0,70	≥ 0,40	≥ 80	≥ 10
IPT							
Frazão,1995	≥ 2,550	≤ 1,00	≤ 0,40	≤ 1,00	≥ 0,40	≥ 100	≥ 10

### 4.4. Intensidade de brilho

A refletância ou o brilho é uma das características estéticas mais importantes da rocha ornamental. A perda total ou a redução do brilho, provocadas por processos físicos e químicos durante a vida útil da rocha, é um indicativo de patologia.

Os parâmetros que mais influem na capacidade de uma determinada superfície de rocha polida refletir a luz são:

- Irregularidades de superfície: tais feições podem refletir a luz incidente em diferentes ângulos gerando uma diminuição no brilho da superfície;
- Propriedades do material rochoso: mineralogia, proporção relativa e tamanho dos cristais, direção de corte em relação à orientação dos cristais e preenchimentos de macro e micro descontinuidades. O brilho de uma superfície de rocha polida também é função da diafaneidade dos cristais, visto que os mesmos, muitas vezes, refratam a luz incidente diminuindo assim, a quantidade de luz refletida.

#### 4.4.1. Resultados de reflectância obtidos no levantamento de campo

Para Cayless & Marseden (1991), o brilho de uma superfície pode ser definido como sendo a razão entre a intensidade de luz incidente e a intensidade de luz refletida. Valores de brilho medidos nas várias edificações estudadas.

## CAPÍTULO IV

Analisando os valores constantes do gráfico 4.6, verifica-se que as variações mais significativas ocorreram no mármore Bege Bahia (Travertino). No intervalo de 0 a 5 anos de exposição, a perda de brilho foi a mais importante. Este fato pode ser observado mais claramente através da representação de barras do gráfico 4.7.

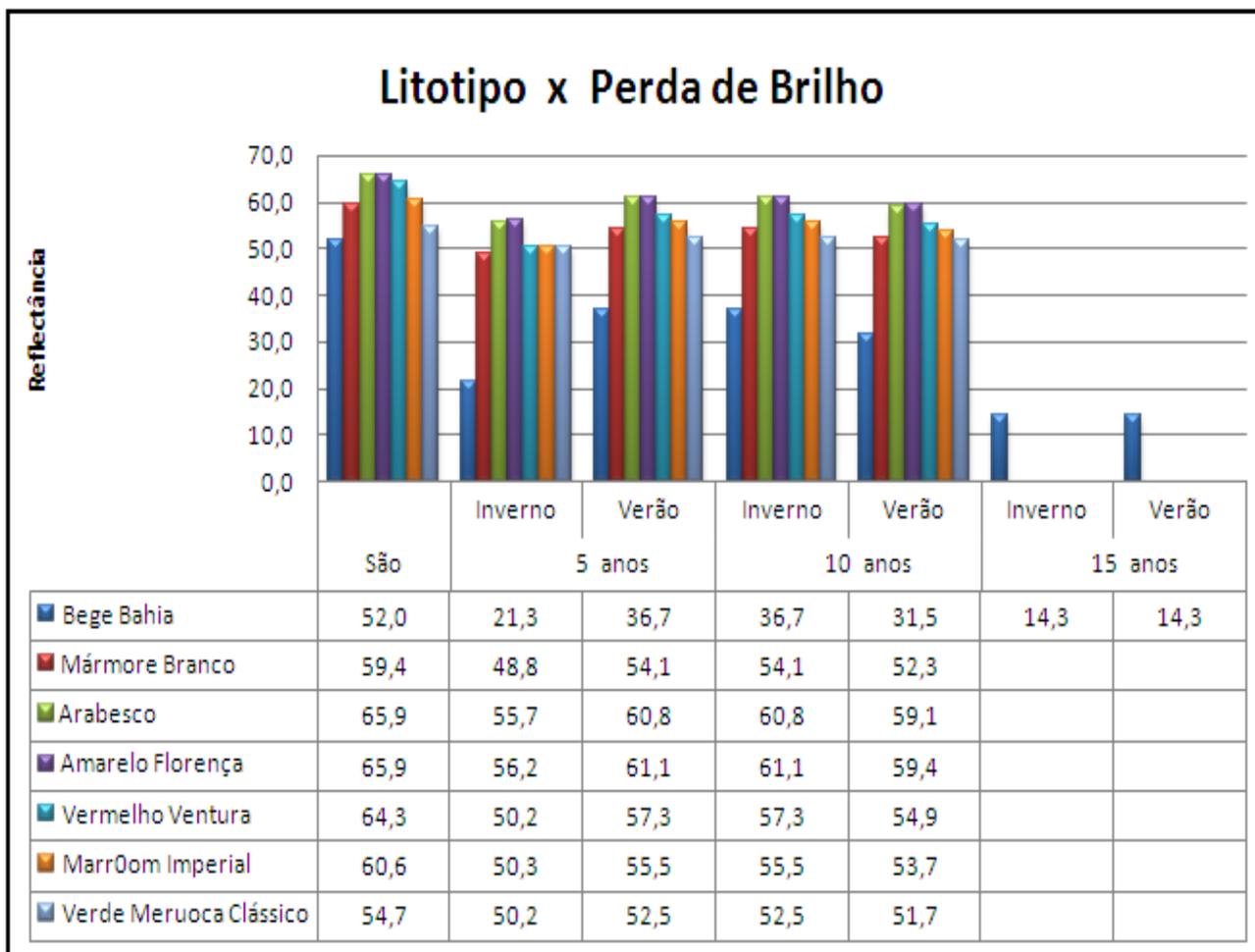


Gráfico 4.7– Intensidade de brilho, nas edificações localizadas em Boa Viagem, região litorânea do Recife.

## CAPÍTULO IV

---

Em cinco anos de aplicação em revestimento externo, o mármore Bege Bahia (Travertino) teve decaimento do brilho da ordem de 70%. Observa-se que, a partir dessa idade, a taxa de perda de brilho diminui e conserva esta tendência ao longo do tempo. A partir dos 10 anos, não há praticamente diminuição do brilho desses materiais. Em ambiente de atuação intensa dos agentes intempéricos (chuvas ácidas, spray marinho) e produtos de limpeza agressivos, o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), constituinte do “Bege Bahia”, é solubilizado formando cavidades nas superfícies das placas de revestimento; os óxidos de Fe também se precipitam nestes espaços e, nas condições ambientais vigentes, tornam-se estáveis. Desta forma, as placas perdem 70% do lustro original pela formação de superfície irregular (dissolução da calcita) e preenchimento das cavidades por material opaco (óxidos de Fe).

O Mármore Branco, em estado são, mostra uma intensidade de brilho (59,4) cerca de 13% superior ao Bege Bahia (52,0). Contudo, depois de aplicado como revestimento externo, a variação do seu brilho é bem menor que a do Bege Bahia.

Com relação aos litotipos graníticos estudados, constata-se que a perda de brilho tem variação em torno de 20% nos cinco primeiros anos do revestimento.

O granito Verde Meruoca Clássico apresenta, inicialmente, brilho inferior às demais rochas silicáticas (54,7), entretanto a taxa de decaimento de brilho, nos anos que se seguem à sua instalação, é metade daquelas referentes às outras rochas graníticas, não havendo praticamente variação entre cinco e dez anos de aplicação. Entende-se a diminuição e posterior estabilização dos valores de reflectância, considerando-se a hidrólise dos aluminossilicatos formadores das rochas graníticas. Com efeito, a alteração destes minerais conduz a formação de novas substâncias (minerais argílicos e óxidos de Fe) estáveis no ambiente em que se encontram.

Quanto às rochas silicáticas estudadas, observa-se que aquelas que mostram maior índice de reflectância apresentam em sua composição teores modais mais

## CAPÍTULO IV

---

elevados de plagioclásio, o que proporciona melhor “fechamento” no processo de polimento; as variações do brilho ao longo dos anos foi menos significativa que no caso dos mármore.

Dentre as sete amostras de litotipos estudados, o travertino foi quem apresentou maior perda de brilho, seguida pelo mármore branco, o que indica que os materiais carbonáticos sofrem uma maior degradação física/química quando comparadas aos materiais silicáticos.

Os principais mecanismos condicionantes e fatores que ocasionam a perda de brilho em placas pétreas utilizadas em edificações estão relacionadas principalmente ao clima, condições atmosféricas, mineralogia constituinte da rocha e tempo de exposição aos agentes externos.

### **4.5. Análise da salinidade**

A concentração média de sais dissolvidos nos oceanos denomina-se “salinidade” que pode ser definida como a quantidade total, em gramas, de sais contida em um quilograma de água do mar.

A análise da salinidade foi realizada em amostras coletadas nos revestimentos externos na parte frontal das edificações em estudo e os resultados são sumarizados no gráfico 4.8.

## CAPÍTULO IV

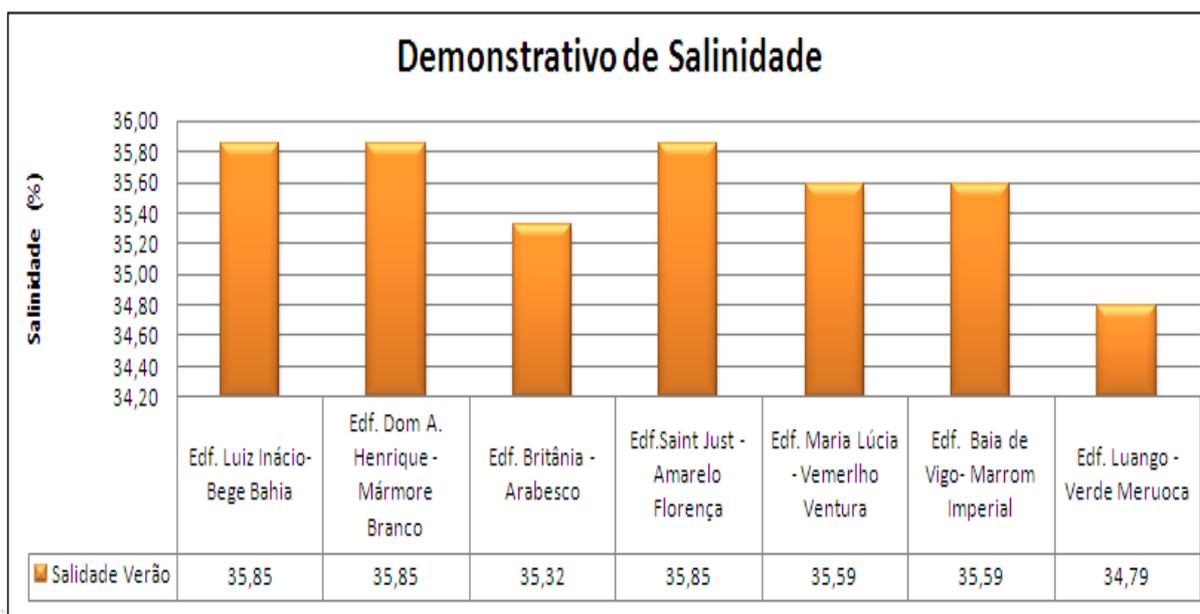


Gráfico 4.8 – Valores de Salinidades na área de estudo – orla de Boa Viagem, região litorânea do Recife

As análises de salinidade coletada em frente aos edifícios estudados apresentam valores de concentração de sais com variação entre 34,79% e 35,85%, o que evidencia a agressividade do meio ambiente, abundante em sais que são mobilizados pela maresia oceânica.

### 4.6. pH

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. As vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percolou. (gráfico 4.9)

## CAPÍTULO IV

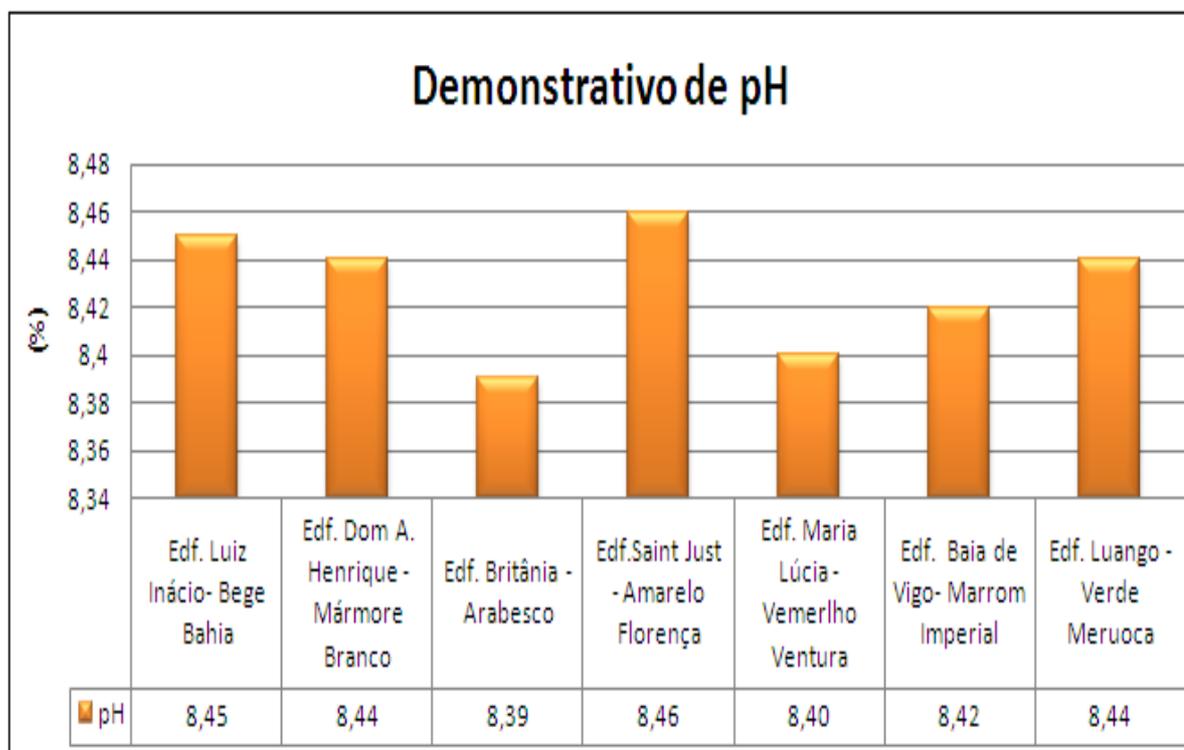


Gráfico 4.9 – Valores de pH da água do mar na área de estudo – Orla de Boa Viagem, Região litorânea do Recife.

Os resultados das análises de pH mostram águas com características básicas ( $\text{pH} > 6$ ) esse parâmetro mostra claramente o caráter básico das águas do mar na área de estudo, portadoras de íons carbonáticos que podem ser mobilizados pela maresia (spray marinho) provocando a deposição de material carbonático na forma de eflorescências, em especial nas rochas ácidas (granitos)

### 4.7. Análise das eflorescências por fluorescência de raio X

As análises foram realizadas em 07 amostras de eflorescências coletadas sobre as placas pétreas aplicadas em revestimentos externo na área em estudo, sob a forma de pó. Estas análises foram realizadas no NEG-LABISE (Laboratório de Isótopos Estáveis) do Departamento de Geologia da UFPE. Os resultados da determinação dos óxidos maiores e menores presente nas eflorescências são apre-

## CAPÍTULO IV

sentados no tabela 4.6.

Tabela 4.5 – Resultados de análises semi-quantitativas das eflorescências por fluorescência de raio X

	Edf. Luiz Inácio Bege Bahia	Edf. D. A. Henrique Mármore Branco	Edf. Britânia Arabesco	Edf. Saint Just Amarelo Florença	Edf. M. Lucia Vermelho Ventura	Edf. Baia do Vigo Marrom Imperial	Edf. Luango Verde Meruoca
CaO	54,81	54,64	55,47	54,61	54,63	54,64	53,44
SiO <sub>2</sub>	0,25	0,24	0,16	0,59	0,27	0,09	1,15
SrO	0,47	0,5	0,4	0,34	0,54	0,66	0,37
TiO <sub>2</sub>	0,32	-	0,09	0,19	0,3	0,09	0,62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,17	0,15	0,18	0,17	0,16	0,2
K <sub>2</sub> O	0,17	0,09	0,04	0,28	0,05	0,05	0,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	0,16	0,11	0,14	0,2	0,21	0,06	0,54
ZnO	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03
Na <sub>2</sub> O	-	-	-	0,02	-	-	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	0,53	-	-	0,98
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	0,02
MnO	-	-	-	-	-	-	0,02
NiO	-	-	-	0,01	-	-	0,01
CuO	-	-	-	-	0,01	-	0,02
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	0,01
Rb <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	-	0,01
BaO	-	0,09	-	-	-	0,09	-
P.F	43,67	44,13	43,51	43,06	43,8	44,13	41,79
TOTAL	100,03	99,98	99,99	100,02	100	99,98	99,98

Sendo as placas de revestimentos aplicadas, nestas edificações, a partir do uso de argamassas, as eflorescências são todas de origem carbonática indicando que são oriundas provavelmente da argamassa de assentamento, dissolução de material carbonático da própria rocha Bege Bahia (calcário e mármore) ou do “spray marinho” em contato com ambientes ácidos (granitos). O processo de formação está relacionado à dissolução dos carbonatos presente nas argamassas pela água e recristalização na superfície das rochas por evaporação e também escoamento pelas juntas entre as placas pétreas.

## CAPÍTULO IV

### 4.8. Precipitação pluviométrica

Percebe-se claramente pelo gráficos 4.10 de precipitação pluviométrica em Recife a ocorrência de duas estações distintas. A primeira onde a precipitação é maior corresponde ao inverno e se estende entre os meses de abril a julho. A segunda, correspondendo a um período de menor precipitação e maior seca, ocorre nos meses de setembro a dezembro.

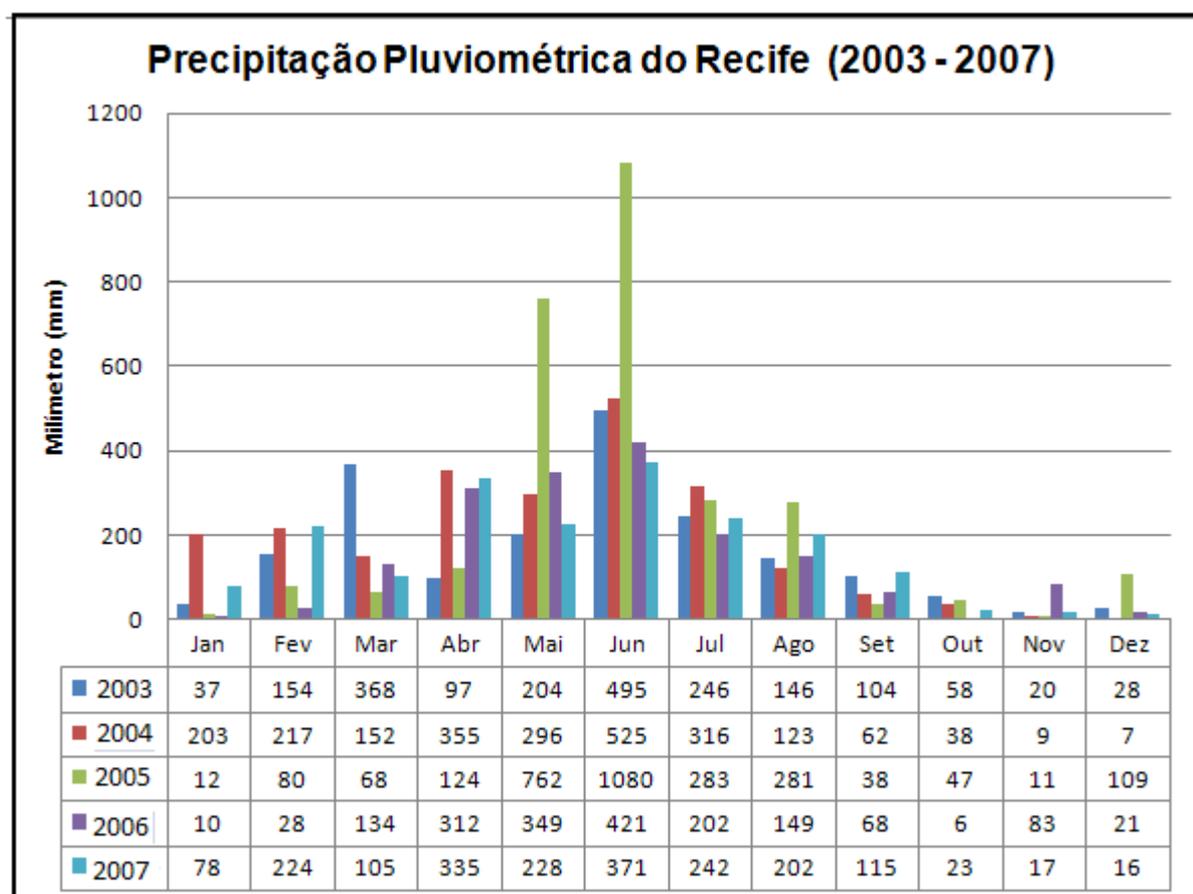


Gráfico 4.10 – Precipitação Pluviométrica em Recife, período de 2003 a 2007

Fonte: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE

O gráfico indica que as placas pétreas aplicadas em edificações em revestimento externo estão submetidas a um regime cíclico alternado de encharcamento e secamento, favorável ao surgimento de cristalização de sais e patologias associadas: fissuras, desagregação granular, eflorescências, etc.

## CAPÍTULO IV

### 4.9. Temperatura

O gráfico 4.11 mostra que a temperatura média máxima na região do Recife oscila entre 27,6°C e 32,7°C, com um valor médio próximo aos 30°C, não apresentando uma grande variação ao longo do ano.

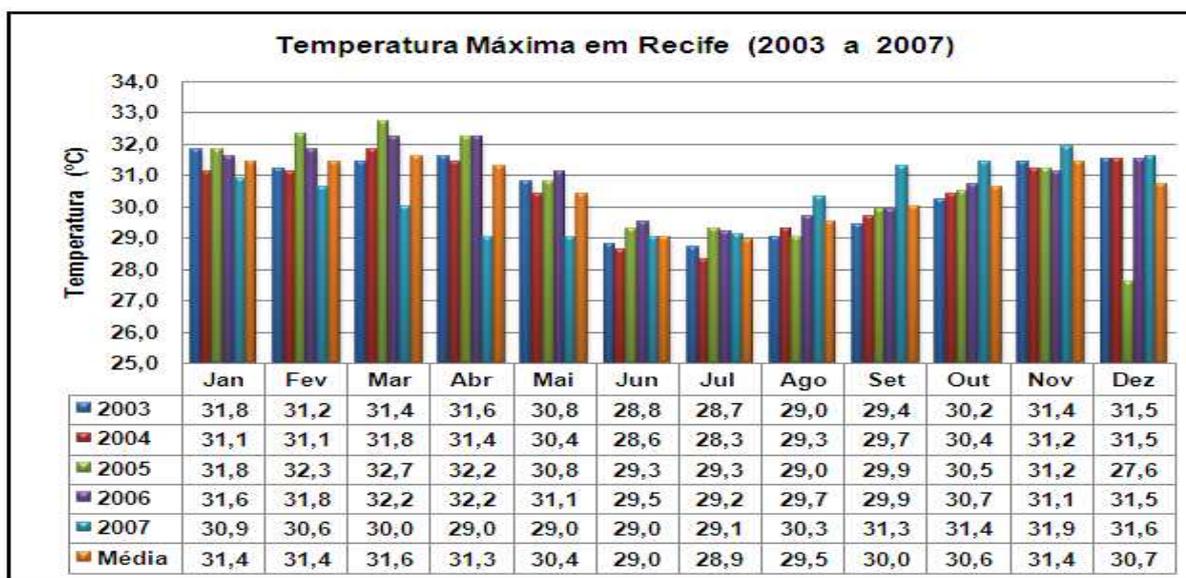


Gráfico 4.11 - Registro da temperatura máxima mensal da cidade do Recife (2003 a 2007)

Fonte: Laboratório Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

O gráfico 4.12 mostra que, como no caso da temperatura média mensal máxima, a temperatura média mensal mínima também não apresenta grandes variáveis ao longo do ano situando-se num patamar próximo aos 24°C, com pequeno decréscimo na estação chuvosa (maio a junho), onde percebe-se uma redução na média mínima para cerca de 21°C.

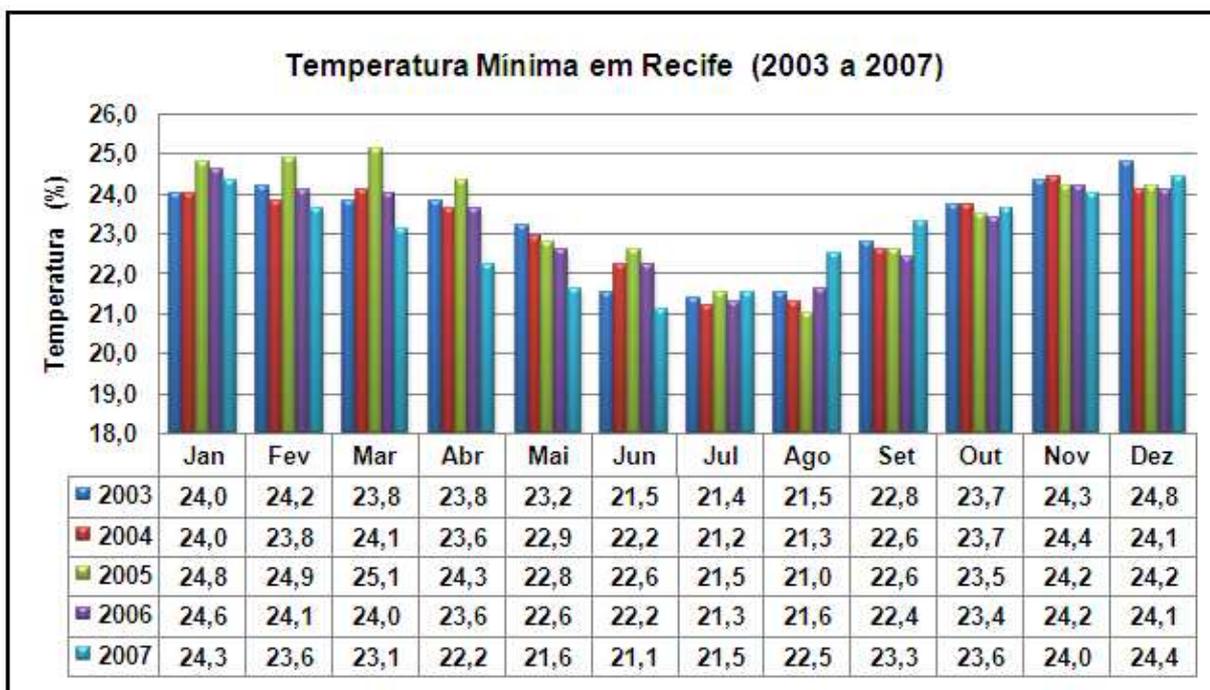


Gráfico 4.12 - Registro da temperatura mínima mensal da Cidade do Recife (2003 a 2007)

Fonte: Laboratório Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE

Pelos gráficos de temperatura levantadas pode-se inferir que o gradiente térmico na região da grande Recife é baixo (cerca de 6 a 10°C), principalmente quando comparado com regiões subtropicais localizadas ao sul do Brasil, e não devem provocar problemas sérios de *stress* nas rochas devido o ciclo alternados de calor e frio. Entretanto percebe-se que a média de temperatura é alta sugerindo em intenso processo de catálise de reações químicas, em especial hidrólise, oxidação e redução.

## CAPÍTULO IV

---

### 4.10. Umidade relativa do ar

A alta umidade relativa do ar na região do grande Recife é um fator importante nos processos patológicos das placas pétreas.

A água presente em abundância na região intensifica os processos de alterabilidade química dos minerais formadores das rochas ornamentais e favorece a mobilização de íons solúveis presentes nas argamassas de revestimento, contribuindo para a formação de eflorescências salinas, conforme observado na tabela 4.6. Também as reações de hidrólise e hidratação, capazes de afetar os minerais constituintes das rochas, são intensificadas pela presença de umidade elevada e/ou chuvas. A hidrólise de aluminossilicatos primários, como já visto, resulta na liberação de cátions do mineral primário, geração de  $H_4SiO_4$  e aluminossilicato secundário (mineral argílico). Assim, como observado em 4.2.1 “Evidências petrográficas do intemperismo”, esse fenômeno gera resíduos e incrustações que, quando presentes nas cavidades, originam esforços decorrentes de sua cristalização tensionando os poros e causando fissuramento. (Gráfico 4.13)

## CAPÍTULO IV

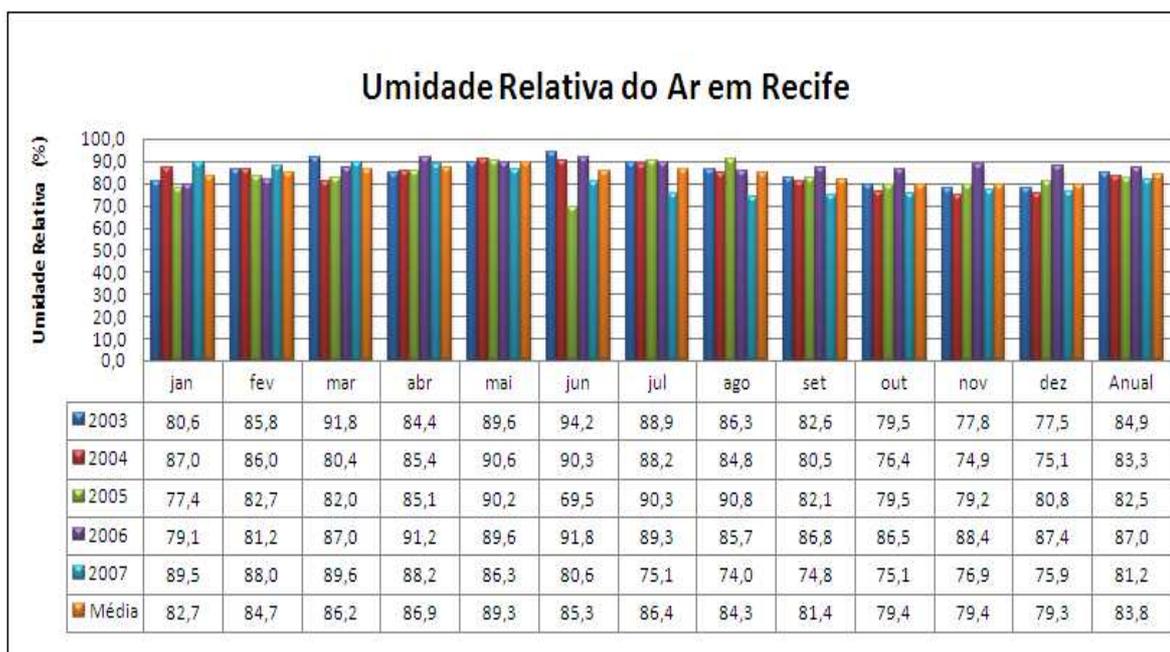


Gráfico 4.13 - Registro da umidade relativa do ar mensal da Cidade do Recife (2003 a 2007)

### 5. Conclusões e Recomendações

Neste trabalho procurou-se abordar de forma abrangente o comportamento do material rochoso destinado à aplicação no revestimento de edificações com a preocupação de compreender os mecanismos condicionantes e os fatores que contribuiriam para o surgimento de alterações.

Com o incremento do uso de rochas no revestimento de edificações, os parâmetros petrográficos, físicos e mecânicos, rotineiramente determinados em laboratório, são cada vez mais requeridos para a elaboração de projetos de engenharia.

Conforme Aires-Bairros (1991), a alterabilidade é função de fatores intrínsecos, extrínsecos e do tempo. Com base nos resultados apresentados e discutidos para as rochas graníticas e carbonáticas estudadas, pôde-se aprofundar o entendimento dos fatores intrínsecos ligando-os, ainda que empiricamente, ao grau de alteração natural, ao grau de fissuramento e à presença de biotita e outros minerais contendo ferro. Estes configuram o sistema poroso e propiciam a exposição das superfícies, dos minerais e das rochas, aos agentes intempéricos responsáveis pela ocorrência de processos patológicos que atuam sobre os materiais pétreos de revestimento.

A análise geral dos dados aqui apresentados e discutidos evidencia alguns aspectos dos granitos e mármore estudados que podem ser assim sumarizados:

1. No geral, os ensaios tecnológicos realizados mostram que tanto os granitos como os mármore utilizados na área em estudo estão dentro dos padrões especificados para as rochas silicáticas e carbonáticas de revestimentos, tanto segundo normas especificadas no Brasil (Frazão & Farjallat, 1996), quanto por normas de associações internacionais (ASTM, 1992).

## CAPÍTULO V

---

2. Os ensaios utilizados foram escolhidos de maneira a dar o melhor e maior volume de informações possíveis, em que pese as limitações impostas pelo tempo de duração da pesquisa e pela carência de equipamentos específicos no país que permitam a obtenção de informações relevantes acerca dos mecanismos de atuação no interior das placas de rochas.
3. Dentre os sete litótipos estudados o material denominado comercialmente de mármore Bege Bahia foi aquele que sofreu mais evidente processo de alteração, conseqüência do seu intemperismo natural, mineralogia e do sistema poroso mais favorável à percolação do spray salino e cristalização dos sais.
4. Correlações estabelecidas entre as características petrográficas e os parâmetros físicos demonstram nitidamente que o comportamento dos tipos graníticos são diretamente controlados pela conjugação dos aspectos composicionais, texturais e estruturais exibidos pelas rochas.

O potencial agressivo do ambiente fica evidente nos dados meteorológicos obtidos junto ao órgão governamental responsável. A alta pluviosidade conjuntamente à temperatura média anual elevada caracterizam um ambiente agressivo para as placas pétreas. Ressalta-se ainda a ação dos aerossóis marinhos, a atuação dos ventos carregados de particulados finos e também os poluentes gasosos gerados pelos combustíveis fósseis.

Perda de brilho, manchamento, oxidação, perda de grãos foram as principais patologias encontradas essas alterações são explicadas pelas características intrínsecas das rochas juntamente aos fatores extrínsecos (agressividade do ambiente);

## CAPÍTULO V

---

Por fim, os diversos ensaios realizados demonstram claramente que os granitos são tecnologicamente considerados rochas de boa qualidade, e que podem ser utilizados como material de revestimento para uso interno ou externo na indústria de construção civil. Já os materiais de constituição carbonática geram graves problemas de alterabilidade e devem ser aplicados, prioritariamente em uso interno.

O caráter introdutório deste estudo, no campo experimental da alteração de rochas graníticas e carbonáticas para revestimento deixa antever a necessidade de trabalhos futuros onde podemos destacar:

- Pesquisa para adequação das técnicas de especificação de rochas ornamentais em revestimento externo. A partir do conhecimento prévio das possíveis alterações, uma vez conhecidos os efeitos degradadores e as deteriorações de cada rocha submetida aos ensaios tecnológicos de cada rochas, pode-se dispor desses parâmetros para a seleção da melhor técnica de fixação, assentamento e impermeabilização das placas pétreas.
- Continuidade das investigações para determinação do sistema poroso e da distribuição dos poros, em rochas graníticas e carbonáticas, e sua aplicação no melhor entendimento da alterabilidade dessas rochas.
- Acredita-se que os efeitos verificados nestas condições atmosféricas possam ser atenuados com a utilização de películas protetoras, principalmente nos materiais que desempenham função de revestimento externo. Para tanto, sugere-se a realização de estudos que possam avaliar a eficácia destes produtos nas condições atmosféricas específicas da região, face ao seu peculiar grau de agressividade salina.

A enorme freqüência dos casos de deterioração nas fachadas prediais, seja em edificações novas ou antigas, esta mobilizando o meio técnico e científico para a busca de soluções mais adequadas de materiais e técnicas de revestimento. Por

## CAPÍTULO V

---

isso muitos cursos e estudos tem sendo desenvolvidos, com o objetivo de compreender os mecanismos de degradação, aprimorar as técnicas construtivas, buscar as melhores soluções de reparação, etc.

Por outro lado, os diferentes ambientes naturais de que dispõe o Brasil, obrigam o estudo do desempenho dos materiais em função das condições climáticas e de mão-de-obra de cada região em particular de modo que se possa projetar soluções mais específicas para cada caso.

Em síntese a pesquisa indicou a necessidade de:

- Execução e melhoria de qualidade dos projetos de revestimentos;
- Melhoria do controle de qualidade nas fases de planejamento, suprimentos, produção e manutenção;
- Treinamento do pessoal envolvido com revestimento de fachadas;

Para a produção de revestimento com placas pétreas, devem-se tomar cuidados desde o momento de especificação da rocha, pois, só assim, serão atingidos os padrões de qualidade esperados, racionalizados o uso dos recursos físicos e da mão-de-obra empregada.

A ausência de juntas de movimentação e dessolidarização longitudinal e/ou transversal e a deficiência no assentamento das placas pétreas foram considerados fatores críticos no descolamento das placas. Isto significa que a elaboração do projeto de fachada e a capacitação dos assentadores são ações necessárias para evitar que este tipo de problema volte a acontecer. A introdução de juntas planejadas ajuda a minimizar as patologias existentes, e deve ser incorporadas na fase de projeto de revestimento externo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro( Norma ABNT-NBR 599) 1978.

\_\_\_\_\_, BS 3811: Glossary of terms used in terotechnology, 1993

\_\_\_\_\_, NBR 5674: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

\_\_\_\_\_, NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações, Rio de Janeiro (1988).

\_\_\_\_\_. NBR 8094/83: Material metálico revestido e não revestido; corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro. 1983b.

\_\_\_\_\_. NBR 10.341. Rochas para revestimento – Determinação do módulo de deformabilidade estática. 1992. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR 12.042/92: Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro. 1992d.

\_\_\_\_\_. NBR 12.042/92: Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro. 1992d.

\_\_\_\_\_. NBR 12.765/92: Rochas para revestimento – Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear. Rio de Janeiro. 1992 e.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

\_\_\_\_\_.NBR 12.766/92: Rochas para revestimento – determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro. 1992 b.

\_\_\_\_\_.NBR 12.767/92: Rochas para revestimento – Determinação da resistência à compressão uniaxial. Rio de Janeiro. 1992c.

\_\_\_\_\_.NBR 12.768/92: Rochas para revestimento – análise petrográfica. Rio de Janeiro. 1992 a.

\_\_\_\_\_.NBR 12769/92: Rochas para revestimento: ensaio de congelamento e degelo conjugado à verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_.NBR 13.818 - Anexo H: normativo. Determinação da resistência ao ataque químico. 1997.

AIRES-BARROS, L. 1991.Alteração e alterabilidade de rochas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Científica, 384p.

AMÁ, R. (2002) Revista Rochas,Data de publicação: 17.09.2002 13:49 <[cinrochas@revistarochas.com.br](mailto:cinrochas@revistarochas.com.br)>

AMOROSO, G.G.; FASSINA, V.1983. Stone decay and conservation. Amsterdam: Elsevier. 453p. (Materiais science monograph; v.11).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

ALLHEIROS, M. M.; CHAVES, M. G. V.; FILHO, M. F. L. Convênio Carta Geotectônica da cidade do Recife – FINEPE/LSI – DEC – UFPE, apoio SEPLAM ( Prefeitura da Cidade do Recife). Coordenadores – Prof. Drº Roberto Coutinho . Prof. José Maria Justino da Silva. **Mapa geológico da cidade do Recife. Escala 1:25000;** Recife, 1995.

ANDRADE, J.J.O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações Patológicas nas estruturas no Estado de Pernambuco. Porto Alegre, 1997. Dissertação ( Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

ANDRADE, G. O. Alguns aspectos do quadro natural do Nordeste. Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Superintendência Adjunta de Planejamento. Recife, 1997. p.9-19.

ARANHA, P.M.S. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica. Porto Alegre, 1994. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

ARTUR, A. C.; MEYER, A. P.; WERNICK, E. Características tecnológicas de granitos ornamentais: a influência da mineralogia, textura e estrutura da rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. In: Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais, I Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2, 2001, Salvador, Anais.Salvador: Museu Geológico da Bahia, 2001, p. 13-19.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E632-82 .1996 .

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (C-615). Standard Specification for granite dimension stone. 2p. 1992.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (D-2845).1995.

ATLAS CLIMATOLÓGICA DO ESTADO DA PARAÍBA. Campina Grande: UFPB, 1987.

AZZONI, A.; BAILO, F.; RONDENA, E.; FANINETTI, A. Valutazione com prove meccaniche, chimico-fisiche e petrografiche Del degrado indotto su alcune rocce mediante varie tecniche di laboratório. Boll. Ass. Min. Subalp., XXIX, 2 – 3, 1992, p. 2009-221.

BARROS, MÉRCIA M. B. et. Al. Patologia em revestimentos verticais. São Paulo, EPUSP. PCC. 2000.

\_\_\_\_\_,Inovação Tecnológica – Tecnologia e gestão de Produção na Construção Civil, Disponível, [HTTP//gepe\\_tgp.pcc.usp.be/Inova%A3oTecnol%C3%B3gica\\_v12.htm](http://gepe_tgp.pcc.usp.br/Inova%A3oTecnol%C3%B3gica_v12.htm) Acesso em 09-02-2007.

BARROS, MÉRCIA M. B., FRANCO L. S., SABBATINI F.H., CARDOSO F. F. (2003), Vedações Verticais – Conceitos Básicos Disponível em [HTTP://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18\\_cap1\\_revisado.pdf](http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18_cap1_revisado.pdf) Aceso em 20.05.2007.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

BATISTA, M. A. L. Estudo do comportamento dos gnaisses Casablanca, Juparaná delicto e giallo falésia (Ceára-Brasil) em atmosfera salina, 2006. 150p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BATISTA, A.P.S.; MEIRA, A.R; FUZARI, D.G. Manutenção das construções: O caso de condomínios residenciais da cidade de João Pessoa-PB

BAUER, L.A.F. NORONHA, M.A.A.; BAUER, R.J.F. Falhas em revestimento, suas Causas e sua PREVENÇÃO. São Paulo. 1987. ( Boletim L. A. FALCÃO BAUER 05).

BAUER, L.A.F. “Acidentes em Obras de concreto e sua Recuperação” – Publicações Técnicas do IBRACON;

BAUER, Roberto José Falcão. Patologia em Revestimentos de Argamassa Inorgânica. In: IV CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, Porto Alegre, 1997. **Anais**. p. 389-96.

BENAVENTE, D.; GARCIA DEL CURA, M.A; BERNABÉU, A.; ORDÓNÉZ, S. (2001) Quantification of salt weathering in porous; Stones using na experimental contenuous partial immersion method. Engineering Geology, v.59, p.313-325.

BLESSMANN, Joaquim. Aerodinâmica das Construções. Porto Alegre: UFRGS, 1983.

\_\_\_\_\_. **O vento na Engenharia Estrutural-** Primeira Parte. Caderno de Engenharia CE – 10. CPGEC, 1986.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

\_\_\_\_\_. **Intervalo de Tempo para Cálculo da Velocidade Básica do Vento**. 3.ed ampl. Porto Alegre: UFRGS, 1988.

BONIN, L.C. **Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual**. *In*: Seminário sobre manutenção de edifícios, Porto Alegre. Anais – v. I. Porto Alegre: UFRGS 1988. p. 1-31.

BRITO NEVES, B.B. Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino. 1975. Tese Doutorado) -Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975, 198p.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectônico history of the Borborema province, Northeastern Brasil. *In*: Tectonic evolution of South América. Rio de Janeiro, 2000. p.151-182.

CARRIÉ, C.; MOREL, D. Salissures de façades. Paris: Eyrolles, 1975.

CALLISTER, W. D. (2000) *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. Ed. John Wiley & Sons. 589p.

CAMPANTE, E.F.; Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada. 2001. 407p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

CAMPANTE, E. F; SABBATINI, F. H. Durabilidade de revestimentos cerâmicos de fachada In: V Congresso Iberoamericano de Patologia de Las Construcciones, Montevideo, 1999. **Anais**. p.183-191.

\_\_\_\_\_. Por que granitos, mármore e cerâmicas caem das fachadas? Recuperar. P.27-34, nov./dez. 1997b.

CAPAZZI, S. Fachada: atração fatal. Construção Norte Nordeste, n.274, mar. 1996. p. 14-9.

CARUZO, L.G.; FARJALLAT, J.E.S.; TAIOLI, F. Os mármore e granitos brasileiros - seu uso e suas características tecnológicas. Rochas de Qualidade, São Paulo n.47, p.69-74, 1978.

CAVALCANTI, L.B. & KEMPF, M. 1970. Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil). Trabalhos Oceanográficos, UFPE, 9/11:149-158.

CAVALCANTE, J.C.; FERREIRA, C.A., ARMESTO, R.C.R.; RAMALHO, R.; BRAUN, R.P.G.; BATISTA, M.B.; CUNHA, H.C.S. Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Fortaleza: MME/DNPM/CEMINAS/SUDENE, 1983.

CAVALCANTI, L.B. & KEMPF, M. 1970. Estudo da Plataforma Continental na área Do Recife (Brasil). Trabalhos Oceanográficos, UFPE, 9/11:149-158.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

CETEM/ABIROCHAS. Rochas Ornamentais no Século XXI; Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ ABIROCHAS, 2001. 160p.

COUTINHO, P.N; MANSO, V.A.V., LIMA FILHO, M.F; LIMA, A.T.O; MEDEIROS, A.B.; PEDROSA, F. J. A; MARTINS, M.H.A.; CHAVES, N. S.; SAMPAIO, A. S.; LIRA, A. R. A.; MENEZES, M. C. B.; & BRITO, M. F. 1994. Coastal Quarternary of Pernambuco. Brazil. 14th International Sedimentological Congress, Recife, Abstracts, D-31.

CORRENS, C.W.(196..) Experiments on the decomposition of silicates and discussion of chemical weathering. Clays and clay minerals 10<sup>th</sup> Conf. PP.443-459.

COSTA, A.G.; 1999b. Granitos Ornamentais da Região Sul de Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, VI, Anais.... São Pedro, SBG/Núcleo São Paulo, p.141.

CRUZ, José Márcio Figueiras. Estabilidade Global dos Edifícios. João Pessoa. Rf. Universidade UFPB, 2005.

CHIODI FILHO, C. Aspectos técnicos e econômicos no setor de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, Série Estudos e Documentos, n. 28, 75p.1995.

\_\_\_\_\_. Evolução do setor de rochas ornamentais e o parque de beneficiamento. Revista Pedras do Brasil, v. 32, ano III, p. 44-52, novembro/2004 (d).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

\_\_\_\_\_. Caracterização tecnológica das rochas ornamentais e de revestimento – (2002a) 1ª. parte In: Revista Pedras do Brasil nº7 (Outubro), 24-26p.

\_\_\_\_\_. Caracterização tecnológica das rochas ornamentais e de revestimento – (2002b) 2ª. In: Revista Pedras do Brasil nº8 (Novembro), 16-17p.

\_\_\_\_\_. Balanço das Exportações e Importações de Rochas Ornamentais em 2006. São Paulo: ABIROCHAS, 2007. 20p. (Informe n. 01/2007)

\_\_\_\_\_. Balanço das Exportações e Importações de Rochas Ornamentais em 2007. São Paulo: ABIROCHAS, 2007. 20p. (Informe n. 01/02.2008)

COSTA E SILVA, A. J. Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife. 2001. 255p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

DANA, J. D. (1983) Manual de mineralogia. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 642p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM (2006) Mineral negócios: Guia do investidor no Brasil. Brasília – DF. 146p

DELGADO-RODRIGUES, J. (1996) Conservation of granitic rocks with application to the megalithic monuments; conclusion report. In: VICENTE, M.A., DELGADO-RODRIGUES, J., ACEVEDO, J. (Ed.) 1996. Degradation and conservation of granitic rocks in monuments. Brussels: European Commission. P.161-242.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

DIB, P.P.; FRASCÁ, M.H.B.O.; BETTENCOURT, J.S. (1999) Propriedades tecnológicas e petrográficas do “Granito Rosa Itupeva” ao longo dos estágios de extração e beneficiamento. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6., 1999, São Pedro. Boletim de Resumos. São Pedro: SBG/UNESP. P.154.

EN – Norma Européia 1925. Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade. (Versão portuguesa). CEN – COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO, 5 p, 1999.

ESCALA BEAUFORT. Disponível em: <http://www.boatnet.coppe.ufrj.br>. Acesso em 09 abril 2007.

FARINA, M. Perspectivas metalogenéticas de alguns granitos pós-orogênicos do Nordeste brasileiro. In: simpósio de Geologia do Nordeste, 8, 1977, Campina Grande. Atas. Recife: SBG-NE, 1977, v. 6, p. 121-129.

FEILDEN, B.M. (2002) Conservation of historic buildings. Oxford: Reed Educational And Professional Publish. 345p.

FERRARI,, C. (2001) – O uso das rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. Curso integrado integrado no I Simpósio brasileiro de Rochas Ornamentais / II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, *Anais do Museu Geológico da Bahia*, pp. 143-145.

FIORETI, A. (2003) Arquitetos querem mais informação. Entrevista na Revista Pedras do Brasil, nº 16 (Julho), 16-17p.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

FIGUEIREDO, P. M. S. L. R.; Estudo tecnológico de rochas calcárias da região de Lisboa (Jurássico e Cretáceo). 1997. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Unversidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1997, 179p.

FITZNER, B. Porosity properties and weathering behavior of natural stones. Methodology and examples. Stone material in monuments: diagnosis and conservation. Second Course, 1993, p. 43-54.

FIGUEIREDO, P.; AIRES-BARROS, L; TORQUATO, J. R.; BESSA, M.F.; LIMA, M.A.; FERNANDES, A. H. Determinação laboratorial de um índice de alterabilidade para o granito Rosa Iracema (Ceará, Brasil). In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 6., SEMANA DE GEOQUÍMICA, 12., 2001, Faro. Actas... Faro, Portugal: Universidade de Algarves. 2001, p. 384-387.

FLAIN, Eleana P. Recomendações para revestimentos de fachadas de rochas ornamentais. São Paulo: Rochas de Qualidade. n. 132, p. 76-92, 1997.

\_\_\_\_\_. Uso e Aplicação de Revestimento com Placas de Rochas. In 1º Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste 1, Recife, 1998.

\_\_\_\_\_. Processo de Assentamento de Rochas Ornamentais como Revestimentos. In I Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 1, Salvador- Ba., 2001.

FLAIN, Eleana P. ; CAVANI, Gilberto R. Revestimentos verticais com placas de rocha. Técnica. São Paulo, Pini, v2, n.10, p. 59-63, 1994.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

FRASCÁ, M.H.B.O. Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento. 2003. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003, 264p.

FRASCÁ, M. H. B. O.; MELLO, I .S. C.; QUITETE, E. B.; NAGATA, N.; CORTEZ, W. D. (2000) Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. CDROM. Vol.2 – Publicação IPT nº 2651.

FRASCÁ, M. H. B. de O. Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais, 1 / Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2, 2002, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: CETEM, 2002, p. 53-59.

FRASCÁ, M. H. B. O & QUITETE, E. B. (2000) Estudos diagnósticos de patologias em rochas de revestimentos – Publicação IPT nº 2623.

\_\_\_\_\_. Rochas Ornamentais do Estado de São Paulo – Características Tecnológicas. Rochas de Qualidade, n. 154, p. 154-171, 2000.

FRASCÁ, M.H.B, et al (2003 apud JEFFERSON, 1930)

FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA PEDRA NATURAL, 1, 1995, Lisboa, Anais... Lisboa, 1995, p. 47-58.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

FRAZÃO, E. B. (2002) Tecnologia de Rochas na Construção Civil. Ed. ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 132p.

FRAZÃO, E.B.; FARJALLAT, J.E.S. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: Congresso Brasileiro de Geologia de engenharia, 8, 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABGE, 1996, v. 1, p. 369-380.

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.

FRAZÃO, E.B.; QUEIROZ, F.C.; HACHIRO, J.; FARJALLAT, J.E.S.; CARUSO, L.G.; FRASCÁ, M.H.B.O.; SANTOS, P.R.; SOUZA, R.P. (1993) Catálogo das rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo. São Paulo: Sedes/ IPT. 81p. (IPT Publicações, 2048).

FLORES, I.; BRITO, J. Manutenção em edifícios correntes: estado atual do conhecimento. In: CONGRESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, Portugal, 2001. Anais, Portugal: p.737-744.

GALAN, C. G.; RODRIGUES, E de P; SILVEIRA, G. Proposta de metodologia para avaliação de desempenho de produtos químicos hidro-óleo-repelentes utilizados em rochas ornamentais. In: Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais, 1 / Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2, 2002, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: CETEM, 2002, p. 53-59.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

GAMA, H. B. (2001) – Principais patologias associadas ao uso de rochas ornamentais. Com apresentada ao I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais / II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, *Anais do Museu Geológico da Bahia*, pp. 20-23.

GOULART, S.V.G. (1993). Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis, Florianópolis: UFSC, Dissertação de Mestrado.

GOULART, S.; BOGO, A.; PIETROBON, C.; PITTA, T. (1994). Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico, Núcleo de Pesquisa em Construção Civil, Centro Tecnológico da UFSC.

GOMES, J.R.C.; GATTO, C.M.P.P.; SOUZA, G.M.C.; LUZ, D.S.; PIRES, J.L; TEIXEIRA, W.; FRANÇA, F.A.B.; CABRAL, E. M. A.; MENOR, E. A.; MONTEIRO, N. 1981. Geologia.In: Radam Brasil: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, MME/ SG. p.27-198.

GOMES, M.F.N. et al. Patologia em fachadas de edifícios com mais de cinco pavimentos na cidade de Maceió - AL. In CONGRESSO IBERO AMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, IV. Porto Alegre, 1997. **Anais**. Porto Alegre, 1997. p.419-25.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

GRANATO, J.E. Patologia das Fachadas de Cerâmicas e Granito. VIII Congresso Latino Americano de Execução. São Paulo, PINI, 1994.

\_\_\_\_\_, Técnicas de Impermeabilização e Isolação Térmica. VIII Congresso Latino Americano de Patologia de La Construcion, Assunção, 2005.

GROSSI, C. M.; MURRAY, M. (199) Characteristics of carbonate building Stones that influence the dry deposition of acidic gases. Construction and Building Materials. V.1, p.101-08.

HELENE, P. R. L. Contribuição ao estudo da Corrosão em armaduras de Concreto Armado São Paulo, 1993. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, USP;

\_\_\_\_\_.Estudo de Manifestações Patológicas em Estruturas de concreto Armado – Publicações Técnicas do IBRACON;

\_\_\_\_\_.Introdução da Durabilidade no Projeto das Estruturas de Concreto. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo, 1997;

HADLEY, H. M. *Concreto em água do mar - necessária revisão de ponto de vista.* São Paulo, ABCP, 1948.

INFRAERO. Disponível em: <<http://www.infraero.com.br>> Acesso em: 09 abril 2007.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em: <http://www.nmet.gov.br>. > acesso em 08 abril 2007.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisa Especial. Disponível em <<http://www.cptec.inpe.br>> Acesso em 08 de abril 2007.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações habitacionais. In: EPUSP, 1988, São Paulo. Anais.São Paulo: USP, 1988. p.363-377.

JEFFERSON, D.P. (1993) The weathering of stone. Stone Industries, v.28, n.3, p.24-29

JOHN, V. M. O projeto e a manutenção de edifícios. Revista Arquitetura e Construção, São Paulo, n.26, p.128-32, out./ nov. 1989.

JOHN, V. M. Avaliação da durabilidade de materiais componentes de edificações – Emprego do Índice de Degradação. São Paulo, 1987. 115p. Dissertação(Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JOHN, V. M.; CREMONINI, R. A. Manutenção dos edifícios: uma visão sistêmica. In: 10º Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção: A Manutenção da Construção Civil, São Paulo, 1989. Anais. p. 115-28.

JUST, Ângelo C. S. Deslocamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife. São Paulo, 2001 – Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

\_\_\_\_\_. Avaliação de durabilidade de materiais, componentes e edificações. 1987. 115p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1987.

QUITETE, E. B. & RODRIGUES, E. P. (1998) Dureza *knoop* aplicada a rochas ornamentais ornamentais. Publicação IPT 2561. 4p.

KASCHNER, D. (1996) Tecnologias para beneficiamento. In: II Encontro do Centro-Oeste Sobre Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais, Goiânia-GO. 36p.

LAMMA – UFRJ. Laboratório de modelagem de processos marinhos e atmosféricos. Disponível em: <[http:// www.Lamma.ufrj.br](http://www.Lamma.ufrj.br)> Acesso em 08 abril 2007.

LEE, R. Building maintenance management 3<sup>o</sup> Ed. London: Collins, 1987.

LESSA, M. V .L. Alteração/alterabilidade do Granito Verde Ventura – ensaios laboratoriais. 1999. Monografia (Especialização em Extração e Beneficiamento de Rochas Ornamentais). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1999.

LICHTENSTEIN, Norberto B. Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição da conduta adequada á recuperação de edificações. São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

LIMA, J.J.C. Estudo da dilatação térmica de rochas usadas em revestimento de edificações. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, 121p.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

LIBÓRIO, J.B.L. Estudo patológico das construções de argamassa armada existentes no Brasil. São Carlos, 1990. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

LÓPEZ-ACEVEDO, V.; VIEDMA, C.; GONZALEZ, V. LA IGLESIA, A. (1997) Salt crystallization in porous construction materials II: mass transport and crystallization processes. *Journal of Crystal Growth*, v.182, p. 103-110.

LA IGLESIA, A.; CONZÁLEZ, V.; LÓPEZ-ACEVEDO, V.; VIEDMA, C. 1997, Salt crystallization in porous construction materials I: estimation of crystallization pressure. *Journal of Crystal Growth*, v. 177, p.111-118.

MARANHÃO, FLÁVIO LEAL. Patologias em revestimentos aderentes com placas de rocha –São Paulo, 2002 – Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da universidade de São Paulo.

MEDEIROS, T.J.L.; OLIVEIRA, F.M.C.; MELO, E.B.; BARROS, M.L.S.C. e ROLIM FILHO, J.L. Propriedades físico-mecânicas das rochas ornamentais comercializadas no estado de Pernambuco. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste, 2000, p.165.

MEDEIROS, JONAS SILVESTRE; Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de achadas de edifícios - São Paulo, 1999 – Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

MENDES, Vanildo – PAIVA, Ivo P. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais na Construção Civil: Estudo de Caso na Edificação do tribunal de Justiça de Pernambuco. In; I Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 1, Salvador-Ba, 2001.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>.

MESQUITA, M.P.S. Composição, estruturas, propriedades tecnológicas e alterabilidade dos granitos ornamentais do stock Morrinho, Santa Quitéria (CE). 2002. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002, 169p.

MONTEIRO, E.C.B. Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais em relação à corrosão de armaduras, sob à ação conjunta de CO<sub>2</sub> e íons cloretos. Brasília 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília;

MORAES, M.D.C. “Patologia do Concreto Armado” - Publicações Técnicas do IBRACON;

MORAIS, M. C. & RODRIGUES, E. P. Exemplo de aplicação de coloração seletiva de feldspato potássio e cálcicos – Técnica auxiliar no estudo de rochas. Revista Cerâmica, v. 24, n. 97, p. 32-35, 1978.

MOURA, A. C. (2001) – A pedra natural ornamental em Portugal – Nota breve. *Boletim de Minas*, vol.38, nº3, pp. 161-177, I.G.M., Lisboa.

MURCK, B.A.; SKINNER, B.J. (1999) *Geology today: understanding our planet*. New York: 527p.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

NAVARRO, F. C. Caracterização Petrográfica como técnica para a precisão do comportamento físico e mecânico de granitos ornamentais. 2002. 88p. Dissertação (de Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 2002.

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.

NAVARRO, F .C. Velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas como ferramenta para a previsão de parâmetros mecânicos em granitos ornamentais. In: Simpósio de Rochas Ornamentais, 3, 2002, Recife, Anais... Rio de Janeiro: CETEM, 2002, v. 1, p. 20-23.N

NORDESTE BRASILEIRO. Disponível em:  
<<http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>> Acesso em 08 setembro 2007.

NOUR, Antonio Abdul. Manutenção de edifícios: Diretrizes para elaboração de um sistema de manutenção de edifícios comerciais e residenciais. Monografia MBA - Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2003. 73 p

OLIVEIRA, S.F. de; COSTA, A.G. 1998<sup>a</sup> Relação entre a petrografia e os índices físicos de mármore, quartzitos e granitos ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais....Belo Horizonte, SBG 1, 301.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

PADARATZ, I.J. Velocidade básica do vento no Brasil. Porto Alegre: CPGEC, 1977.

PEREZ, A. R. Manutenção dos edifícios. Tecnologia das Edificações. São Paulo, 1988. p.611-4.

\_\_\_\_\_. Umidade nas edificações. 1986. 271p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.

PEREZ, Ary Rodrigo. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. De Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

PEITER, C.C. (Coord.) (2001) Rochas Ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro. Cetem/Abirochas. 159p.

PETRUCCI, H.M.C. A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída. 2000. 107p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

PORTO, M.T.G. 1999. Aplicação de rochas ornamentais em obras civis. Monografia de Especialização – Degel/IGC-UFMG (inédita). 116p e anexos.

PROBEL. Apresenta soluções de equipamentos e acessórios para acesso às fachadas dos edifícios. 2002. Disponível em <<http://www.pro-bel.ca>> Acesso em: 07 abril 2007.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

RESENDE, MAURICIO M.; BARROS, M.M..S.B.; MEDEIROS, K.S.A. Influência de manutenção na durabilidade de revestimentos de fachada de edifícios, In: Workshop de Durabilidade das Construções 2, 2001. São José do Campos. Anais. São José dos Campos: s.n.2001.

RIVERO, R. (1985) Arquitetura e Clima, ed. D. C. Luzzatto Editores Ltda.

ROBINSON, D. A. L; WILLIAMS, R. B. G. (1994) Rock weathering and landform evolution. London: John Wiley. 519p.

RODRIGUES E.P.; CHIODI FILHO, C.; COUTINHO, J.M.V. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. Lisboa: Rochas e Equipamentos. v. 47, 2p. 1997.

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.

RODRIGUES E.P.;MORAES M.C. Exemplo de aplicação de coloração seletiva de feldspatos potássios e cálcios, como técnica auxiliar no estudo de rochas. São Paulo: Cerâmica. n. 97, p. 32-35, 1978.

RODRIGES, E. P.; CHIODI FILHO, C.; ARTUR, A. C. Estudo sobre a alterabilidade de rochas silicáticas e carbonáticas usadas em revestimento. Geociências, v. 17, n. 1,p. 263-128, 1998.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

RODRIGUES, E.P. Petrografia, caracterização, alterabilidade e assentamento de rochas ornamentais. In: Seminário Rochas na Construção Civil, 1999, Fortaleza. Fortaleza: SENAI.

RODRIGUES, J. A edificação e os cloretos. Recuperar. P.20-5, jan. /fev. 1997 a.

ROMÉRIO, M. A.; SIMÕES, J.R.L. A importância detalhamento de componentes construtivos de fachadas nos edifícios. In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. p. 441-53

REVISTA ROCHA DE QUALIDADE. Insumos empregados na indústria de beneficiamento de mármore e granito. São Paulo, Parma 1992. N.110, p. 101-7.

REVISTA TÉCNICA, Edição 76, Jul. 2003 – fachadas e paredes estão doentes. P.48-52.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. E.; ASMUS, H. E. Geologia do Brasil: Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais. Escala: 1: 2.500.000. Brasília, MME/DNPM, 1984, 501p.

SCOGNAMIGLIO, F. R. (1995) Abrasivos mais duros são realmente mais econômicos. In.: Revista Rochas de Qualidade, edição 120, Jan/Fev. 113p.

SANTOS, E. J. dos & MELO, C. B. M. Diversidade do plutonismo granítico Brasileiro do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, 1978, Recife. Anais... Recife: SBG, 1978, p 2624-2634.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

SECEX– SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR/DECEX. Programa Novos Pólos de Exploração – Diagnóstico setorial de rochas ornamentais. Rio de Janeiro, 1998. 23 p

SEELEY, I. H. Building maintenance. London: MacMillan, 1987.

SELMO, S. M. S. Prevenção de Patologia em Revestimentos externos de argamassa dos edifícios: a importância dos serviços de manutenção. In: Simpósio sobre Patologias das Edificações - Prevenção e Recuperação, Porto Alegre, 1989. Anais. P. 195-212.

SELMO, Sílvia Maria de Souza. Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios. São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SILVA FILHO, L.C.P. Durabilidade do concreto à ação de sulfatos: análise do efeito da permeação de água e da adição de microssílica. Porto Alegre, 1994. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

SHINNER, B.J.; PORTER, S.C.; BOTKIN, D.B. (1999) The blue planet: an introduction to Earth System Science. 2. Ed. New York ; John Wiley. 552p.

SHIRAKAWA, Márcia Aiko et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com argamassa com bolor evidente. In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. p.402-10.

SOUZA, R. e MEKBEKIAN, G. Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras. São Paulo , Pini, 1999.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

THEOULAKIS, P.; MOROPOULOU, A. (1997) Microstructural and mechanical parameters determining the susceptibility of porous building stones to salt decay. *Construction and Building Materials*, v.11, n.1, p.65-71.

UCHIDA, E.; OGAWA, Y.; MAEDA, N.; NAKAGAWA, T. 1999. Deterioration of Stone materials in Angkor monuments, Cambodia. *Engineering Geology*, v.55, p.101-112.

UEMOTO, K.L. Patologia: Danos causados por eflorescência. In: *Tecnologia de Edificações*. São Paulo: Pini, 1988. p.561-564.

VALLEJO , F.J.L. Ensuciamiento de fachadas por contaminación atmosférica. Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.

VELHO, J.; GOMES, C.; FERNANDES, N.; SANTOS, M.; FERREIRA, A.; PERDIGÃO, J. Caracterização físico-mecânica e ultra-sônica de rochas carbonatadas. In: congresso nacional de Geologia, 5, 1998, Lisboa. Atas... Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 1998, Tomo 84, Fascículo 2.

VERÇOSA, E.J. Patologia das Edificações. Porto Alegre: Editora Sabra.

VIDAL, F.W.H.; BESSA, M.F.; LIMA, M.A.B. Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnologia Mineral, 74. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999.30p.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

VIDAL, F.W.H.; PEREIRA, T.A. Avaliação das atividades de produção das rochas ornamentais e sua aplicação como revestimento através da caracterização. XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, águas de São Pedro/ SP, 23/26 agosto 1998, p.173-186.

VIDAL, F.W.H.; BESSA, M.F.; LIMA, M.A.B. Caracterização tecnológica das rochas ornamentais do Ceará. IV Congresso Ítalo-brasileiro de Engenharia de Minas, Canela/RS, 4/6 novembro 1996, p.174-183.

VIEIRA FILHO, J. M. S. Velocidades Máximas do vento no Brasil. Porot Alegre: CPGEC, 1975.

VILLASCHI FILHO, A. & SABADINI, M. S. (2000) Arranjo produtivo de rochas ornamentais (mármore e granito) no Estado do Espírito Santo. Nota técnica 15, In: Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IE/UFRJ. 132p.

VILES, h.a. (1997) Urban air pollution and the deterioration of buildings and monuments. In: BRUN, D.; CHAPMAN, D.V.; GRUYNNE, M.D.; PACYNA, J.M. (Ed.) The global environment: science, technology and management. Weinheim: Scandinavian Science Publ.; VCH. P.599-609.

WINKLER, E.M. Stone in architecture: properties, durability. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1997.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

---

WINKLER, E.M.; SINGER, P.C. (1972) Crystallization pressure of salts in stone and concrete, Geological Society of America Bulletin, v.83, p.3.509- 3.514.

WADELL, H. (1933) – *Sphericity and roundness of rock particles. In: Journal of Geology 41, 316-331p.*

## **ANEXOS**

- 1. Índice Físico dos litotipos estudados**
- 2. Índice de Brilho**
- 3. Modelo da Ficha dos Imóveis estudados**
- 4. Modelo do Questionário**

## ANEXO 1. ÍNDICE FÍSICO DOS LITOTIPOS ESTUDADOS

<b>MÁRMORE BEGE BAHIA (TRAVERTINO)-SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,695	2,706	1,100	0,408
2	2,693	2,700	0,747	0,277
3	2,703	2,711	0,836	0,309
4	2,665	2,677	1,200	0,450
5	2,697	2,705	0,818	0,303
6	2,668	2,683	1,486	0,557
7	2,803	2,813	0,941	0,336
8	2,576	2,587	1,111	0,431
9	2,769	2,777	0,808	0,292
10	2,969	2,979	1,091	0,368
<b>MÉDIA</b>	<b>2,724</b>	<b>2,734</b>	<b>1,014</b>	<b>0,373</b>

<b>MÁRMORE BEGE BAHIA (TRAVERTINO)-5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA 5 ANOS</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,649	2,664	1,573	0,594
2	2,718	2,729	1,095	0,403
3	2,653	2,664	1,083	0,408
4	2,781	2,793	1,161	0,418
5	2,848	2,860	1,184	0,416
6	2,663	2,676	1,298	0,487
7	2,645	2,656	1,113	0,421
8	2,626	2,639	1,305	0,497
9	2,787	2,797	0,013	0,364
10	2,688	2,698	1,037	0,386
<b>MÉDIA</b>	<b>2,706</b>	<b>2,718</b>	<b>1,186</b>	<b>0,439</b>

<b>MÁRMORE BEGE BAHIA (TRAVERTINO)-10 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA 10 ANOS</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,586	2,594	0,867	0,335
2	2,588	2,606	1,780	0,688
3	2,626	2,638	1,220	0,465
4	2,595	2,606	1,111	0,428
5	2,601	2,615	1,400	0,538
6	2,808	2,821	1,231	0,438
7	2,579	2,591	1,266	0,491
8	2,608	2,625	1,688	0,647
9	2,552	2,564	1,145	0,448
10	2,577	2,586	0,976	0,379
<b>MÉDIA</b>	<b>2,612</b>	<b>2,625</b>	<b>1,269</b>	<b>0,486</b>

<b>MÁRMORE BEGE BAHIA (TRAVERTINO)-15 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA 15 ANOS</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,648	2,662	1,425	0,538
2	2,638	2,649	1,072	0,406
3	2,666	2,673	0,721	0,270
4	2,617	2,626	0,913	0,349
5	2,633	2,648	1,508	0,573
6	2,599	2,612	1,334	0,513
7	2,594	2,604	1,011	0,390
8	2,869	2,883	1,408	0,491
9	2,667	2,680	1,341	0,503
10	2,666	2,680	1,397	0,524
<b>MÉDIA</b>	<b>2,660</b>	<b>2,672</b>	<b>1,213</b>	<b>0,456</b>

<b>MARMORE BRANCO - SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,310	2,316	0,642	0,194
2	2,228	2,239	1,128	0,349
3	2,255	2,262	0,676	0,208
4	2,267	2,277	0,962	0,294
5	2,275	2,289	1,361	0,416
6	2,332	2,342	0,963	0,289
7	2,233	2,243	1,082	0,335
8	2,241	2,254	1,298	0,400
9	2,262	2,269	0,744	0,228
10	2,586	2,597	0,879	0,396
<b>MÉDIA</b>	<b>2,786</b>	<b>2,797</b>	<b>1,103</b>	<b>0,396</b>

<b>MÁRMORE BRANCO – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,774	2,787	1,307	0,471
2	2,789	2,801	1,196	0,429
3	2,802	2,807	0,486	0,173
4	2,797	2,807	1,034	0,370
5	2,771	2,779	0,745	0,269
6	2,824	2,827	0,301	0,107
7	2,813	2,822	0,887	0,315
8	2,825	2,831	0,592	0,210
9	2,779	2,791	1,181	0,425
10	2,787	2,793	0,607	0,218
<b>MÉDIA</b>	<b>2,796</b>	<b>2,804</b>	<b>0,834</b>	<b>0,299</b>

<b>GRANITO ARABESCO - SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,658	2,675	1,674	0,630
2	2,647	2,657	0,947	0,358
3	2,644	2,656	1,210	0,458
4	2,651	2,661	1,044	0,394
5	2,676	2,687	1,066	0,399
6	2,664	2,673	0,853	0,320
7	2,649	2,659	1,034	0,390
8	2,627	2,635	0,822	0,313
9	2,653	2,662	0,934	0,352
10	2,610	2,619	0,967	0,370
<b>MÉDIA</b>	<b>2,648</b>	<b>2,658</b>	<b>1,055</b>	<b>0,398</b>

<b>GRANITO ARABESCO – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,967	2,976	0,863	0,291
2	2,962	2,978	1,602	0,541
3	2,457	2,464	0,628	0,256
4	2,687	2,694	0,777	0,289
5	2,397	2,455	0,781	0,230
6	2,846	2,872	2,561	0,900
7	2,814	2,828	1,328	0,472
8	2,765	2,775	1,045	0,378
9	2,198	2,212	1,445	0,344
10	2,522	2,551	1,009	0,287
<b>MÉDIA</b>	<b>2,786</b>	<b>2,798</b>	<b>1,258</b>	<b>0,447</b>

<b>GRANITO AMARELO FLORENÇA - SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,642	2,652	0,953	0,361
2	2,604	2,609	0,502	0,193
3	2,630	2,639	0,867	0,330
4	2,617	2,629	1,238	0,473
5	2,146	2,160	1,411	0,448
6	2,318	2,329	1,085	0,468
7	2,611	2,619	0,793	0,304
8	2,625	2,637	1,194	0,455
9	2,607	2,618	1,010	0,388
10	2,601	2,609	0,808	0,310
<b>MÉDIA</b>	<b>2,584</b>	<b>2,593</b>	<b>0,939</b>	<b>0,365</b>

<b>GRANITO AMARELO FLORENÇA – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,625	2,627	0,202	0,077
2	2,612	2,622	0,937	0,359
3	2,643	2,644	0,106	0,040
4	2,628	2,631	0,382	0,145
5	2,599	2,607	0,748	0,288
6	2,602	2,612	0,982	0,377
7	2,617	2,630	1,265	0,483
8	2,628	2,636	0,744	0,283
9	2,656	2,659	0,301	0,114
10	2,634	2,638	0,361	0,137
<b>MÉDIA</b>	<b>2,624</b>	<b>2,630</b>	<b>0,603</b>	<b>0,230</b>

<b>GRANITO MARRON IMPERIAL - SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,491	2,501	1,007	0,404
2	2,691	2,705	1,462	0,543
3	2,657	2,671	1,385	0,521
4	2,654	2,664	1,053	0,397
5	2,699	2,710	1,127	0,418
6	2,650	2,661	1,096	0,414
7	2,544	2,552	0,792	0,311
8	2,673	2,682	0,968	0,362
9	2,080	2,086	0,596	0,286
10	2,761	2,769	0,784	0,284
<b>MÉDIA</b>	<b>2,590</b>	<b>2,600</b>	<b>1,027</b>	<b>0,394</b>

<b>GRANITO MARRON IMPERIAL – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,924	2,934	1,006	0,344
2	2,853	2,862	0,928	0,325
3	2,592	2,601	0,820	0,316
4	2,679	2,687	0,799	0,298
5	2,886	2,892	0,595	0,206
6	2,592	2,604	1,227	0,473
7	2,437	2,442	0,541	0,222
8	2,603	2,608	0,505	0,194
9	2,785	2,789	0,465	0,167
10	2,577	2,590	1,238	0,480
<b>MÉDIA</b>	<b>2,693</b>	<b>2,701</b>	<b>0,812</b>	<b>0,303</b>

<b>GRANITO VERDE MERUOCA CLÁSSICO - SÃO</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,559	2,571	1,226	0,479
2	2,506	2,531	2,511	1,002
3	2,553	2,569	1,551	0,607
4	2,569	2,585	1,669	0,650
5	2,546	2,569	2,362	0,928
6	2,544	2,560	1,602	0,630
7	2,585	2,602	1,709	0,661
8	2,589	2,614	2,528	0,976
9	2,639	2,659	1,964	0,744
10	2,814	2,834	1,998	0,710
<b>MÉDIA</b>	<b>2,590</b>	<b>2,609</b>	<b>1,912</b>	<b>0,739</b>

<b>GRANITO VERDE MERUOCA CLÁSSICO – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,579	2,594	1,564	0,606
2	2,462	2,473	1,111	0,451
3	2,831	2,838	0,694	0,245
4	2,898	2,914	1,604	0,554
5	2,615	2,628	1,284	0,491
6	2,697	2,708	1,182	0,438
7	2,159	2,165	0,636	0,294
8	2,579	2,588	0,911	0,353
9	3,044	3,060	1,542	0,507
10	2,902	2,913	1,057	0,364
<b>MÉDIA</b>	<b>2,676</b>	<b>2,688</b>	<b>1,158</b>	<b>0,430</b>

<b>GRANITO VERMELHO VENTURA - NATURAL</b>				
<b>AMOSTRA NATURAL</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,606	2,615	0,984	0,378
2	2,613	2,626	1,291	0,494
3	2,647	2,659	1,250	0,472
4	2,626	2,638	1,144	0,436
5	2,590	2,604	1,397	0,539
6	2,579	2,590	1,171	0,454
7	2,594	2,604	1,038	0,400
8	2,703	2,709	0,586	0,217
9	2,646	2,662	1,531	0,578
10	2,811	2,822	1,046	0,372
<b>MÉDIA</b>	<b>2,642</b>	<b>2,653</b>	<b>1,144</b>	<b>0,434</b>

<b>GRANITO VERMELHO VENTURA – COM + 5 ANOS</b>				
<b>AMOSTRA ALTERAÇÃO</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SECA</b>	<b>MASSA ESP. APARENTE SATURADA</b>	<b>POROSIDADE APARENTE (%)</b>	<b>ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)</b>
1	2,553	2,563	1,003	0,393
2	2,691	2,700	0,885	0,329
3	2,503	2,513	1,069	0,305
4	2,624	2,634	1,066	0,406
5	2,598	2,612	1,405	0,541
6	2,688	2,696	0,862	0,321
7	2,650	2,659	0,867	0,327
8	2,707	2,725	1,751	0,647
9	2,899	2,906	0,738	0,254
10	2,793	2,804	1,055	0,378
<b>MÉDIA</b>	<b>2,689</b>	<b>2,700</b>	<b>1,070</b>	<b>0,400</b>

## ANEXO 2. ÍNDICE DE BRILHO

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO				VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007	
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	
<b>MÁRMORE BEGE BAHIA - 5 ANOS - BAHIA</b>	1	47	40	40	40	15	13	24	
	2	51	30	30	27	10	20	15	
	3	48	35	40	37	15	15	10	
	4	56	24	22	22	13	34	3	
	5	42	39	42	40	10	24	5	
	6	57	37	43	41	13	40	10	
	7	60	19	15	15	27	35	18	
	8	56	10	7	7	15	30	20	
	9	43	7	5	5	25	15	15	
	10	39	4	4	3	30	28	20	
	11	35	5	3	1	25	30	27	
	12	48	7	6	4	25	25	30	
	13	54	13	3	7	20	30	25	
	14	59	17	7	3	30	20	20	
	15	60	24	20	20	35	10	20	
	16	52	35	40	40	24	5	27	
	17	56	33	42	42	40	8	40	
	18	50	35	35	35	34	15	34	
	19	60	25	7	7	24	20	17	
	20	54	18	14	14	30	33	20	
	21	59	13	13	13	23	40	35	
	22	60	10	8	8	12	25	20	
	23	53	17	14	14	10	35	27	
	24	49	20	25	25	12	12	15	
	25	44	27	25	35	20	8	30	
	26	48	30	27	27	32	15	25	
	27	57	25	30	37	13	25	27	
	28	60	18	19	19	17	10	25	
	29	55	13	15	15	25	26	30	
	30	49	10	7	17	26	20	20	
	<b>MÉDIA</b>	52,0	21,3	20,3	20,7	21,7	22,2	21,8	

## MEDIÇÃO DE BRILHO – BEGE BAHIA (10 ANOS)

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>MÁRMORE BEGE BAHIA - 10 ANOS - BAHIA</b>	1	47	40	37	37	24	13	10
	2	51	30	28	25	15	20	15
	3	48	23	23	20	10	15	10
	4	56	20	17	15	3	20	3
	5	42	17	23	22	5	17	5
	6	57	14	21	20	10	25	10
	7	60	12	15	14	8	18	18
	8	56	8	7	7	10	20	20
	9	43	5	3	5	15	15	15
	10	39	10	4	5	2	20	20
	11	35	1	3	4	5	27	27
	12	48	7	6	5	8	25	27
	13	54	20	19	18	9	15	25
	14	59	17	13	10	10	20	10
	15	60	21	20	17	15	10	15
	16	52	2	23	21	27	5	27
	17	56	1	17	20	20	1	30
	18	50	0	10	10	27	3	22
	19	60	8	7	10	17	7	17
	20	54	12	14	13	20	15	10
	21	59	9	9	10	25	19	9
	22	60	10	8	8	20	20	20
	23	53	19	14	15	27	17	15
	24	49	28	25	25	15	12	4
	25	44	30	28	30	20	8	7
	26	48	25	20	20	18	15	9
	27	57	20	16	15	20	25	25
	28	60	18	10	12	14	10	20
	29	55	24	8	10	25	17	17
	30	49	20	7	6	20	20	14
	<b>MÉDIA</b>	52,0	15,7	15,2	15,0	15,5	15,8	15,9

## MEDIÇÃO DE BRILHO – BEGE BAHIA (15 ANOS)

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>MÁRMORE BEGE BAHIA - BAHIA</b>	1	47	18	17	15	17	13	20
	2	51	20	15	10	15	15	17
	3	48	25	20	17	10	15	10
	4	56	20	22	20	20	17	9
	5	42	25	27	25	5	10	5
	6	57	17	25	20	10	20	13
	7	60	5	2	2	8	15	18
	8	56	2	3	3	10	14	20
	9	43	0	0	0	15	15	15
	10	39	0	0	0	2	10	7
	11	35	2	0	0	5	20	10
	12	48	1	1	1	8	25	13
	13	54	10	7	7	9	15	20
	14	59	25	20	15	10	20	8
	15	60	20	17	17	15	17	15
	16	52	22	18	15	17	5	20
	17	56	30	27	20	20	10	25
	18	50	25	25	23	21	9	22
	19	60	20	15	15	17	17	17
	20	54	15	18	18	15	15	10
	21	59	10	7	10	13	19	9
	22	60	12	12	15	10	20	20
	23	53	15	13	20	19	17	15
	24	49	25	20	17	15	12	4
	25	44	20	20	18	20	10	7
	26	48	27	21	20	18	15	9
	27	57	23	20	18	20	7	25
	28	60	17	15	15	14	8	20
	29	55	8	10	13	25	10	17
	30	49	5	8	10	20	15	14
	<b>MÉDIA</b>	52,0	15,5	14,2	13,3	14,1	14,3	14,5

## MEDIÇÃO DE BRILHO – MÁRMORE BRANCO

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>MÁRMORE BRANCA - 5 ANOS - PARAÍBA</b>	1	50	49	47	45	45	48	50
	2	65	57	50	47	53	50	45
	3	60	53	47	51	45	49	47
	4	51	50	45	49	50	50	55
	5	50	47	41	47	49	45	40
	6	65	64	61	43	45	48	50
	7	70	50	49	45	50	47	49
	8	69	54	54	55	45	50	55
	9	50	49	56	52	45	55	45
	10	59	52	50	47	50	40	50
	11	65	57	55	52	45	49	52
	12	56	50	50	53	50	50	40
	13	65	55	62	50	54	48	48
	14	54	50	57	50	43	55	45
	15	60	47	45	45	48	47	50
	16	55	50	46	40	56	51	47
	17	60	55	43	44	54	40	49
	18	50	32	35	40	50	55	50
	19	57	49	45	43	45	43	50
	20	55	51	50	48	48	52	50
	21	59	47	51	45	45	50	48
	22	60	32	49	50	42	45	50
	23	62	38	35	49	45	52	54
	24	64	57	50	51	39	50	47
	25	69	51	47	47	50	45	55
	26	70	42	40	40	54	47	48
	27	65	55	51	43	55	43	50
	28	52	50	55	50	50	47	45
	29	59	57	50	55	52	50	48
	30	55	53	49	47	40	48	50
	<b>MÉDIA</b>	59,4	50,1	48,8	47,4	48,1	48,3	48,7

## MEDIÇÃO DE BRILHO - GRANITO ARABESCO

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>GRANITO ARABESCO - 5 ANOS - ESPRITO SANTOS</b>	1	70	60	58	55	60	55,0	62,0
	2	65	55	54	53	58	48,0	55,0
	3	60	60	58	56	47	55,0	70,0
	4	59	59	53	50	49	50,0	66,0
	5	64	55	59	57	55	65,0	60,0
	6	70	54	59	58	60	60,0	50,0
	7	74	50	57	60	73	54,0	57,0
	8	63	53	56	58	55	49,0	59,0
	9	60	52	51	58	60	52,0	71,0
	10	62	61	55	57	50	55,0	65,0
	11	68	57	55	53	52	45,0	57,0
	12	58	61	50	57	51	48,0	52,0
	13	62	60	58	55	54	50,0	56,0
	14	71	50	57	53	50	57,0	65,0
	15	57	55	51	50	60	50,0	57,0
	16	62	59	59	56	70	70,0	59,0
	17	63	54	55	54	70	50,0	60,0
	18	64	55	58	55	67	55,0	64,0
	19	73	55	60	57	58	63,0	60,0
	20	70	52	55	55	60	61,0	55,0
	21	68	55	58	55	50	57,0	55,0
	22	75	60	55	57	55	60,0	60,0
	23	69	52	55	57	50	65,0	56,0
	24	73	54	55	53	52	70,0	55,0
	25	75	55	53	50	50	57,0	59,0
	26	70	54	54	53	57	70,0	54,0
	27	55	55	50	49	50	67,0	50,0
	28	70	55	58	57	55	50,0	58,0
	29	67	60	59	60	49	57,0	60,0
	30	60	53	51	58	50	60,0	55,0
	<b>MÉDIA</b>	65,9	55,7	55,5	55,2	55,9	56,8	58,7

## MEDIÇÃO DE BRILHO – AMARELO FLORENÇA

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>GRANITO AMARELO FLORENÇA - 5 ANOS - MINAS GERAS</b>	1	60	59	57	55	56	61	67
	2	59	58	55	51	50	54	50
	3	55	51	53	57	70	47	70
	4	59	58	55	48	60	67	61
	5	64	63	60	61	55	55	55
	6	71	59	55	59	60	58	59
	7	74	57	54	60	50	67	54
	8	66	53	55	56	54	60	50
	9	63	56	68	72	50	50	71
	10	65	55	57	55	55	55	65
	11	68	59	59	57	55	52	57
	12	70	55	56	60	45	63	55
	13	68	54	59	55	48	60	50
	14	71	55	50	53	55	55	65
	15	57	60	51	57	55	50	50
	16	65	57	53	56	72	57	53
	17	63	59	57	56	65	52	53
	18	73	56	59	55	70	62	64
	19	69	60	63	60	62	67	67
	20	70	65	59	60	65	60	70
	21	68	60	54	57	70	54	60
	22	75	59	57	55	67	50	64
	23	69	57	53	54	62	65	56
	24	73	65	58	57	60	65	67
	25	75	57	56	55	56	70	55
	26	70	55	59	58	70	64	60
	27	60	53	55	56	55	68	54
	28	65	70	72	58	67	63	70
	29	67	50	55	67	65	70	67
	30	70	47	55	53	72	72	72
	<b>MÉDIA</b>	66,7	57,4	57,0	57,1	59,6	60,1	60,4

## MEDIÇÃO DE BRILHO - GRANITO VERMELHO VENTURA

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>GRANITO VERMELHO VENTURA - 5 ANOS - PERNAMBUCO</b>	1	70	52	50	53	60	61	67
	2	60	50	47	45	55	54	50
	3	55	52	50	49	70	50	70
	4	59	54	55	50	50	67	61
	5	64	50	50	54	54	55	55
	6	70	48	51	54	60	58	59
	7	73	50	53	55	50	60	55
	8	63	49	52	50	55	60	50
	9	65	51	51	47	55	50	71
	10	60	52	50	49	55	55	60
	11	63	53	54	47	49	52	57
	12	62	53	50	49	50	63	55
	13	62	55	53	50	48	60	50
	14	65	54	50	47	54	55	60
	15	60	47	50	52	50	50	50
	16	62	51	50	55	65	55	53
	17	63	50	54	50	50	52	53
	18	64	53	53	55	65	62	64
	19	71	51	53	51	55	56	63
	20	72	52	49	50	60	60	65
	21	68	51	45	53	60	54	60
	22	70	46	45	50	55	50	64
	23	65	48	47	55	62	65	56
	24	73	51	47	55	60	60	60
	25	70	48	50	52	56	70	50
	26	60	49	47	51	65	64	60
	27	55	43	50	50	55	55	54
	28	68	47	60	48	60	50	57
	29	59	45	52	50	55	60	50
	30	58	51	50	49	50	54	56
	<b>MÉDIA</b>	64,3	50,2	50,6	50,8	56,3	57,0	57,8

## MEDIÇÃO DE BRILHO – MARROM IMPERIAL

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	SÃ	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>GRANITO MARROM IMPERIAL - 5 ANOS - PERNAMBUCO</b>	1	70	50	55	50	60	55	58,0
	2	65	52	50	47	58	50	54,0
	3	60	49	52	50	50	65	55,0
	4	59	53	50	55	55	56	50,0
	5	64	50	50	53	45	50	59,0
	6	70	49	56	50	50	55	55,0
	7	74	50	55	57	73	65	57,0
	8	63	48	65	51	50	56	49,0
	9	60	52	55	55	55	52	51,0
	10	62	50	50	50	60	50	60,0
	11	68	55	47	54	45	55	55,0
	12	58	54	49	50	51	50	54,0
	13	62	47	50	56	54	57	55,0
	14	71	50	50	50	55	50	57,0
	15	57	52	55	55	60	49	65,0
	16	62	47	50	53	71	52	59,0
	17	63	50	60	56	58	49	50,0
	18	64	50	51	70	67	50	55,0
	19	73	48	54	49	58	51	60,0
	20	70	50	50	60	70	50	50,0
	21	68	45	52	55	50	57	58,0
	22	75	49	55	60	54	54	60,0
	23	69	52	53	59	50	60	55,0
	24	73	50	60	55	60	56	70,0
	25	75	55	58	60	50	57	53,0
	26	70	55	65	55	55	45	60,0
	27	55	50	67	50	54	54	55,0
	28	70	49	55	52	55	50	58,0
	29	67	47	60	60	56	55	50,0
	30	60	50	63	55	65	67	51,0
	MÉDIA	60,6	50,3	54,7	54,4	56,5	54,1	55,9

## MEDIÇÃO DE BRILHO – GRANITO VERDE MERUOCA

DENOM. DA ROCHA	NÚMERO DE LEITURA	Sã	INVERNO			VERÃO		
		JAN. 2007	ABR. 2007	JUN.2007	AGO. 2007	OUT. 2007	DEZ. 2007	FEV. 2007
		NATURAL	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.	ALTER.
<b>GRANITO VERDE MERUOCA CLÁSSICO - 5 ANOS - CEARÁ</b>	1	50	47	45	50	55	58	65
	2	55	45	51	47	50	54	50
	3	62	58	56	54	55	50	60
	4	55	51	49	50	50	60	55
	5	55	50	47	49	54	52	52
	6	60	45	48	50	50	50	55
	7	65	50	51	53	50	53	54
	8	57	59	55	57	55	60	50
	9	55	51	54	52	55	50	65
	10	52	48	50	50	55	55	60
	11	55	55	53	54	49	52	57
	12	60	54	53	53	50	50	52
	13	55	53	50	51	48	52	50
	14	54	51	50	52	54	55	55
	15	50	45	48	45	50	50	50
	16	51	46	50	43	65	55	53
	17	57	48	49	50	50	52	53
	18	50	47	45	54	60	55	64
	19	53	49	50	49	55	50	63
	20	52	51	49	55	52	55	60
	21	60	48	48	60	60	60	55
	22	57	50	57	51	55	55	53
	23	58	54	53	54	50	57	56
	24	54	53	52	55	55	60	50
	25	55	49	55	50	56	55	49
	26	48	50	55	50	65	52	47
	27	50	47	49	49	55	55	50
	28	53	53	51	52	50	52	52
	29	53	50	55	50	55	57	50
	30	50	48	50	55	50	54	53
	<b>MÉDIA</b>	54,7	50,2	50,9	51,5	53,8	54,2	54,6

## ANEXO 3. MODELO CHECK-LISTER

### FICHA DE IMÓVEL

#### DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: PORTO BELLO

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 10 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 3056

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

#### DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

#### TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

#### TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

MÁRMORE

ARDOSIA

PITURA

MARROM IMPERIAL

TRAVERTINO

CERÂMICA

VIDRO

PASTILHA

METALICA

#### TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

XIDAÇÃO

DE  OLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OU  OS

#### CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS

# FICHA DE IMÓVEL

## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: LUIZ IGNÁCIO

Nº PAVTO.: +10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 15 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 2554

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

**MÁRMORE**

ARDOSIA

PITURA

**MARROM IMPERIAL**

**TRAVERTINO**

PASTILHA

METALICA

CERÂMICA

VIDRO

## TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 15 ANOS

## FICHA DO IMÓVEL



### DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: **BETÂNIA**

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 15 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

### DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

### TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

### TIPO DE REVESTIMENTO:

**GRANITO**

MARMORE

ARDOSIA

PITURA

**ARABESCO - MARRÓN IMPERIAL**

CERÂMICA

VIDRO

PASTILHA

METALICA

### TIPO DE PATOLOGIAS:

EFLORESCÊNCIAS

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

### CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

AMOSTRA ADQUIRIDA EM 10.11.2007 (+ 5 ANOS DE APLICAÇÃO DO GRANITO)

# FICHA DE IMÓVEL

## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: PORTO DAS ROCHAS

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 10 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 2574

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:



**GRANITO**



MÁRMORE



ARDOSIA



PITURA

**ARABESCO - VERDE UBATUBA**



CERÂMICA



VIDRO



PASTILHA



METALICA

## TIPO DE PATOLOGIAS:



EFLORESCÊNCIA



MANCHAMENTO



OXIDAÇÃO



ESCOLAMENTO DE PLACA



PERDA DE BRILHO



PERDA DE GRÃOS



OSTA NEGRAS



OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:



RUIM



REGULAR



BOM



ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS

## FICHA DE IMÓVEL



### DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: SAINT JUST

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 25 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 4632

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

### DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA: PETRUS ENGENHARIA

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE: (81) 3471-3479

EMAIL: petrus@petrusengenharia.com.br

OBSERVAÇÃO: www.petrusengenharia.com.br

### TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTRO

### TIPO DE REVESTIMENTO:

**GRANITO  
AMARELO FLORENÇA**

MARMORE  
BRANCO

ARDOSIA

PISOTA

CERÂMICA

VIDRO

PASTILHA

METÁLICA

### TIPO DE PATOLOGIAS:

EFLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

### CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

**AMOSTRA.....Mais o menos 5 ANOS**

# FICHA DO IMÓVEL



## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: SAINT JUST

Nº PAVTO.: +10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 30 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 4632

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA: PETRUS ENGENHARIA

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTRO

## TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

AMARELO FLORENÇA

MARMORE

ARDÓSIA

PINTURA

CERÂMICA

IDRO

PASTILHA

METAL

## TIPO DE PATOLOGIAS:

EFLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCASCAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS

# FICHA DE IMÓVEL

## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: BAHIA BLANCA

Nº PAVTO.:

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 15 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 4138

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

MÁRMORE

ARDOSIA

PITURA

VERMELHO VENTURA BRANCO

CERÂMICA

VIDRO

PASTILHA

METALICA

## TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

TROSTA NEGRAS

OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS



# FICHA DO IMÓVEL

## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: MARIA LÚCIA

Nº PAVTO.: TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 8 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 2492 BAIRRO: Boa Viagem CIDADE: Recife UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.: CEL.: FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR  MULTIFAMILIAR  
 COMERCIAL  OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:

**GRANITO VERMELHO VENTURA**  MÁRMORE BRANCO DRO  RDOSIA  PISTOLA  
 CERÂMICA  DRO  PASTILHA  METÁLICA

## TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA  MANCHAMENTO  OXIDAÇÃO  DESCOLAMENTO DE PLACA  
 PERDA DE BRILHO  PERDA DE GRÃOS  COSTA NEGRAS  FISSURAS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM  REGULAR  BOM  ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais o menos 5 anos

# FICHA DO IMÓVEL



## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: BAÍA DE VIGO

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 20 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA: Soares de Azevedo

ENGº RESP.:

CEL.: (81) 9194-1405

FONE: (81) 3327-8600

EMAIL: soaresdeazevedo@ig.com.br

OBSERVAÇÃO: Reforma na fachada

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

MARROM IMPERIAL

CERÂMICA

MARMORE

TRAVERTINO

VIDRO

ARDOSIA

PASTILHA

PITURA

METALICA

## TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO DE PLACAS

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

# FICHA DE IMÓVEL

## DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: MARIA REGINA

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 13 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 3136

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

## DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

## TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

## TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

MARROM IMPERIAL

MÁRMORE

ARDOSIA

PITURA

CERÂMICA

VIDRO

PASTILHA

METALICA

## TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

ESCOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

ROSTA NEGRAS

OUTROS

## CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS



## FICHA DE IMÓVEL

### DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: LUANGO

Nº PAVTO.: + 15

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 18 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 4040

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

### DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

### TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

### TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO

ÁRMORE

RDOSIA

PITU



VERDE MERUOCA CLÁSSICO

CERÂMICA

IDRO

ASTILHA

MET

ALUMINUMICA

### TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DESCOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

CROSTA NEGRAS

OUTROS

### CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais o menos 6 ANOS



## FICHA DE IMÓVEL

### DADOS DO IMÓVEL

EDIFÍCIO: ILHA BELLA

Nº PAVTO.: + 10

TEMPO DA CONSTRUÇÃO: + 10 anos

ENDEREÇO: Av. Boa Viagem

Nº 2110

BAIRRO: Boa Viagem

CIDADE: Recife

UF: PE

### DADOS TÉCNICOS

CONSTRUTORA:

ENGº RESP.:

CEL.:

FONE:

EMAIL:

OBSERVAÇÃO:

### TIPO DA EDIFICAÇÃO:

UNIFAMILIAR

MULTIFAMILIAR

COMERCIAL

OUTROS

### TIPO DE REVESTIMENTO:

GRANITO  
VERDE MERUOCA

MÁRMORE  
BRANCO

ADOSIA

PÉTRA

CERÂMICA

VIDRO

ESTILHA

MALICA

### TIPO DE PATOLOGIAS:

FLORESCÊNCIA

MANCHAMENTO

OXIDAÇÃO

DECOLAMENTO DE PLACA

PERDA DE BRILHO

PERDA DE GRÃOS

ROSTA NEGRAS

OUTROS

### CONDIÇÕES DA EDIFICAÇÃO:

RUIM

REGULAR

BOM

ÓTIMO

Recife, 10/11/2007

AMOSTRA.....Mais 10 ANOS

## **ANEXO 4. MODELO DO QUESTIONÁRIO**

### **QUESTIONÁRIO**

1. Quando e de que forma foram constatadas as alterações (patologias) ?
2. Tais alterações já foram objeto de intervenções e, caso afirmativo, quais e com que resultados?
3. No decorrer da construção foram feitas modificações no projeto, na execução ou na escolha dos materiais?
4. Foram tomadas as medidas necessárias quanto à manutenção e limpeza?
5. O usuário se recorda de algum fato que possa estar ligado ao aparecimento do problema?
6. O tempo de aplicação do revestimento pétreo?