

Monografia

ROCHAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TIPOS, APLICAÇÕES E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO.

Autora: Claudia Cristina da Silva

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Janeiro/2014

CLAUDIA CRISTINA DA SILVA

**ROCHAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
TIPOS, APLICAÇÕES E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia da UFMG

Ênfase: Gestão e tecnologia na construção civil

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

A minha família e ao meu namorado pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e coragem para trilhar mais este caminho em minha vida.

Aos meus familiares, especialmente a minha mãe, pelo eterno carinho, amizade e união.

Ao meu namorado, pela compreensão, devido ao pouco tempo que tive para estar com ele durante este período.

Aos professores deste curso de especialização da UFMG, especialmente ao meu orientador, sempre muito prestativo e dedicado.

“...aprender não é um ato findo. Aprender é um exercício constante de renovação...”.

Paulo Freire

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa do trabalho	16
1.2 Objetivo geral	16
1.3 Objetivos específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Breve resumo histórico	18
2.1.1 Conceito de rochas	24
2.1.2 Conceito de minerais	24
2.1.3 Conceito de rochas ornamentais e para revestimento	25
2.1.4 Determinação da natureza das rochas – aspectos importantes.....	26
2.1.5 Estrutura	27
2.1.6 Textura	28
2.1.7 Granulometria.....	28
2.1.8 Classificação geológica das rochas	28
2.1.9 Rochas ígneas.....	28
2.1.10 Rochas sedimentares	30
2.1.11 Rochas metamórficas	30
2.1.12 Classificação tecnológica.....	31
2.1.13 Mineralogia das rochas.....	31
2.1.14 Principais minerais constituintes das rochas.....	32
2.1.15 Minerais silicatados.....	32
2.1.16 Quartzo.....	32
2.1.17 Feldspatos	33
2.1.18 Plagioclásio.....	33
2.1.19 Micas	34

2.1.20 Piroxênios	34
2.1.21 Anfibólios	35
2.1.22 Feldspatóides	35
2.1.23 Olivina.....	35
2.1.24 Talco.....	36
2.1.25 Minerais não silicatados.....	36
2.1.26 Calcita.....	36
2.1.27 Dolomita	36
2.1.28 Propriedades petrográficas.....	37
2.1.29 Propriedades físicas	37
2.1.30 Cor.....	38
2.1.31 Fratura.....	38
2.1.32 Homogeneidade	38
2.1.33 Densidade	39
2.1.34 Porosidade	39
2.1.35 Permeabilidade.....	40
2.1.36 Higroscopicidade	42
2.1.37 Gelividade.....	42
2.1.38 Condutibilidade térmica e elétrica	42
2.1.39 Dilatação térmica	43
2.1.40 Dureza	43
2.1.41 Aderência	44
2.1.42 Propriedades mecânicas	44
2.1.43 Resistência à compressão.....	44
2.1.44 Resistência à tração	45
2.1.45 Resistência à flexão.....	46

2.1.46 Resistência ao cisalhamento	46
2.1.47 Resistência ao desgaste.....	46
2.1.48 Resistência ao choque.....	47
2.1.49 Propriedades térmicas	47
2.1.50 Condutividade térmica	47
2.1.51 Calor específico	48
2.1.52 Dilatação térmica	48
2.2 Principais tipos de rocha usados como material de construção	49
2.2.1 Granitos	49
2.2.2 Sienitos.....	51
2.2.3 Monzonitos	52
2.2.4 Dioritos	53
2.2.5 Gabros, Diabásios e Basaltos.....	54
2.2.6 Gnaisses.....	54
2.2.7 Arenitos	55
2.2.8 Quartzitos	56
2.2.9 Mármorees	57
2.2.10 Calcários.....	58
2.2.11 Ardósias.....	60
2.2.12 Serpentinóis.....	61
2.3 Critérios para escolha e seleção.....	62
2.3.1 Condições técnicas.....	64
2.3.2 Resistência.....	64
2.3.3 Trabalhabilidade	65
2.3.4 Durabilidade.....	65
2.3.5 Condições econômicas.....	65

2.3.6 Condições estéticas.....	66
2.3.7 Principais campos de aplicação das rochas na construção civil	66
2.3.8 Alvenarias e cantarias.....	66
2.3.9 Pavimentação	67
2.3.10 Revestimentos	67
2.3.11 Agregados para concreto.....	67
2.3.12 Agregados para lastro de ferrovias	68
2.3.13 Orientações para colocação	68
2.3.14 Produção da rocha para a construção civil	71
2.3.15 Transformações dos materiais pétreos.....	73
2.3.16 Desmonte	73
2.3.17 Lavra da rocha e possibilidade de acabamento	74
2.3.18 Causas das deteriorações / alterabilidade da rocha.....	77
2.3.19 Defeitos das rochas	79
2.3.20 Principais patologias	80
2.3.21 Modificação na coloração da rocha.....	80
2.3.22 Manchamentos	80
2.3.23 Cristalização de sais	82
2.3.24 Perda de brilho	82
2.3.25 Riscos.....	83
2.3.26 Deterioração	83
2.3.27 Recomendações para conservação das rochas	84
3. CONCLUSÃO	87
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Nurague.....	19
Figura 02 – Dólmen de Axeitos – Galícia.....	19
Figura 03 – Stonehenge – Inglaterra.....	21
Figura 04 – Menhir Raposeira - Portugal.....	21
Figura 05 – Parthenon – Acrópole de Atenas.....	22
Figura 06 – Mosteiro de Batalha - Portugal.....	23
Figura 07 – Quartzo rosa.....	33
Figura 08 – Placa espessa de muscovita.....	34
Figura 09 – Imagens de piroxênios.....	34
Figura 10 – Sodalita, um feldspatóide.....	35
Figura 11 – Imagem de olivina.....	35
Figura 12 – Imagem de calcita.....	36
Figura 13 – Agregado de cristais de dolomita.....	36
Figura 14 – Rocha sedimentar muito porosa.....	41
Figura 15 – Mudança da disposição dos grãos.....	41
Figura 16 – Variação nas dimensões dos grãos.....	41
Figura 17 – Variação nas dimensões dos grãos.....	41
Figura 18 – Aumento da porosidade e permeabilidade da rocha.....	41
Figura 19 – Placa de granito polido.....	50
Figura 20 – Desenho esquemático.....	50
Figura 21 – Uso do granito.....	50
Figura 22 – Ambiente interno.....	51
Figura 23 – Superfície polida de placas de sienito.....	52
Figura 24 – Blocos brutos de sienito.....	52
Figura 25 – Bloco bruto de diorito.....	53

Figura 26 – Superfície polida de gnaisse.....	55
Figura 27 – Esquema da figura 26.....	55
Figura 28 – Arenitos de diversas colorações.....	56
Figura 29 – Quartzito (Green Salmon)	57
Figura 30 – Quartzito (Majestic Brown).....	57
Figura 31 – Placas polidas de mármore	58
Figura 32 – Placa bruta de calcário com estruturas sedimentares.....	59
Figura 33 – Placa de calcário em revestimento de fachada	59
Figura 34 – Revestimento em ardósia cinza.....	60
Figura 35 – Piso combinado de seixos e lajões de ardósia cinza	61
Figura 36 – Telhado em ardósia ferrugem	61
Figura 37 – Roteiro para escolha e seleção de rochas	63
Figura 38 – Principais solicitações em rochas para revestimento.....	63
Figura 39 – Condições que devem ser observadas na escolha da pedra.....	64
Figura 40 – Fachada aerada.....	69
Figura 41 – Extração de pedreira a céu aberto.....	71
Figura 42 – Fracionamento de blocos através da introdução de cunhas.....	73
Figura 43 – Desmonte com recurso a meios mecânicos.....	74
Figura 44 – Corte de uma placa a partir de um bloco de rocha.....	75
Figura 45 – Lavra mecânica de rocha.....	75
Figura 46 – Lavra mecânica – disco de abrasão para polimento.....	76
Figura 47 – Pormenor da Torre de Belém.....	86

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A.C. – Antes de Cristo.

AMAR / MG - Associação dos Mineradores e Beneficiadores de Ardósia de Minas Gerais.

NBR – Norma brasileira.

LABTEC Rochas - Laboratório de Caracterização de Rochas Ornamentais.

UNESP – Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Este trabalho descreve os requisitos que devem ser observados para uma correta especificação, uso e conservação adequada das rochas no âmbito da construção civil. Neste aspecto, são abordados tópicos como a origem geológica das rochas; as propriedades físicas e mecânicas deste material; os principais campos de utilização; os processos de extração e transformação; os métodos de colocação; as causas de deterioração e, por fim, os mecanismos de proteção que podem ser adotados.

Palavras chave: rochas, especificação, propriedades, uso, conservação.

ABSTRACT

This work describes the requirements that must be observed for a correct specification, use and right conservation of the rocks in the scope of the civil construction. In this respect, are addressed topics such as the geological origin of the rocks; the physical and mechanical properties of this material; the main fields of use; the processes of extraction and processing; the methods of placement; the causes of deterioration and, finally, the mechanisms of protection that can be adopted.

Key words: rocks, specification, properties, use, conservation.

1. INTRODUÇÃO

As rochas são empregadas na construção desde a mais remota antiguidade. Ao longo do tempo a utilização deste material se intensificou, diversificou e atualmente este recurso natural vem sendo aplicado em diversas finalidades construtivas, seja como fundação, agregados para concreto, pavimentações, alvenarias e revestimento de edificações.

É um material que para as aplicações que lhe são peculiares, a natureza o oferece pronto e pode-se contar com muitas variedades, cores e texturas (CAVALCANTI, 1951).

Este trabalho enfoca as principais características geológicas, as propriedades, tipos rochosos, métodos de assentamento e possíveis patologias que podem ocorrer no emprego das rochas. Os conhecimentos destes aspectos tornam-se valiosos para uma correta especificação e aplicação deste material pétreo. De acordo com FRAZÃO (2002) o comportamento que uma rocha apresentará em uma obra está intimamente relacionado com as suas propriedades, composição mineralógica, textura e estrutura. Estas características é que nortearão a resposta, satisfatória ou não, às solicitações químicas e físico-mecânicas do meio ambiente (seja este na escala micro ambiental, como por exemplo, num concreto, ou macro ambiental, como por exemplo, em revestimento de exteriores de edificações).

Quando todas estas características não são bem conhecidas os riscos de insucessos no emprego das rochas na construção civil podem ocorrer. Os principais problemas resumem-se em: ocorrência de alto desgaste quando da utilização de rochas de baixa dureza como revestimento de pisos e degraus de escadarias; aparecimento de manchas, ou orifícios, em revestimento de exteriores devido ao uso de rochas com minerais secundários sulfetados, que se decompõe ante as ações intempéricas; surgimento de manchas em revestimento de exteriores e de interiores quando do uso de rochas com alto grau de absorção de água,

principalmente quando a argamassa de assentamento das placas no piso ou na parede apresenta alta relação água/cimento (FRAZÃO, 2002).

Verifica-se que a rocha traz consigo resultante de sua formação geológica, os requisitos de resistência e durabilidade, insuperáveis por muitos materiais, desde que sejam atendidas as condições em que deve ser aplicada, e que, dentre as muitas variedades com que ela se apresenta, a correta escolha seja adotada (CAVALCANTI, 1951).

1.1 Justificativa do trabalho

Em função da diversificação do uso e dos tipos rochosos possíveis de serem empregados na construção civil, faz-se necessário, para a aplicação correta deste material, a obtenção de um conhecimento prévio de suas propriedades, constituição e características intrínsecas.

Muitas vezes erros de especificação ocorrem em razão do desconhecimento de muitos aspectos e particularidades apresentadas pelos materiais pétreos. Da mesma forma, as deteriorações que podem ocorrer decorrem não de problemas na própria rocha, mas sim por falta de ciência das técnicas de colocação, limpeza e manutenção.

Neste aspecto, este trabalho busca apresentar os diversos parâmetros que devem ser observados para uma correta seleção, escolha, uso, adequação e conservação deste material em uma construção.

1.2 Objetivo geral

Este estudo tem por finalidade abordar o uso da rocha na construção civil.

1.3 Objetivos específicos

- Abordar sobre a gênese das rochas, detalhando os grupos existentes e os minerais que as constituem;
- Descrever as propriedades petrográficas, físicas, mecânicas e térmicas deste material;
- Explanar sobre as várias possibilidades de aplicação das rochas na construção civil;
- Apresentar os tipos principais de deterioração que podem ocorrer, as causas e os mecanismos de conservação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve resumo histórico

Segundo PETRUCCI (1973), as rochas são os materiais naturais mais antigos utilizados pelo homem. Um facilitador para o uso deste material pelos povos primitivos, é que ele pôde ser usado sem praticamente nenhuma alteração do seu estado natural.

Costuma-se chamar a época quaternária, do aparecimento do homem de Idade da Pedra. Por sua vez, esta Idade é dividida em três etapas: a paleolítica, a mesolítica e a neolítica, e estende-se, por suposição, desde 500.000 A.C. até 1.500 A.C. (PETRUCCI, 1973).

No período conhecido como Neolítico Superior surgiram os primeiros monumentos em rocha. Como exemplos são citadas as construções (explanadas adiante) conhecidas como **nurague, dólmens, menhir e tumuli**.

O período Neolítico ou “nova pedra” (7.000 A.C. a 2.500 A.C.) se divide em Inferior e Superior. O período Inferior compreende a fase do uso da pedra lascada. O período Superior compreende a última fase da Idade da Pedra, caracterizada pela presença de armas e ferramentas de pedra polida. O período Neolítico também é conhecido como período Megalítico. Megálito é de origem grega e significa grande pedra (FREDDO, 2008).

Esta época, de acordo com RODRIGUES (2013), tem como característica as proximidades com rios, cujas cheias regulares ajudavam na fertilização do solo e como consequência aumentavam o cultivo agrícola. Também neste período houve a descoberta do fogo e do metal, que aliadas às transformações no ambiente, permitiram ao homem um maior controle da natureza.

Dessa maneira, o homem inicia o processo de abandono das cavernas e passa a construir suas próprias moradias. Essas moradias são conhecidas e denominadas **Nuragues**, que significam construções edificadas em rocha. Tinham formas de cone, como se fossem fendas, e não possuíam nenhum outro material que provocasse uma mistura ou até mesmo a união dessas fendas – vide figura 01.



Figura 01 – Nurague (RODRIGUES, 2013).

Os **dólmens**, por sua vez, são formados por lajes de rochas lamelares colocadas na vertical, sobre a qual se assentavam outra laje na horizontal – vide figura 02. Eles serviam como locais de culto fúnebre (PÁDUA, 2013).

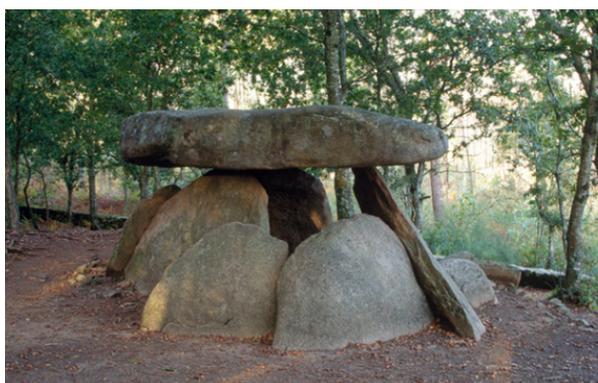


Figura 02 – Dólmen de Axeitos – Galícia (FREDDO, 2008).

Um outro exemplo de dólmen que pode ser citado é Stonehenge (do inglês arcaico “stan” = pedra e “heng” = eixo). Este monumento megalítico localiza-se na planície de Salisbury, próximo a Amesbury, em Wiltshire, no sul da Inglaterra (SILVEIRA, 2010).

Ainda de acordo com SILVEIRA (2010), Stonehenge é uma estrutura composta, formada por círculos concêntricos de rochas que chegam a ter cinco metros de altura e a pesar quase cinquenta toneladas, onde se identificam três distintos períodos construtivos:

- O chamado Período I (cerca de 3.100 A.C.), quando o monumento não passava de uma simples vala circular com 97,54 metros de diâmetro, dispondo de uma única entrada. Internamente erguia-se um banco de rochas e um santuário de madeira. Cinquenta e seis furos externos ao seu perímetro continham restos humanos cremados. O círculo estava alinhado com o pôr do sol do último dia do inverno e com as fases da lua.
- Durante o chamado Período II (cerca de 2150 A.C) deu-se a realocação do santuário de madeira, a construção de dois círculos de rochas azuis (coloridas com um matiz azulado), o alargamento da entrada, a construção de uma avenida de entrada marcada por valas paralelas, alinhadas com o sol nascente do primeiro dia de verão e a construção do círculo externo, com 35 rochas que pesavam toneladas. As altas rochas azuis, que pesavam quatro toneladas, foram transportadas das montanhas de Gales, a cerca de 24 quilômetros ao norte.
- No chamado Período III (cerca de 2075 A.C.) as rochas azuis foram derrubadas e rochas de grandes dimensões (megálitos) – ainda no local – foram erguidas. Estas rochas, medindo em média 5,49 metros de altura e pesando cerca de 25 toneladas cada, foram transportadas do norte por 19 quilômetros. Entre 1.500 A.C. e 1.100 A.C., aproximadamente sessenta das rochas azuis foram restauradas e erguidas em um círculo

interno, com outras dezenove, colocadas em forma de ferradura, também dentro do círculo – vide figura 03.



Figura 03 – Stonehenge – Inglaterra (SILVEIRA, 2010).

O alinhamento de rocha colocado na vertical, conforme PETRUCCI (1973) é conhecido como **menhir** e surgiu posteriormente, sendo desconhecida a sua finalidade. – vide figura 04.



Figura 04 – Menhir Raposeira – Portugal (PÁDUA, 2013).

Posteriormente surgiram os “**tumuli**”, sepulcros megalíticos formados por corredores e galerias que apresentavam já um enorme desenvolvimento arquitetônico. Um dos mais belos exemplos é o da Cova de Menga, junto a Antioquia, na Espanha, com suas três pilastras sustentando a abóbada (PETRUCCI, 1973).

Ao longo da história o uso da rocha continuou presente nas construções. Na Grécia antiga, de acordo com CAVALCANTI (1951), alguns monumentos foram erigidos em rocha, como por exemplo, o Parthenon, construído na acrópole de Atenas (496 – 431 A.C.) – vide figura 05.



Figura 05 – Parthenon – Acrópole de Atenas (CAVALCANTI, 1951)

Na Índia grandiosos templos foram talhados na rocha, como o Kaila, que foi construído no século VIII e pode ser citado como sendo um exemplo de arquitetura monolítica. Os Egípcios construíram com rocha templos e túmulos que até hoje resistiram à destruição dos homens e dos séculos. O calcário, o arenito e o granito eram as pedras de que dispunham. As pirâmides de Quéops, Quefrem, Miquerinos, bem como a Esfinge, o templo de Carnac, dentre outros, são exemplos destas construções (CAVALCANTI, 1951).

Conforme PETRUCCI (1973) o uso das rochas se diversificou e elas estiveram ao longo do tempo presentes em variadas civilizações. Os seguintes exemplos de obras nas quais elas foram empregadas podem ser citados: Os primeiros aquedutos construídos pelos Etruscos; as estradas revestidas, obras advindas dos Fenícios; muitas obras públicas construídas pelos romanos, dentre outros.

Posteriormente na Idade Média, todos os países europeus também fizeram uso da rocha em suas mais variadas construções. Seguem os seguintes exemplos: O mosteiro de Batalha, construído em Portugal para comemorar a independência deste país – vide figura

06; o Louvre e a Notre Dame na França, construídos respectivamente nos séculos XI e XII; na Espanha algumas construções, como o castelo, mosteiro e igreja Escorial e o Palácio de Granada (PETRUCCI, 1973).

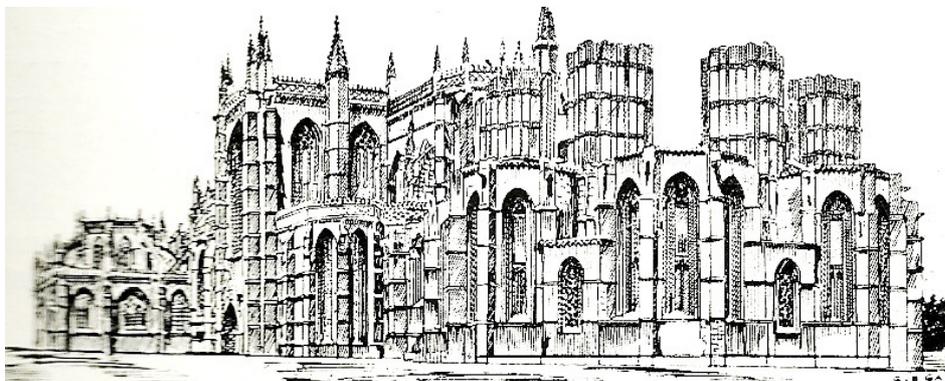


Figura 06 – Mosteiro de Batalha – Portugal (CAVALCANTI, 1951)

No Brasil o uso da rocha teve a sua grande expressão no período da colonização. As rochas foram utilizadas em variadas construções como em obras de fortificações, igrejas, casas senhoriais, fazendas, monumentos, etc. Em Minas Gerais, se destacaram os trabalhos arquitetônicos de Aleijadinho, que fez uso da pedra sabão (CAVALCANTI, 1951).

Após o aparecimento das construções metálicas no século XIX e do concreto armado no século XX, de acordo com PETRUCCI (1973), o uso da rocha sofreu um grande impacto. Estes novos materiais e técnicas tinham como característica a resistência aos esforços de tração; a rocha, em contrapartida, resiste bem a esforços de compressão. Em virtude disto, estes sistemas construtivos possibilitavam novas concepções e tipos estruturais. A partir de então, o uso da rocha passou a se limitar a muros de arrimo, fundações pouco profundas, blocos para pavimentação e lastro de ferrovias.

Ainda de acordo com PETRUCCI (1973), considerando a durabilidade da rocha e os belos efeitos arquitetônicos ocasionados com o seu uso, este material voltou a ocupar um papel de relevância nas construções, passando a ser empregado como revestimento de pisos e

paredes, funcionando neste caso como elemento de acabamento e proteção. Além disso, um dos grandes empregos da rocha atualmente é como parte integrante dos concretos.

2.1.1 Conceito de rochas

Rocha é definida como um corpo sólido natural, resultante de um processo geológico determinado, formado por agregados de um ou mais minerais, arranjados segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante sua formação. Também, podem ser corpos de material mineral não cristalino, como o vidro vulcânico e materiais sólidos orgânicos, como o carvão (ISAIA, 2007).

De acordo com LAMAGUTI (2001) quando uma rocha é constituída predominantemente por uma só espécie mineral ela é dita monominerálica. Exemplos são os quartzitos (quartzo), mármore calcíticos (calcita), mármore dolomíticos (dolomita), serpentinitos (serpentina). Quando uma rocha é formada por várias espécies minerais ela é dita poliminerálica. É o caso, por exemplo, dos granitos (quartzo, feldspatos, micas, anfibólios e piroxênios).

2.1.2 Conceito de minerais

Mineral é uma substância sólida natural, inorgânica e homogênea, que possui composição química definida e estrutura cristalina característica. Os minerais formam-se na natureza, por cristalização a partir de líquidos magmáticos ou soluções termais, pela recristalização

em estado sólido, ou, ainda, como produto de reações químicas entre sólidos e líquidos. (ISAIA, 2007).

Ainda de acordo com ISAIA (2007) os minerais podem se alterar (mudar de composição química e estrutura cristalina) tanto pela interação com líquidos magmáticos tardios, por processos designados de hidrotermais; quanto pela exposição as condições reinantes na superfície terrestre, as quais levam à geração dos minerais de alteração ou secundários (argilominerais e hidróxidos de ferro e alumínio, entre outros), como resultado das atividades intempéricas.

2.1.3 Conceito de rochas ornamentais e para revestimento

• Rochas Ornamentais

Segundo a norma da ABNT NBR 15012: Rochas para revestimentos de edificações – Terminologia (2003), rocha ornamental é todo material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer uma função estética.

O Laboratório de Caracterização de Rochas Ornamentais – LABTEC Rochas (2013), cita ainda que as rochas ornamentais podem ser aplicadas em monumentos, esculturas, arte funerária, bancadas, colunas, edificações, etc. Toda rocha ornamental deve ser identificada por um padrão estético, que leva em conta a cor, a textura e a presença ou não de estruturas nessa rocha. Essas características por sua vez são determinadas pelos processos geológicos responsáveis pela formação dessa rocha e pela presença de determinados minerais, orientações e deformações, dentre outros aspectos.

- **Rochas para revestimento**

Ainda de acordo com a norma da ABNT NBR 15012: Rochas para revestimentos de edificações – Terminologia (2003), rocha para revestimento é a pedra natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas em obras de construção civil.

De acordo com FRAZÃO (2002) na esfera comercial, tradicionalmente, as rochas ornamentais e para revestimento são agrupadas em duas grandes categorias: “granitos”, na qual se incluem as rochas silicáticas (ígneas e metamórficas), e “mármore”, entendidos como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar (calcários) ou metamórfica, passível de polimento.

Com a evolução do uso, variedades de materiais pétreos e das tecnologias associadas, essas designações se ampliaram e, atualmente, também englobam “quartzitos”, “arenitos”, “calcários”, “travertinos” e “ardósias”, cada qual objeto de normalização e especificação próprias (FRAZÃO, 2002).

2.1.4 Determinação da natureza das rochas – aspectos importantes

A determinação da natureza das rochas se inicia nos trabalhos de campo e se completa em laboratório. Em campo, procede-se ao mapeamento geológico, que inclui a observação, reconhecimento e registro dos tipos rochosos e suas associações, da forma de ocorrência, das estruturas presentes e outras feições importantes. Em laboratório são realizados os estudos petrográficos (usualmente por microscopia óptica), fundamentais para a correta caracterização tecnológica da rocha, pelos quais se obtém a classificação petrográfica, fornecida principalmente com base na composição mineralógica, arranjo espacial dos

minerais e granulometria, cada qual com maior importância relativa conforme o tipo de rocha (ISAIA, 2007).

Nesses trabalhos, ainda de acordo com ISAIA (2007), merecem destaque os aspectos relacionados a seguir.

2.1.5 Estrutura

A estrutura compreende a orientação e as posições de massas rochosas em uma determinada área, bem como as feições resultantes de processos geológicos como falhamentos, dobramentos, intrusões ígneas e outros (ISAIA, 2007).

Os tipos característicos de estrutura, de acordo com CAVALCANTI (1951) são:

Estrutura maciça – pertencente as rochas eruptivas ou sedimentares (explanadas adiante), de composição homogênea e não estratificadas, ou seja não dispostas em camadas;

Estrutura estratificada – pertencente as rochas sedimentares nas quais é possível diferenciar uma sequência de depósitos;

Estrutura xistosa – pertencente as rochas metamórficas (explanadas adiante), de xistosidade contínua. A xistosidade contínua, de acordo com LEINZ; AMARAL (2001) se caracteriza pelo arranjo dos minerais conforme planos paralelos.

2.1.6 Textura

A textura é o arranjo espacial microscópico dos minerais, muitas vezes exclusivos para alguns tipos de rochas, e está intimamente relacionada à mineralogia e às condições físicas vigentes durante a formação. A porosidade / permeabilidade e as resistências mecânicas em parte, dependem da textura, que também reflete o grau de coesão da rocha (ISAIA, 2007).

2.1.7 Granulometria

A granulometria refere-se ao tamanho dos grãos, um dos principais critérios de classificação das rochas sedimentares.

2.1.8 Classificação geológica das rochas

A norma da ABNT NBR 6502 – Rochas e solos – Terminologia (1995) – estabelece termos referentes ao estudo das rochas e solos, apresentando classificações quanto à origem, forma de ocorrência e propriedades destes materiais. As rochas classificam-se em três grandes grupos, descritos a seguir.

2.1.9 Rochas ígneas

Segundo ISAIA (2007) rochas ígneas ou magmáticas são aquelas que resultam da solidificação de material rochoso (denominado de magma), gerado no interior da crosta terrestre.

FRAZÃO (2002) cita que o magma, em determinadas circunstâncias, emerge na superfície terrestre, na forma de lava. Após esta lava ser expelida na superfície ela se solidifica e formam-se assim as rochas. As rochas resultantes são, por isso, denominadas **vulcânicas ou extrusivas**. Ao contrário, a consolidação do magma no interior da crosta gera rochas denominadas **plutônicas ou intrusivas**.

As rochas **plutônicas ou intrusivas**, formadas em profundidade, resultam de lentos processos de resfriamento e solidificação do magma, constituindo material cristalino geralmente de granulação grossa. Exemplos são: granitos, gabros, sienitos, dioritos e outros. As rochas **vulcânicas ou extrusivas** são formadas na superfície terrestre, ou nas suas proximidades, pelo extravasamento, explosivo ou não, de lava por orifícios vulcânicos. O rápido resfriamento resulta em material vítreo ou cristalino de granulação fina. Exemplos são: riólitos, basaltos e outros (ISAIA, 2007).

Há ainda, de acordo com a NBR 6502, mais uma classificação para as rochas ígneas, que ocorre em função da profundidade de origem e recebe a denominação de rocha hipoabissal. Estas rochas originam-se em profundidades intermediárias entre as plutônicas e as vulcânicas, tendo ocorrência em forma tubular (dique), camada (sill ou soleira) ou filonar. Por exemplo: apito, diabásio, pegmatito.

Dependendo do teor de sílica presente nas rochas ígneas, segundo FRAZÃO (2002) elas podem ser denominadas ácidas (> 65%), intermediárias (65 a 52%), básicas (52 a 45%) e ultrabásicas (< 45%). Nos tipos “ácidos”, o silício está presente tanto na forma de óxido (sílica), como na de silicato. O óxido aparece como quartzo. A presença de silício na forma de óxido confere maior dureza à rocha. As rochas ígneas são, na sua maioria, ótimos materiais de construção devido as características de alta resistência e durabilidade.

2.1.10 Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são aquelas formadas por meio da erosão, transporte (fluvial, marítimo ou eólico) e deposição de sedimentos (clastos ou detritos) derivados da desagregação e decomposição de rochas na superfície terrestre, da precipitação química ou, ainda, do acúmulo de fragmentos orgânicos (ISAIA, 2007).

As rochas clásticas ou detríticas provém de fragmentos (sedimentos) de rochas preexistentes, os quais se depositam em um dado ambiente e são consolidados por pressão de sobrecarga (das camadas superiores) e/ou por cimentação. Exemplo deste tipo de rocha é o arenito. Outros tipos de rochas sedimentares são as químicas, as quais são formadas a partir de íons dissolvidos na água que se combinam e precipitam na forma de substâncias, em geral, cristalinas (FRAZÃO, 2002).

2.1.11 Rochas metamórficas

Rochas metamórficas são derivações de rochas preexistentes. São consequências das mudanças químicas e estruturais das rochas no estado sólido, devido às alterações nas condições de ordem física e química abaixo da superfície terrestre. Dentre estas alterações podem ser citadas as diferenças de pressão, temperatura e dos fluídos presentes na estrutura – geralmente água. Dentre as rochas metamórficas mais utilizadas podem ser destacadas o mármore, o quartzo, o gnaiss, a ardósia e o filito (MAGALHÃES, 2011).

2.1.12 Classificação tecnológica

De acordo com PETRUCCI (1973) baseados no mineral simples predominante na constituição das rochas e determinante das suas características, as rochas classificam-se em:

- Rochas silicosas – nas quais predomina a sílica (SiO_2). De maneira geral, tem a maior resistência mecânica e a maior durabilidade de todas.
- Rochas calcárias – onde as propriedades são governadas pelo carbonato de cálcio (CaCO_3): tem boa resistência mecânica e média durabilidade.
- Rochas argilosas – nos casos em que a argila (silicatos hidratados de alumínio) é preponderante. Apresentam menor resistência mecânica e durabilidade.

2.1.13 Mineralogia das rochas

Segundo LAMAGUTI (2001) tradicionalmente os minerais formadores de rochas são classificados em minerais silicatados e não silicatados.

Os minerais silicáticos mais comuns nas rochas naturais são o quartzo (incolor, leitoso, róseo, esverdeado, cinzento, azulado, castanho, preto), os feldspatos (brancos, cor de creme, róseos, cor de carne, cinzentos), os feldspatóides (cinzentos, azuis), as micas (prateadas, esverdeadas, castanhas, pretas), os piroxênios (cinzas, azuis, verde-claros, verde-escuros, pretas), as olivinas (cinza-esverdeadas), o talco (branco, amarelado, acastanhado).

Entre os minerais não silicáticos destacam-se os carbonatos (calcita, magnetita, dolomita, siderita), componentes principais dos calcários e mármore.

De acordo com FRAZÃO (2002) os minerais que constituem as rochas ainda podem receber a classificação de **essenciais**, ou seja, aqueles em que a natureza e o teor permitem classificar a rocha; **varietais**, que são aqueles responsáveis por diferenciar rochas de um mesmo grupo; **secundários**, pois são formados a partir da alteração de minerais preexistentes.

2.1.14 Principais minerais constituintes das rochas

A seguir são relacionados os principais minerais que participam da constituição das rochas.

2.1.15 Minerais silicatados

2.1.16 Quartzo

É a forma cristalina da sílica (SiO_2). É, em geral, transparente, tem grande estabilidade química (difícilmente se decompõe) é o mais duro dos minerais essenciais das rochas. Estes minerais podem apresentar reações indesejáveis com álcalis de cimento Portland. Ocorre em grandes quantidades, como areia, nos leitos de rios, nas praias e como constituinte dos solos. Caracteriza-se por seu brilho vítreo; é infusível ao maçarico (ponto de fusão aproximado: 1710°C); é solúvel em ácido fluorídrico e insolúvel nos demais. Pode ser pardo, amarelo, rosa ou violeta – vide figura 07.

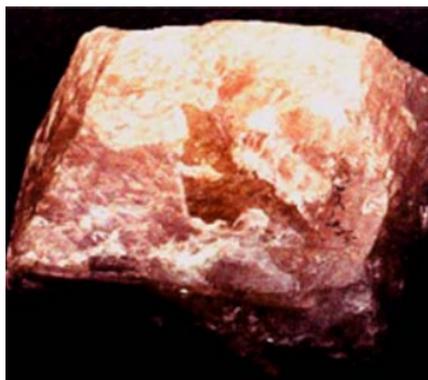


Figura 07 – Quartzo rosa (LAMAGUTI, 2001)

2.1.17 Feldspatos

São os minerais essenciais mais importantes das rochas ígneas e metamórficas. Quando transformado pela alteração, entra sob forma de argila, na constituição das rochas sedimentares. São silicatos de alumínio com algum tipo de metal alcalino ou alcalino-terroso. De acordo com REBOUÇAS (2013) eles são muito utilizados como aditivo na fabricação de tintas, plásticos e borrachas. Nesses materiais usa-se feldspato moído.

2.1.18 Plagioclásio

São minerais da família dos feldspatos (feldspato calcio-sódico). Frequentes em rochas magmáticas mais escuras (ricas em biotita, anfibólios, piroxênios e olivinas), tais como os dioritos, gabros, basaltos.

2.1.19 Micas

Micas são minerais essenciais, ou varietais, nas rochas ígneas ácidas e nas metamórficas. São silicatos de alumínio hidratados com algum metal. Quando o metal é o Fe, tem-se a biotita de cor, em geral, preta. Quando o metal é o K, tem-se a muscovita de cor branca. Se a muscovita é de granulação fina, passa a ser chamada de sericita. A biotita é muito instável quimicamente, pois é sensível a águas ácidas, gerando hidróxidos e óxidos. É sensível a temperaturas elevadas, degradando-se pela perda de água – vide figura 08.



Figura 08 – Placa espessa de muscovita (LAMAGUTI, 2001)

2.1.20 Piroxênios

São minerais silicáticos contendo Fe, Mg e Ca. São muito alteráveis nas condições de clima tropical úmido – vide figura 09.



Figura 09 – Imagens de piroxênios (LAMAGUTI, 2001)

2.1.21 Anfibólios

São minerais quimicamente semelhante aos piroxênios, mas possuem água na sua constituição. Tal como os piroxênios, são muito alteráveis nas condições de clima tropical.

2.1.22 Feldspatóides

São minerais quimicamente semelhantes aos feldspatos, porém com menor conteúdo em sílica. São sensíveis aos ácidos – vide figura 10.



Figura 10 – Sodalita, um feldspatóide (UNESP, 2013)

2.1.23 Olivina

É um mineral silicático com Fe e Mg. É sensível a ácidos, além de se alterar facilmente em condições de clima tropical – vide figura 11.

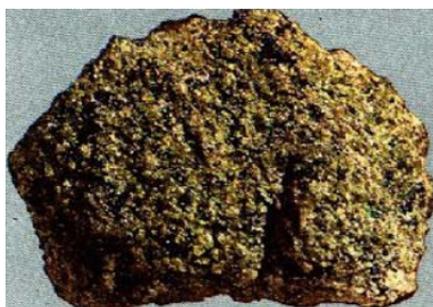


Figura 11 – Imagem de olivina (LAMAGUTI, 2001)

2.1.24 Talco

É um silicato hidratado de magnésio. É o menos duro dos minerais formadores da rocha.

2.1.25 Minerais não silicatados

2.1.26 Calcita

É um mineral carbonático com composição CaCO_3 . Principal constituinte dos calcários e dos mármore, é facilmente atacado pelo ácido clorídrico a frio – vide figura 12.



Figura 12 – Imagem de calcita (LAMAGUTI, 2001)

2.1.27 Dolomita

É um mineral carbonático de composição $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. É atacado pelo ácido clorídrico a quente ou, em pó, pelo HCl a frio – vide figura 13.



Figura 13 – Agregado de cristais de dolomita (LAMAGUTI, 2001)

2.1.28 Propriedades petrográficas

De acordo com a norma ABNT NBR 12768 – Rochas para revestimento – Análise petrográfica (1992), análise petrográfica consiste em estudos macroscópicos e microscópicos a serem executados em laboratório especializado, visando à caracterização completa da natureza de uma rocha.

Estes estudos são uma ferramenta muito importante para análise dos dados tecnológicos, frequentemente esclarecendo as diferentes propriedades físicas e/ ou mecânicas de rochas aparentemente semelhantes. Também é essencial para diagnosticar e caracterizar deteriorações em rochas (ISAIA, 2007).

De acordo com LAMAGUTI (2001) inicia-se a análise petrográfica com o exame macroscópico da rocha para identificação da estrutura, coloração e estado geral de sanidade do material, seguido do estudo de lâminas delgadas ao microscópio óptico de luz transmitida pela identificação e quantificação dos minerais, em seu estado de alteração, sua granulação e avaliação microfissural da rocha, a natureza dos seus contatos e seu arranjo espacial.

2.1.29 Propriedades físicas

Algumas propriedades da rocha são mais determinantes que outras, para avaliação de sua qualidade. A seguir são descritas as propriedades físicas das rochas.

2.1.30 Cor

De acordo com PETRUCCI (1973) a cor tem importância quando a rocha tem finalidade decorativa, exercendo quase sempre influência no seu valor. Não serve para identificação mineralógica, em vista de sua variabilidade. A cor da rocha é determinada pela cor dos minerais essenciais ou de seus componentes acessórios.

As rochas simples são monocromas; apresentam-se, em geral, com a cor do mineral constituinte; as rochas compostas são policromas – a sua coloração resulta das cores próprias dos minerais constituintes, que se combinam em uma cor composta, tanto mais uniforme quanto mais fino for o grão (CAVALCANTI, 1951).

2.1.31 Fratura

Segundo PETRUCCI (1973), a fratura refere-se à forma e ao aspecto da superfície de fragmentação da rocha. Depende da textura. A fratura está intimamente relacionada à facilidade ou dificuldade de extração, corte, polimento e aderência. Os principais tipos de fratura são: plana (material fácil de ser cortado em blocos de faces planas), conchoidal (difícil de ser cortada), lisa (fácil polimento), áspera (boa aderência), escamosa (dificuldade de corte, fácil de lascas), angulosa (superfície de separação mais ou menos resistente).

2.1.32 Homogeneidade

Diz-se que a rocha é homogênea quando apresenta as mesmas propriedades em amostras diversas. É uma característica importante que toda rocha deve possuir, pois a falta de homogeneidade é, em geral, um índice de má qualidade (CAVALCANTI, 1951).

PETRUCCI (1973) cita que uma rocha de qualidade média porém homogênea é preferível a uma heterogênea. Verifica-se praticamente percutindo com um martelo: a rocha sem defeitos dá som claro e a defeituosa um som surdo.

A homogeneidade é verificada em relação às demais propriedades físicas e mecânicas. Ao choque do martelo, a rocha homogênea se quebra em pedaços, e não em grãos.

2.1.33 Densidade

Segundo CAVALCANTI (1951) uma rocha pode ser considerada como que formada por um esqueleto de partículas sólidas envolvendo vazios de dimensões variadas. A rocha será tanto mais compacta, quanto maior for o número de cheios em relação ao volume total e tanto mais porosa, quanto maior for o volume de vazios em relação ao volume total. A porosidade esta assim na razão inversa da densidade – quanto mais densa é a rocha, tanto menos porosa ela se apresenta e vice-versa. A densidade não permite por si só, caracterizar uma rocha, mas a casos em que duas rochas de aparência semelhante distinguem-se pela densidade, sabido que as rochas de mesma espécie tem a mesma densidade.

2.1.34 Porosidade

De acordo com PETRUCCI (1973) a porosidade é expressa pelo volume de vazios na unidade de volume total.

Uma rocha porosa é:

- pouco resistente à compressão;
- permeável: apesar da porosidade ser diferente de permeabilidade, ambas as propriedades variam no mesmo sentido;
- gelível: por absorver maior quantidade de água, a rocha é mais gelível, ou seja, quando ela se embebe de água, principalmente em locais mais frios, pode ocorrer de ela congelar e estalar, fragmentando-se.

2.1.35 Permeabilidade

É a propriedade em virtude da qual certas rochas se deixam atravessar por gases ou líquidos. A permeabilidade e a porosidade são propriedades bem distintas; enquanto esta se refere à quantidade de vazios que podem ser cheios de líquidos ou gases, aquela trata da passagem desses fluídos através de seus poros (CAVALCANTI, 1951).

De acordo com LAMAGUTI (2001) a porosidade e a permeabilidade são controladas, basicamente pela granulação, textura e sanidade da rocha.

As figuras 14 e 15 mostram a mudança da porosidade e permeabilidade em rochas compostas apenas por grãos de uma mesma dimensão, apresentando apenas mudanças de textura.

As figuras 16 e 17 mostram a alteração da porosidade e permeabilidade em relação as figuras 14 e 15, pela variação da dimensão dos grãos constituintes dessas rochas.

A figura 18 mostra a influência da alteração ou reação de grãos de rocha sob os efeitos de alteração natural (intemperismo) e artificial (produtos de limpeza) no aumento da porosidade e da permeabilidade das rochas.

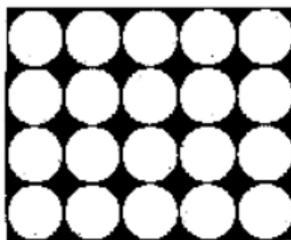


Figura 14 – Rocha sedimentar muito porosa de alta permeabilidade (LAMAGUTI, 2001)

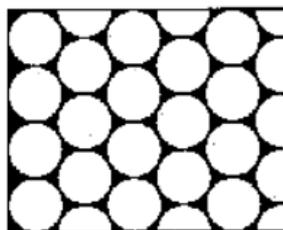
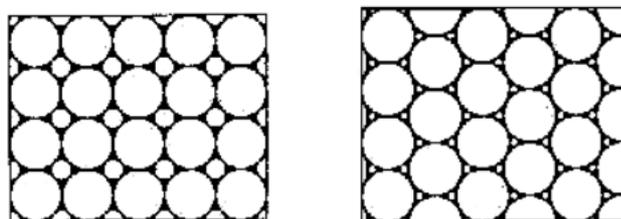
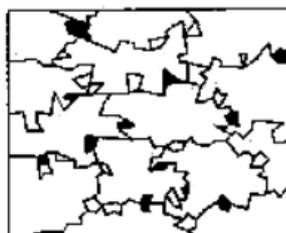


Figura 15 – Diminuição da porosidade e da permeabilidade pela mudança da disposição dos grãos da figura anterior (LAMAGUTI, 2001)



Figuras 16 e 17 – Diminuição da porosidade e da permeabilidade das figuras 14 e 15, pela existência de variação nas dimensões dos grãos (com grãos pequenos ocupando os interstícios entre os grãos maiores) (LAMAGUTI, 2001)



Figuras 18 – Aumento da porosidade e permeabilidade da rocha, pela alteração de minerais sensíveis aos agentes do intemperismo ou de artigos de limpeza (LAMAGUTI, 2001)

2.1.36 Higroscopicidade

Uma rocha diz-se higroscópica se a quantidade de água que é capaz de obter por adsorção é relativamente importante. Um dos processos de determinação do teor de umidade higroscópico, utiliza a secagem a altas temperaturas (Método Gravimétrico) e pode ser utilizado para materiais porosos e permeáveis à água. Este método determina o teor de umidade a partir da secagem do material a uma temperatura especificada, em função do material (MOREIRA, 2009).

2.1.37 Gelividade

A gelividade, de acordo com CAVALCANTI (1951) é um defeito que as rochas podem apresentar e que só ocorre nas regiões em que a temperatura desce abaixo de 0 °C.

A gelividade consiste na deterioração da rocha:

- produzida, mecanicamente, pelo aumento de volume da água contida nos seus poros, quando se transforma em gelo pelo abaixamento de temperatura;
- ocasionada pelo efeito das mudanças bruscas de temperatura, mesmo quando a pedra está quase seca.

2.1.38 Condutibilidade térmica e elétrica

A condutibilidade das rochas, segundo PETRUCCI (1973) é relativamente pequena. Em geral, as porosas são mais isolantes que as compactas.

Devem ser previstas juntas para evitar fissuras em alvenaria sujeita a fortes variações de temperatura. A dilatação é um dos fatores de deterioração, pois a superfície sofre mais que o interior, devido à má condutibilidade, originando tensões diversas que provocam o

fendilhamento, o mesmo ocorrendo pela diversidade de comportamento dos minerais constituintes.

2.1.39 Dilatação térmica

As variações de temperatura afetam o volume da rocha, dilatando-a ou contraindo-a, conforme haja aquecimento ou resfriamento.

A dilatação térmica é um dos fatores de deterioração da rocha, pois que, conduzindo mal o calor, a rocha sofre ação térmica mais intensa nas camadas superficiais do que no interior, desenvolvendo-se tensões diversas que provocam fendilhamentos, concorrendo igualmente para esse efeito, a dilatação heterogênea dos minerais constituintes da rocha (CAVALCANTI, 1951).

2.1.40 Dureza

A dureza das rochas, segundo CAVALCANTI (1951) não deve ser caracterizada pela maior ou menor facilidade com que se deixam riscar por outros corpos de dureza conhecida; a escala de Mohs (1 – Talco, 2 – Gipsita, 3 – Calcita, 4 – Fluorita, 5 – Apatita, 6 – Feldspato, 7 – Quartzo, 8 – Topázio, 9 – Corindon, 10 – Diamante), tão útil para a determinação dos minerais, não tem, para as rochas, a mesma importância, porque elas apresentam-se com dureza variável, numa mesma amostra, uma vez que são compostas de minerais diversos.

Praticamente, a dureza é avaliada pela maior ou menor facilidade com que uma rocha pode ser serrada, o que permite classificar as rochas em:

- Brandas – quando se deixam serrar facilmente pela serra de dentes. Exemplo: tufos vulcânicos;

- Semiduras – quando, dificilmente serradas pela serra de dentes, deixam-se serrar facilmente pela serra lisa com areia ou esmeril. Exemplo: calcários compactos;
- Duras – quando só podem ser serradas pela serra lisa, com areia ou esmeril. Exemplo: Mármore.
- Duríssimas – quando, dificilmente serradas pela serra lisa com areia ou esmeril, são facilmente serradas com diamante ou carborundum. Exemplo: Granito.

2.1.41 Aderência

É a aptidão de se ligar à argamassa. É devida à ação química entre os materiais em contato e à ação mecânica que se origina do endurecimento da argamassa nas saliências e reentrâncias da rocha. A fratura e a porosidade influem na aderência (PETRUCCI, 1973).

2.1.42 Propriedades mecânicas

São as seguintes as propriedades mecânicas da rocha:

2.1.43 Resistência à compressão

A resistência à compressão (MPa) é a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é fornecer parâmetros para o dimensionamento do material rochoso utilizado como elemento estrutural, ou seja, com a finalidade de suportar cargas.

É um importante indicativo da integridade física da rocha, pois a presença de descontinuidades (fissuras, fraturas), alteração ou outros aspectos que interfiram na coesão dos minerais, refletirá em valores menores do que aqueles característicos para o tipo rochoso em questão (ISAIA, 2007).

De acordo com CAVALCANTI (1951) a resistência à compressão das rochas varia de 200 a 400 kg/cm², dependendo da resistência dos elementos mineralógicos constituintes, da textura, do estado de alteração, da densidade, da homogeneidade, da umidade, da estrutura, etc.

Uma rocha composta de elementos que resistam mal à compressão, também resistirá mal a esse esforço, ao passo que, constituída de elementos, como o quartzo e a mica, que resistem bem à compressão, apresentará também boa resistência.

O conhecimento da textura fornece indicação sobre as condições de resistência; geralmente quanto menor for o tamanho relativo dos elementos constituintes, maior será a resistência da rocha à compressão e, assim, de dois granitos, da mesma composição, mas de granulação diferente, o de grãos mais finos terá maior resistência.

2.1.44 Resistência à tração

As rochas resistem mal à tração, que atinge, no máximo, a 5% apenas, do valor de sua resistência à compressão, sendo, por esse motivo, evitado o emprego da rocha nos elementos da construção que devem resistir à tração (CAVALCANTI, 1951).

2.1.45 Resistência à flexão

As solicitações de flexão de rochas empregadas em edificações (por cargas ou outros esforços) ocorrem principalmente quando são utilizadas como telhas (ardósias), pisos elevados, degraus de escadas, tampos de pia e balcões. Nesses casos, também são provocados esforços de tração em certas partes da rocha.

Outro exemplo de esforço flexor é o efeito do vento em placas das rochas fixadas em fachadas com ancoragens metálicas (ISAIA, 2007).

De acordo com CAVALCANTI (1951) a resistência à flexão das rochas oscila entre 1/9 e 1/18 da resistência à compressão.

2.1.46 Resistência ao cisalhamento

A resistência ao cisalhamento das rochas é, em média, 1/15 da resistência à compressão, sendo por conseguinte maior que a resistência à tração e, geralmente, menor que a resistência à flexão (CAVALCANTI, 1951).

2.1.47 Resistência ao desgaste

De acordo com CAVALCANTI (1951) a rocha destinada a revestimento de piso e calçamento (lajotas, paralelepípedos) deve apresentar não somente uma resistência adequada à compressão e ao choque, como também, e principalmente, uma grande resistência ao desgaste, em virtude do atrito provocado pela passagem de pedestres ou veículos.

A resistência ao desgaste de uma rocha depende da textura e aumenta com a diminuição da granulação, convindo observar que esse aumento é limitado pelo polimento, pois quando a granulação é muito fina, as rochas ficam facilmente polidas com o atrito tornando-se escorregadias e impróprias para calçamento.

2.1.48 Resistência ao choque

As tensões devidas ao tráfego se exercem, sobretudo, nas arestas dos paralelepípedos ou das lajotas; por conseguinte, além da resistência à compressão e ao desgaste, a rocha deve resistir ao efeito dinâmico dos choques a que ficará sujeita uma vez utilizada (CAVALCANTI, 1951).

2.1.49 Propriedades térmicas

Segundo FRAZÃO (2002) as rochas apresentam propriedades térmicas cujo conhecimento é importante para diversos tipos de utilização. A seguir serão relacionadas as principais propriedades térmicas dos materiais rochosos e a influência que estas propriedades exercem.

2.1.50 Condutividade térmica

A condutividade térmica é uma propriedade que o material possui de transmitir, através da sua espessura, um fluxo térmico resultante da diferença de temperatura entre as faces opostas do material. A condutividade térmica da rocha é importante, por exemplo, para seu uso em concreto de cimento Portland. Nesse caso, as reações exotérmicas originadas na hidratação do cimento podem afetar a integridade da rocha ou a rocha pode roubar calor e

afetar a hidratação do cimento. A condutividade térmica é propriedade importante, também, para materiais que se destinam a revestimento de paredes de edificações que tenham funções calorífugas (FRAZÃO, 2002).

2.1.51 Calor específico

O calor específico ou capacidade calorífica é a propriedade da matéria de absorver uma certa quantidade de calor quando é aquecida. O calor específico dos materiais é importante na construção quando se trata de controlar a estabilidade ao calor de rochas usadas como revestimento de paredes ou para recalcular o reaquecimento necessário de materiais no caso do trabalho de construção (concretagem e alvenaria) no inverno em países de clima frio ou, ainda, para controlar os efeitos do calor gerado por reações exotérmicas do cimento em concreto-massa (FRAZÃO, 2002).

2.1.52 Dilatação térmica

A dilatação térmica é uma propriedade vetorial e depende muito da natureza mineralógica da rocha, da sua estrutura e da sua porosidade. Os minerais que compõe a rocha tem um coeficiente próprio de dilatação. Aliás, um mesmo mineral pode apresentar dois coeficientes de dilatação. A dilatação térmica é influenciada também pela estrutura e porosidade da rocha. Nas rochas porosas, os minerais tendem a se expandir na direção dos poros, diminuindo o valor da dilatação total (FRAZÃO, 2002).

2.2 Principais tipos de rocha usados como material de construção

Segundo FRAZÃO (2002) são diversos os tipos de rocha dos quais se obtém os materiais de construção. Algumas rochas servem para todos os tipos de uso; outras só para alguns, e isto se deve as suas características petrográficas (composição mineralógica, estrutura e textura) e físico-mecânicas. Apresentam-se a seguir, de forma resumida, as características das principais rochas usadas para tal fim.

2.2.1 Granitos

De acordo com LAMAGUTI (2001) o granito é a rocha magmática mais frequente na crosta terrestre. Os granitos encontram-se expostos na superfície pela erosão das cadeias de montanhas.

Segundo FRAZÃO (2002) os granitos são constituídos por cristais de feldspatos potássicos (ortoclásio ou microclínio), plagioclásio, quartzo e mica (biotita e muscovita) como minerais essenciais; anfibólio pode ocorrer como acessório – vide figuras 19 e 20.

São muitas as variedades dos granitos, diferenciados na textura (grossa, média ou fina) e na coloração (avermelhada, rosada, amarela e cinza). Em geral, apresentam estrutura compacta. Tem resistência mecânica relativamente alta e pequena alterabilidade (FRAZÃO, 2002).

Os granitos são aplicados em revestimentos de paredes (de interiores e exteriores) – vide figura 21; revestimentos de pisos (de interiores e exteriores); detalhes decorativos em pisos, soleiras e rodapés – vide figura 22; elementos estruturais (pilares, colunas); objetos

decorativos; tampos de mesa e balcões de cozinha; lápides; pedra de construção, pavimentação e guias de calçadas (LAMAGUTI, 2001).

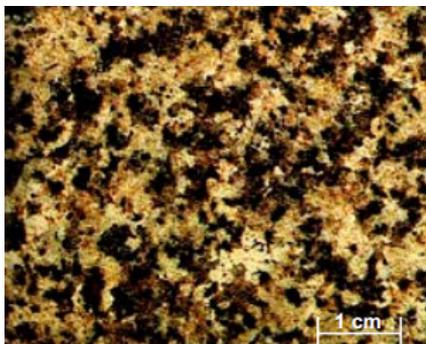


Figura 19 – Placa de granito polido (LAMAGUTI, 2001)

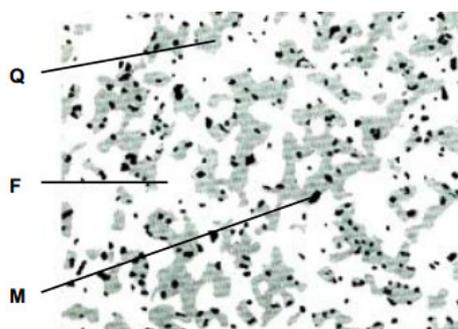


Figura 20 – Desenho esquemático da figura 19, destacando a mineralogia da rocha (Q – quartzo, F – feldspato, M – mica) - (LAMAGUTI, 2001)



Figura 21 – Uso do granito (placas polidas, 20x30 cm) em ambiente externo - Botucatu / SP
(LAMAGUTI, 2001)



Figura 22 – Ambiente interno (hall de elevador) revestido com placas polidas de granito (30x30 cm) e bordas de placas escuras de diorito (10x60 cm) – Botucatu / SP - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.2 Sienitos

Segundo LAMAGUTI (2001) o sienito é uma rocha magmática plutônica, caracterizada por elevados teores de feldspato potássico e baixos teores de quartzo (inferiores a 20% do volume da rocha). Sua ocorrência é bastante rara constituindo menos de 1% das rochas plutônicas.

Possui coloração branca, cinza, marrom, rosa ou vermelha – vide figuras 23 e 24. Apresenta granulação média a grossa; é pouco resistente à abrasão, por conter pequenos teores de quartzo; observa-se neles uma alta resistência mecânica e baixa porosidade (LAMAGUTI, 2001).

São muito usadas como pedra de revestimento, por apresentarem características estéticas favoráveis, semelhantes às dos granitos, exceto quanto à alterabilidade, pois os feldspatóides são afetados por águas aciduladas. Podem ser usados sem contra indicação como pedra britada (FRAZÃO, 2002).

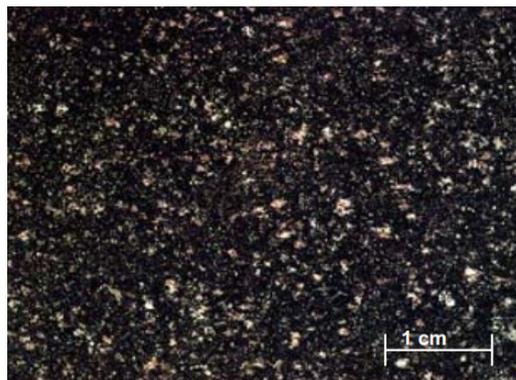


Figura 23 – Superfície polida de placas de sienito - (LAMAGUTI, 2001)



Figura 24 – Blocos brutos de sienito - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.3 Monzonitos

São rochas ígneas intermediárias, contendo os mesmos minerais dos granitos, com a diferença de que são mais pobres em quartzo; geralmente mais escuras que os granitos por apresentarem maior teor de anfibólio, biotita ou piroxênio. Como material de

revestimento e pedra britada, apresentam características semelhantes às dos granitos (FRAZÃO, 2002).

2.2.4 Dioritos

São rochas ígneas e possuem três formas: plutônicas, hipoabissais e efusivas – vide figura 25. A forma plutônica é caracterizada por coloração escura. Possui granulação média a grossa; a forma hipoabissal apresenta coloração escura, ocasionalmente esverdeada ou rosada. A granulação é média a fina; a forma efusiva apresenta coloração em tons de cinza, púrpura, castanho, verde, até quase preto. Possui granulação fina (LAMAGUTI, 2001).

Ainda de acordo com LAMAGUTI (2001) esta rocha é aplicada em revestimento de paredes (de interiores e exteriores); revestimento de pisos (de interiores e exteriores), detalhes decorativos em pisos, soleiras e rodapés; objetos decorativos; tampos de mesa e balcões de cozinha; lápides; pedra de construção (brita para concreto); cascalho para estradas.

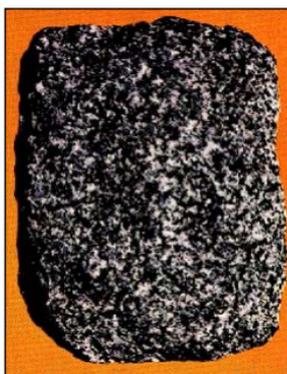


Figura 25 – Bloco bruto de diorito - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.5 Gabros, diabásios e basaltos

São rochas ígneas básicas constituídas essencialmente de plagioclásio e piroxênio; podem estar presentes olivina ou anfibólio. É frequente nos basaltos a presença de argilominerais expansivos por absorção d'água. São de cor preta. Os gabros tem granulação grossa; o diabásio média e o basalto fina. Gabro e diabásio são intrusivos; basalto é extrusivo. Apresentam alta resistência mecânica. Quanto a durabilidade, os basaltos são mais alteráveis nas condições de clima tropical (FRAZÃO, 2002).

Ainda segundo FRAZÃO (2002) como pedra de revestimento, são muito usadas em mausoléus, arte funerária e mesas de desempenho na indústria de instrumentos de precisão. São muito usadas também como calçamento, mas são menos resistentes ao desgaste que os granitos.

2.2.6 Gnaisses

Rocha metamórfica formada por metamorfismo regional de pressão e temperatura bastante elevadas. É conhecido popularmente como “rocha movimentada” devido ao aspecto listrado de seus minerais segregados em faixas claras e escuras – vide figuras 26 e 27 (LAMAGUTI, 2001).

A composição mineralógica depende da composição da rocha original. Assim, têm-se: gnaiss granilítico, gnaiss diorítico e gnaiss sienítico. São chamadas de ortognaisses quando derivam de rochas ígneas e paragnaisses, quando derivam de rochas sedimentares (FRAZÃO, 2002).

São aplicadas em revestimentos de paredes (de interiores e exteriores); revestimento e detalhes em pisos (de interiores e exteriores) soleiras e rodapés; tampos de mesa e

balcões de cozinha; peitoris de janelas; pavimentação urbana e de estradas, calçadas (LAMAGUTI, 2001).



Figura 26 – Superfície polida de gnaïsse - (LAMAGUTI, 2001)

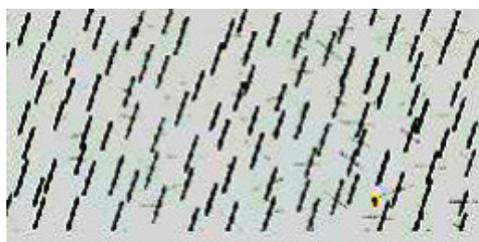


Figura 27 – Esquema da figura 26 mostrando o arranjo paralelo dos minerais - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.7 Arenitos

Rocha sedimentar que provém da consolidação de sedimentos constituídos principalmente por grãos de quartzo (areias, silte). Os arenitos formam-se em numerosos ambientes de sedimentação: marinho, lacustre, praias, estuarino, fluvial, eólico e periglacial. Essa rocha apresenta composição variada desde o arenito puro (ortoarenito) composto quase totalmente por grãos de quartzo associados a pequenas porcentagens de argila, até o arenito impuro no qual os grãos maiores de areia se associam com pequenos fragmentos de rocha, numa massa mais fina (matriz) de silte e argila (LAMAGUTI, 2001).

Ainda conforme LAMAGUTI (2001) o quartzo é o mineral principal, podendo também ocorrer feldspatos, micas, granadas, zircão e fragmentos de rochas. Possuem coloração variada, que depende do cimento e do ambiente de exposição (oxidante ou redutor) – vide figura 28.



Figura 28 – Arenitos de diversas colorações e acabamentos de superfície - (LAMAGUTI, 2001)

São aplicados em revestimentos de muros e muretas, paredes exteriores (arenito silicificado); revestimento de paredes e pisos de ambientes interiores; revestimentos de calçadas, muito usado no “mosaico português”; decoração em ambientes rústicos.

2.2.8 Quartzitos

Quartzitos podem ser definidos como rochas metamórficas, derivadas de sedimentos arenosos, formadas por grãos de quartzo recristalizados e envolvidas ou não por cimento silicoso – vide figuras 29 e 30. A recristalização mineralógica ocorre por efeito de pressão e temperatura atuantes sobre os sedimentos originais, tornando os quartzitos normalmente mais coesos que os arenitos. Os minerais acessórios mais comuns destas rochas são as micas ou feldspatos. As feições estéticas dos quartzitos, sobretudo o padrão cromático, são determinadas pelo mineral acessório. As variedades comercializadas incluem rochas de coloração esbranquiçada, amarelada, esverdeada, rosada e acinzentada, apresentadas,

sobretudo, como lajotas não calibradas, cacos (cavacos) e filetes (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009).



Figura 29 – Quartzito (Green Salmon)
- (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009)

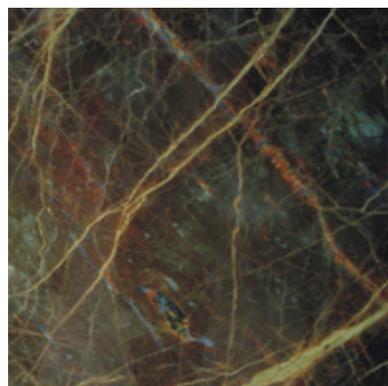


Figura 30 – Quartzito (Majestic Brown)
- (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009)

2.2.9 Mármore

São rochas metamórficas originadas de calcários e dolomitos. A cor é branca quando só apresentam estes minerais. Quando contém outros minerais ou impurezas (argila, matéria orgânica) apresentam coloração variada. Os mármore apresentam, em geral, baixa dureza e são, também, atacados por ácidos (FRAZÃO, 2002).

Os mármore, pela sua própria natureza, são rochas macias, pouco abrasivas, e de baixa resistência aos agentes intempéricos (MENEZES; LARIZZATTI, 2005).

Material muito utilizado desde a Antiguidade em monumentos (estatuas) ou revestindo palácios e mansões. Suas características típicas associadas ao elevado custo imprimem requinte e nobreza ao ambiente em que é aplicado (LAMAGUTI, 2001).

Raramente o mármore apresenta um colorido uniforme. Ele é aplicado em revestimento de paredes (de interiores e exteriores não agressivos); revestimento de pisos (de interiores),

detalhes decorativos em pisos, soleiras e rodapés, em pavimentos de baixo tráfego – vide figura 31; objetos decorativos (esculturas e estátuas); tampos de mesa; lápides (LAMAGUTI, 2001).



Figura 31 – Placas polidas de mármore - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.10 Calcários

Os calcários podem ser de origem sedimentar ou metamórfica, de composição mineralógica principalmente calcítica e, secundariamente, dolomítica – vide figura 32. Os calcários sedimentares, devido à sua baixa resistência mecânica e baixa dureza, não se prestam ao uso como agregados. Sua heterogeneidade estrutural e mineralógica propicia, porém, interessantes aspectos estéticos que os credencia a servirem para fins de revestimento e ornamentais, como, por exemplo, os travertinos. Sua cor é diversificada, variando de bege-clara, amarelada, cinza-clara e esbranquiçada (FRAZÃO, 2002).

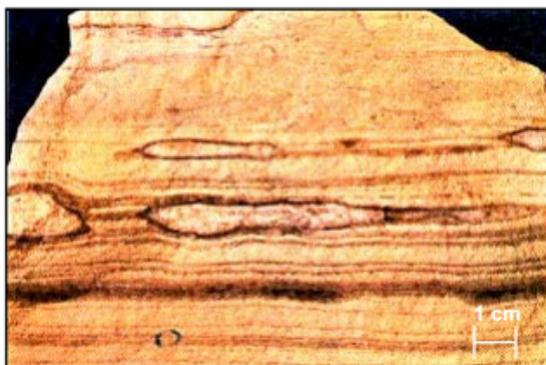


Figura 32 – Placa bruta de calcário com estruturas sedimentares - (LAMAGUTI, 2001)

Ainda de acordo com FRAZÃO (2002) os calcários de origem metamórfica são, porém, mecanicamente mais resistentes, mas ainda de dureza relativamente baixa, se comparada a das rochas silicáticas. Prestam-se, assim, tanto ao uso como agregados como para revestimentos – vide figura 33. Apresentam bom comportamento como agregado em concreto hidráulico, mas sua relativa baixa dureza não os credencia para uso em revestimento betuminoso de rodovias, por ser polível ao transcurso das solicitações do tráfego. Algumas variedades são utilizadas também como revestimento. A coloração varia de cinza-clara, cinza-escura a preta. Tal como os mármore, são atacáveis por ácidos.



Figura 33 – Placa de calcário em revestimento de fachada - (LAMAGUTI, 2001)

2.2.11 Ardósias

Ardósias são rochas metassedimentares (tratam-se de rochas que resultam do metamorfismo de rochas sedimentares), de baixo grau metamórfico, formadas a partir de sequências argilosas e silico-argilosas (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009).

De acordo com a Associação dos Mineradores e Beneficiadores de Ardósia de Minas Gerais (AMAR / MG), ardósias são materiais rochosos naturais altamente duráveis, historicamente utilizados para revestimento de pisos, paredes, telhados e peças de mobiliário. Seu uso como telha, em vários países da Europa, é noticiado desde o século X. Mais recentemente, sua aplicação foi também muito disseminada para o revestimento de pisos, paredes e fachadas, bem como para elaboração de mobiliário – vide figura 34.



Figura 34 – Revestimento em ardósia cinza - Europa - (AMAR / MG)

Os principais constituintes das ardósias incluem minerais como a mica branca, quartzo, clorita, grafita e/ou material carbonoso, que são bastante estáveis e resistentes a agentes químicos agressivos, garantindo grande durabilidade aos revestimentos aplicados. A variação desses constituintes mineralógicos determina a existência de diferentes padrões cromáticos, destacando-se as ardósias cinzas, grafite, negras, verdes e vinho, além das denominadas ardósias ferrugem ou multicolor.

Todas as variedades cromáticas permitem ótimas combinações estéticas com madeira e metal, bem como com outras rochas mais claras (p.ex. mármore e quartzitos), pois as

ardósias possuem superfícies não refletivas e homogêneas que valorizam os materiais a elas associados nos revestimentos – vide figuras 35 e 36. Os próprios rejuntamentos, quando mais espaçados e preenchidos com argamassas claras, valorizam o efeito estético do revestimento aplicado, simulando a composição de mosaicos.



Figura 35 – Piso combinado de seixos e lajões de ardósia cinza - (AMAR / MG)



Figura 36 – Telhado em ardósia ferrugem - (AMAR / MG)

2.2.12 Serpentinitos

Os serpentinitos, de acordo com MENEZES; LARIZZATTI (2005), são produtos de alteração hidrotermal de rochas ígneas, principalmente dunitos e peridotitos, e compostos basicamente por minerais do grupo da serpentina, os quais se formam às expensas da hidratação de olivinas e piroxênios.

2.3 Critérios para escolha e seleção

Segundo ISAIA (2007) o padrão estético até hoje constitui o principal critério para escolha e valorização de uma rocha ornamental ou para revestimento. O aspecto estético é inerente à natureza da rocha, tipologia do jazimento, composição mineralógica, intensidade e tipo de alteração, entre outros.

No Brasil, praticamente até ao final da década de 1980, o critério estético foi relativamente satisfatório, pois, entre outros fatores, o mercado era dominado por poucos tipos de rochas.

No entanto, com a atual diversidade de materiais, usos e tecnologias, torna-se imprescindível incorporarem-se critérios técnicos aos estéticos. Destaca-se, então, a importância de, na escolha da rocha, integrar-se o aspecto estético com as propriedades tecnológicas ou de engenharia – vide figura 37 – e as solicitações no uso previsto – vide figura 38 – visando a melhor relação custo-benefício. Sempre que possível, é desejável conhecer o desempenho histórico dos materiais nas condições de uso pretendidas.



Figura 37 – Roteiro simplificado para escolha e seleção de rochas para revestimento - (ISAIA, 2007)

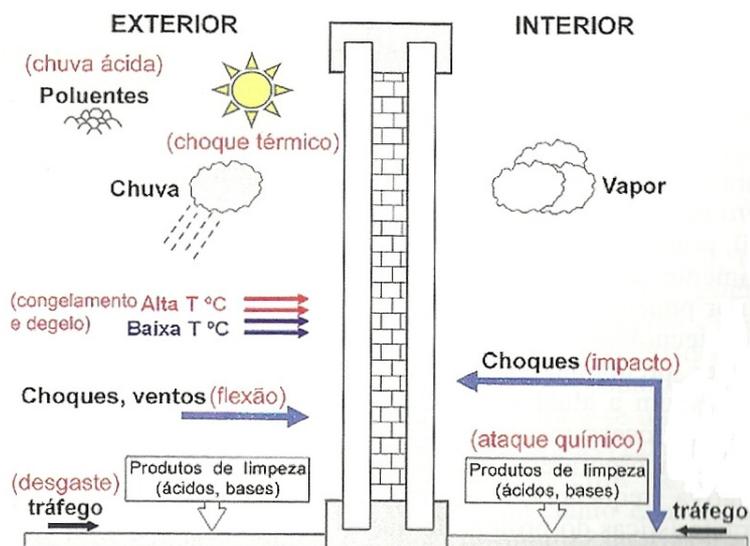


Figura 38 – Principais solicitações em rochas para revestimento, que devem ser consideradas na escolha da rocha - (ISAIA, 2007)

Para CAVALCANTI (1951) não somente o aspecto estético e o técnico contam, mas devem ser observadas as condições que estão descritas na figura 39, a seguir representada, e serão melhor explanadas adiante.

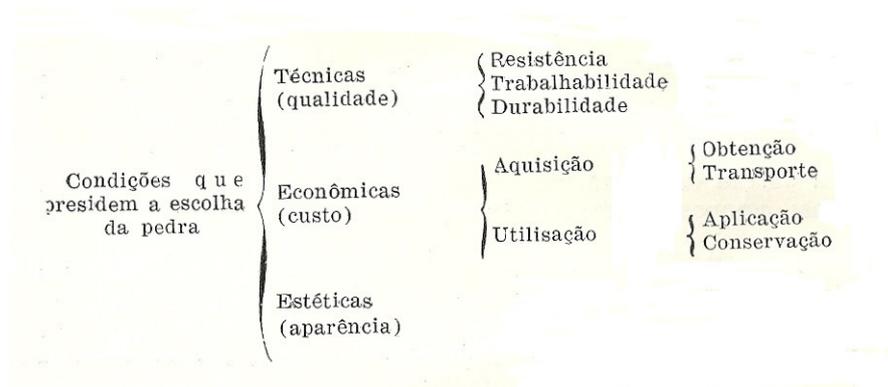


Figura 39 – Condições que devem ser observadas na escolha da pedra (CAVALCANTI, 1951)

2.3.1 Condições técnicas

As condições técnicas representam, em conjunto, a qualidade da pedra, e resumem-se na resistência, na trabalhabilidade e na durabilidade da pedra em relação ao emprego na construção (CAVALCANTI, 1951).

2.3.2 Resistência

Em muitos casos, a resistência é o requisito principal para a escolha da pedra de construção; em outros, porém, a resistência da pedra é de interesse secundário. Assim, por exemplo, a pedra de que é constituída uma coluna deve apresentar uma resistência compatível com os esforços que deve suportar, enquanto que a rocha empregada em revestimento de parede, a resistência mecânica é uma condição de caráter secundário, em relação as demais condições a que a rocha deverá satisfazer, tais como: trabalhabilidade, durabilidade, aparência, etc.

2.3.3 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade refere-se a maior ou menor facilidade com que a rocha pode ser afeiçãoada, isto é, reduzida a formas e dimensões convencionais à construção, com determinadas características de superfície. A trabalhabilidade da rocha influi de maneira acentuada nas condições econômicas, pela maior ou menor despesa que acarreta o seu afeiçãoamento. Uma rocha, que seja dificilmente trabalhável pelos processos comuns, só deve ser empregada em condições muito especiais, justificadas pela importância econômica da construção, à vista do custo elevado do seu afeiçãoamento.

2.3.4 Durabilidade

A durabilidade é uma das condições técnicas mais importantes na escolha da rocha, uma vez que dela dependerá a vida provável e a permanência das condições estéticas que recomendaram o seu emprego. A durabilidade depende da composição mineralógica, da estrutura e da textura da rocha e varia com a situação da rocha na construção, com os cuidados dispensados à técnica de sua aplicação e com o clima.

2.3.5 Condições econômicas

Ainda de acordo com CAVALCANTI (1951) as condições econômicas constituem requisitos essenciais a serem observados; a pedra, além de satisfazer as condições técnicas, deve ser adquirida e utilizada com o mínimo de despesa. As condições econômicas regulam de tal forma a escolha da rocha, a ponto de caracterizarem-se as construções luxuosas pelo emprego das rochas de valor mais significativo, enquanto que as rochas mais econômicas são usadas nas residências mais despretensiosas.

2.3.6 Condições estéticas

As condições estéticas orientam a escolha da rocha quanto ao efeito decorativo desejado. Sendo bastante aleatória esta escolha, pois varia de acordo com o gosto particular de cada um. A tonalidade, a granulação, são os subsídios do partido estético proporcionado pela rocha.

2.3.7 Campos de aplicação das rochas na construção civil

2.3.8 Alvenarias e cantarias

De acordo com PETRUCCI (1973) antes do seu emprego a rocha sofre uma série de operações que tem por finalidade dar-lhe forma, aspecto e dimensões mais convenientes para o fim que se tem em vista. A este conjunto de operações dá-se o nome de afeiçoamento da rocha.

Aparelho da rocha é a forma, arranjo ou disposição da rocha na construção. As faces que ficam aparentes na construção, quando são trabalhadas, levam o nome de rochas aparelhadas, podendo apresentar os seguintes tipos de aparelhamento: rústico, apicado, lavrado, polido e lustrado.

A construção maciça, obtida pela associação de blocos de pedra, constitui o que se denomina de alvenaria ou cantaria. A diferenciação entre ambas está no grau de afeiçoamento dos blocos e nos cuidados de execução.

As alvenarias de rochas podem ser classificadas em seca e argamassada. De outro ponto de vista, isto é, pelo aparelhamento maior ou menor dos blocos que a compõe, a alvenaria pode ser: de pedra irregular, semi-aparelhada e aparelhada.

2.3.9 Pavimentação

Ainda segundo PETRUCCI (1973) os calçamentos de rochas podem ser de paralelepípedos, alvenaria poliédrica, pedra portuguesa ou lajotas.

2.3.10 Revestimentos

A rocha é usada tanto para revestimentos externos como internos. No caso do uso em exteriores, além do aspecto estético deve ser considerada a durabilidade da rocha. Para interiores, a rocha é geralmente polida; pode ser aparelhada, apicoada ou lavrada, quando aplicada em exteriores (PETRUCCI, 1973).

2.3.11 Agregados para concreto

De acordo com FRAZÃO (2002) a qualidade de um concreto depende, evidentemente, da qualidade de seus componentes e, por esta razão, deve ser dada atenção também às características dos agregados, pois chegam a participar com até 85% do peso do concreto. Os agregados são usados no concreto tanto por razões técnicas como econômicas. Suas funções no concreto são resumidas abaixo:

a) contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e à ação das intempéries;

b) reduzir as variações de volume provenientes de causas várias; e

c) reduzir o custo do concreto.

2.3.12 Agregados para lastro de ferrovias

O principal uso dos agregados rochosos em ferrovias é na constituição do lastro. Também é usado como agregado para concreto de edificação de pontes e viadutos (FRAZÃO, 2002).

2.3.13 Orientações para colocação

De acordo com ISAIA (2007) a colocação das rochas nas edificações residenciais e comerciais, podem ser realizadas de várias maneiras.

Pisos e paredes (interiores e exteriores de residências) são costumeiramente assentados com argamassa, convencional ou colante (esta preferencialmente em interiores).

Em pavimentos, as rochas podem ser assentadas com ou sem o uso de argamassa. Os tipos denominados “pedras portuguesas”, paralelepípedos, lajotas, etc., em geral com espessura superior a 5 cm, costumam ser assentadas com areia, e são mais apropriados para suportar grandes cargas. As pedras com espessura mais fina (ao redor de 1,5 cm) normalmente são assentadas com argamassa.

O revestimento de fachadas, atualmente, é feito pela fixação das placas de rocha (com espessura mínima internacionalmente definida como 3 cm), por elementos e pinos metálicos (inserts), de aço inoxidável, conhecido pelo método fachadas ventiladas ou aeradas – vide figura 40.

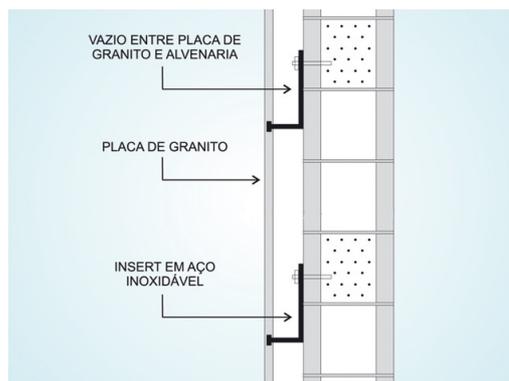


Figura 40 – Fachada aerada (MAZZINI, 2013)

Em pisos de escritórios e áreas externas de edifícios comerciais, torna-se comum o uso da técnica de colocação chamada “piso elevado” (as placas tem suas arestas apoiadas em suportes com 15 cm a 20 cm de altura), pois permite a passagem e o fácil acesso a tubulações e fiações.

Cada um desses métodos envolve o uso de tecnologias diversificadas, muitas vezes simples na concepção, mas complexas na execução, pois exige o emprego de materiais adequados (argamassa, cimento, areia, inserts de aço inoxidável e de mão de obra qualificada, muito importante para assegurar se a durabilidade e beleza do empreendimento).

Seguem algumas recomendações importantes para a colocação de rochas especialmente em pisos:

- procurar manter o ambiente de obra limpo, durante e após o assentamento da rocha, tomando-se o cuidado, entre outros, com a possibilidade de manchamento de rochas claras com o pó de raspagem de assoalhos de madeira;

- ao se assentarem rochas de cor branca ou de tons claros, recomenda-se utilizar argamassas compostas por cimento branco e areia lavada (“secas”), ou argamassas colantes apropriadas para este tipo de rochas, a fim de não se alterar a cor;
- aguardar a cura ou, pelo menos, a completa secagem da argamassa de fixação ou do assentamento antes do rejuntamento dos ladrilhos ou placas, a fim de se evitarem deteriorações pela provável presença de água residual;
- não aplicar tratamento de superfície em rocha disposta horizontalmente sobre argamassa por pelo menos quatro semanas após a instalação;
- evitar o uso de rejunte impermeabilizante, caso não tenha sido aguardada a completa cura da argamassa do contrapiso e do assentamento;
- em edificações térreas, investigar a umidade do solo e impermeabilizar o contrapiso, com material a ser escolhido de acordo com as características do local e as recomendações do fabricante, afim de se evitar a passagem de umidade e possíveis manchamentos e/ ou o favorecimento de eflorescências;
- remover (lavar) a “lama” de serraria que tenha permanecido na face não polida da placa (tardoz), especialmente em rochas brancas;
- evitar composições de materiais rochosos com resistência ao desgaste muito distintas (por exemplo, mármore e granitos), em pisos de alto tráfego de pedestres (por exemplo, shopping centers);
- não utilizar produtos de limpeza com pH ácido (por exemplo, ácido muriático) ou básico (por exemplo, soda cáustica), que podem causar, nas rochas, (sejam mármore ou granitos), várias modificações, dentre as quais se destacam os manchamentos (amarelecimentos, branqueamentos e outros), irreversíveis na quase totalidade dos casos.

2.3.14 Produção da rocha para a construção civil

De acordo com MOREIRA (2009) os processos de extração das pedras naturais das respectivas formações geológicas (pedreiras) variam de acordo com as condições topográficas, a posição e profundidade do terreno, a qualidade da pedra, o tipo de manufatura da pedra e sua utilização.

Em geral, a extração da pedra faz-se a céu aberto, há, no entanto casos de exploração subterrânea, nomeadamente quando o valor da pedra compensa o acréscimo de custos inerentes a esta forma de extração – vide figura 41.



Figura 41 – Extração de pedreira a céu aberto (MOREIRA, 2009)

Depois de efetuada uma avaliação da quantidade e qualidade dos blocos de pedra bem como da profundidade a que se encontram os respectivos bancos, dá-se início à extração a céu aberto. As principais operações inerentes a este tipo de extração podem-se resumir no seguinte conjunto de operações:

1. Remoção dos terrenos de cobertura;
2. Estabelecimento das frentes de arranque;
3. Abertura de acessos e extração por degraus descendentes;

4. Desbaste dos blocos;
5. Armazenamento e carga dos blocos;
6. Transporte dos resíduos estéreis.

A extração subterrânea pode ser efetuada através de galerias de acesso superficial ou através de poços, consoante os bancos estejam a uma menor ou maior profundidade, respectivamente. Independentemente da profundidade do material pétreo, há um conjunto de operações que são comuns a estes dois processos de extração subterrânea:

1. Dimensionamento de estruturas para suportar os tetos das galerias, como forma de prevenir contra riscos de desmoronamento;
2. Iluminação artificial;
3. Poços de ventilação;
4. Meios mecânicos de elevação e de transporte dos blocos;
5. Drenagem de águas subterrâneas e pluviais.

2.3.15 Transformações dos materiais pétreos

2.3.16 Desmonte

Ainda de acordo com MOREIRA (2009) para proceder ao desmonte dos blocos nas pedreiras pode recorrer-se a processos manuais, a explosivos ou a meios mecânicos.

Os processos que utilizam fundamentalmente a mão-de-obra são mais dispendiosos, não obstante eficazes e de prática corrente. Nos processos de desmonte manuais procura-se o aproveitamento das juntas de estratificação e das diaclases (fraturas que dividem as rochas em blocos e em relação às quais não se produziu deslocamento ou o deslocamento foi mínimo) para a introdução de cunhas, guilhos e alavancas de forma a conseguir a separação dos blocos de pedra dos maciços que devem cair sobre um leito de cascalho, sendo a sua deslocação efetuada com o recurso a rolos de madeira – vide figura 42.



Figura 42 – Fracionamento de blocos através da introdução de cunhas (MOREIRA, 2009)

O processo de desmonte com o recurso a meios mecânicos utiliza máquinas e ferramentas mecânicas de vários tipos (de percussão, corte, etc.) que permitem obter blocos de boa qualidade e com relativa rapidez – vide figura 43.



Figura 43 – Desmonte com recurso a meios mecânicos (MOREIRA, 2009)

O recurso a materiais explosivos na indústria extrativa é uma prática tradicional desde que foi verificado o efeito demolidor destas substâncias, tendo-se generalizado com a introdução dos explosivos de segurança. A utilização deste tipo de materiais tem a vantagem de aumentar rápida e facilmente a exploração no entanto apresenta alguns inconvenientes tais como a impossibilidade de antever as dimensões dos blocos arrancados e a fragmentação e fendilhação nos blocos.

2.3.17 Lavra da rocha e possibilidade de acabamento

Segundo MOREIRA (2009) a lavra da pedra pode efetuar-se manualmente ou com recurso a processos mecânicos, sendo estes últimos atualmente mais utilizados por permitirem melhores rendimentos.

A lavra manual da rocha é obtida com o recurso a ferramentas que permitem o aparelhamento e acabamento das rochas usadas na construção, tais como peças de cantaria (peitoris, balaústres, ombreiras e vergas) – vide figuras 44, 45 e 46.



Figura 44 – Corte de uma placa a partir de um bloco de rocha (MOREIRA, 2009)



Figura 45 – Lavra mecânica de rocha: máquina de corte computadorizada (várias placas podem ser simultaneamente cortadas; o corte é processado de forma a aproveitar a maior área possível da rocha (MOREIRA, 2009)



Figura 46 – Lavra mecânica – disco de abrasão para polimento (MOREIRA, 2009)

Sendo a rocha natural utilizada na grande maioria das vezes como um elemento ornamental, é importantíssimo ter em consideração as possibilidades de acabamento superficial que a rocha natural oferece. A textura final dos elementos de rocha pode ser de diversos tipos, consoante a natureza da rocha, a utilização pretendida e o aspecto estético. Deste modo, poderão ter elementos de rocha com acabamento bruto (obtido pela fendilhação da rocha), acabamento serrado (obtido pelo corte da pedra) ou com acabamentos tratados (como o amaciado, o polido, o bujardado ou o flamejado). Existem dois grupos básicos nos quais se podem reunir as diversas possibilidades de acabamentos superficiais tratados das pedras naturais:

- Superfícies rugosas – obtidas por martelagem, decapagem e por tratamentos à base de fogo;
- Superfícies lisas – obtidas por abrasão.

As superfícies rugosas são indicadas para aplicações em exteriores e provêm dos diversos estilos da antiga arte de cantaria, podendo grande parte desses acabamentos ser obtida, com grandes vantagens económicas, mecanicamente. No entanto, o recurso à martelagem mecânica ou manual nem sempre é viável: em placas com espessura inferior a 20 mm não se deve aplicar o martelamento devido

ao risco de fratura por percussão, outra situação que deve ser convenientemente ponderada é o fato desta técnica provocar o esmagamento da pedra que por isso poderá apresentar um aspecto estético menos valorizado (MOREIRA, 2009).

Segundo RIBEIRO; PINTO; STARLING (2000) as rochas podem receber os seguintes tipos de tratamento:

Jateamento: aspecto fosco, obtido por jato de areia;

Apicoamento: aspecto texturizado, obtido por martelamento;

Flameamento: aspecto áspero (antiderrapante) obtido pela ação do fogo;

Polimento: Aspecto brilhante, variável segundo o tipo de rocha e o equipamento utilizado.

2.3.18 Causas das deteriorações / alterabilidade da rocha

A deterioração das rochas, segundo ISAIA (2007) se inicia, naturalmente, ao serem expostas na superfície terrestre, em resposta às novas condições e pela ação do intemperismo (intemperismo é definido como o somatório dos processos de natureza física, química ou biológica, que leva a desintegração mecânica e decomposição química de rochas e minerais). Seus agentes são água, vento, variações de temperatura, oxigênio e gás carbônico do ar e organismos vivos. Sua intensidade depende principalmente do clima, relevo, tipo e composição da rocha e tempo de atuação.

Os principais agentes atmosféricos, que atuam diretamente nas rochas utilizadas em revestimento são:

- **umidade**, independente da origem (chuva, névoa, umidade relativa do ar, solo), é considerada um dos agentes deletérios mais importantes, pois possibilita a reação química entre os constituintes da rocha, o transporte de sais solúveis e a ação de poluentes atmosféricos;
- **temperatura do ar**, que pode acelerar as reações químicas;
- **insolação e resfriamento noturno**, responsáveis pelos movimentos térmicos;
- **vento e energia cinética**, que promovem ação abrasiva sobre as paredes;
- **constituintes do ar e poluentes atmosféricos (gasosos e aerossóis)**, que condicionam as taxas de ataque químico.

De acordo com PETRUCCI (1973) entende-se por alteração da rocha a modificação de suas características e propriedades por agentes atmosféricos ou outros agentes agressivos, que podem atuar através de uma ação física ou química. A ação física tende a desagregar a rocha, ao passo que a ação química a decompõe.

Os principais efeitos físicos são devidos à variação de temperatura e ao crescimento de cristais; os efeitos químicos principais são oxidação, hidratação e ação do CO₂.

- **variação de temperatura** – Estas variações refletem de modo diferente na rocha, que aquece e este aquecimento produz esforços internos secundários que agindo continuamente podem causar a desagregação e a ruína total do material.
- **crescimento de cristais** – o crescimento de cristais nas fendas pré-existentes ou poros pode fragmentar a rocha.
- **oxidação** – é um dos processos químicos mais comuns. A oxidação afeta os compostos de ferro, e a passagem do ferro bivalente a trivalente dá origem a coloração avermelhada.

- **hidratação** – a hidratação é precursora da hidrólise. Pela hidratação, a água é absorvida, isto é, fica intimamente ligada à superfície mineral e penetra em seus capilares, mas a estrutura cristalina do mineral é mantida.

Após a hidratação é que se realiza a hidrólise, que é responsável pela decomposição química do mineral, com a quebra de sua estrutura cristalina. Pela hidratação, os cátions de hidrogênio entram em contato íntimo com o mineral, possibilitando a hidrólise.

- **ação do CO₂** – certas rochas podem sofrer dissolução. É o caso dos calcários, cujo mineral essencial é a calcita, CaCO₃ ou a dolomita CaMg(CO₃)₂. A dissolução dos calcários calcíticos é muito mais rápida que a dos calcários dolomíticos.

2.3.19 Defeitos das rochas

Os defeitos que obrigam a rejeitar uma rocha, de acordo com CAVALCANTI (1951), são os seguintes:

- **Fendas** – podem resultar da própria formação geológica ou da extração da rocha. Às vezes, notam-se à simples vista, outras vezes, só ao fazer-se o afeiçoamento, pelo som produzido pela ferramenta.

- **Nódulos** – consistem na formação de núcleos, compostos pela aglomeração de uma substância mineral, mais ou menos dura que o resto da rocha, e que prejudicam o afeiçoamento.

- **Geodos** – são partes ocas, revestidas interiormente de cristais ou incrustações e que, na maioria dos casos, não se manifestam no exterior da rocha, sendo notada por ocasião do afeiçoamento.
- **Veios** – apresentam-se nas pedras estratificadas e consistem na intercalação de substância mineral de natureza diversa da constituição da rocha do estrato. Quando essa substância for mais branda que a rocha, trará o inconveniente de seu desgaste mais fácil; quando for excessivamente mais dura, prejudicará o afeiçoamento; porém, quando tiver dureza análoga à da rocha, poderá constituir elemento decorativo apreciável.

2.3.20 Principais patologias

2.3.21 Modificação na coloração da rocha

Segundo LAMAGUTI (2001), as razões que justificam a perda de coloração das placas pétreas são muitas. Dentre elas estão: a presença de minerais que, se alterados, perdem a sua coloração original, comprometendo a estética do material; a existência de materiais ferrosos (sulfetos), que quando sofrem oxidação produzem manchas na cor castanha na superfície da placa; deposição de sujeira na superfície e encardidos que acabam por ocasionar uma aparência amarelada na rocha e; amarelamento da cera ou outra substância utilizada na superfície da placa com intuito de proteger e / ou impermeabilizar.

2.3.22 Manchamentos

De acordo com ISAIA (2007) o amarelamento ou manchamento ferruginoso, por vezes com tonalidades esverdeadas, é um dos mais comuns. Ainda não se dispõe de dados conclusivos sobre os agentes ou conjunto de fatores que desencadeia esta alteração;

porém, as evidências apontam para processos de oxidação como os mecanismos preponderantes, induzindo mudanças no ferro naturalmente presente na rocha, do estado ferroso para o férrico (Fe^{2+} para Fe^{3+}). Geralmente é observado em rochas de coloração branca:

- em decorrência da atuação da água da argamassa, especialmente, - em conjunto com possíveis contribuições externas, como impurezas da própria argamassa ou de materiais a que estiveram expostas durante o assentamento – que propicia condições físico-químicas para a oxidação de minerais com ferro – comum em mármore;
- exposição a substâncias com pH ácido (ácido clorídrico, sulfúrico, dentre outros) e, mais raramente, com pH muito básico (soda cáustica, por exemplo), utilizadas para limpeza – comum em granitos.

Em “granitos pretos”, ainda de acordo com ISAIA (2007), pode ocorrer clareamento ou branqueamento, manchamento também decorrente da exposição a produtos ácidos na limpeza ou manutenção. Estudos petrográficos demonstraram que a mudança de cor se relaciona à oxidação e / ou lixiviação do ferro, que tendem a empobrecer nesse elemento.

LAMAGUTI (2001) afirma que o surgimento de manchas relacionadas à umidade podem ocorrer devido a uma série de fatores. Dentre os tais, ela cita: as características das rochas escolhidas, com elevada porosidade e / ou permeabilidade, constituição mineralógica imprópria, coloração (rochas mais claras expõe de forma mais evidente esta patologia); fatores externos intrínsecos à construção, como é o caso de infiltrações de muros de arrimos, baldrame e pilares, mal vedados ou com falhas de impermeabilização; percolação de água de chuva formando manchas de forma geométrica, que circulam os vãos e as juntas entre placas numa fachada ou piso, influenciando inclusive na durabilidade e estanqueidade da edificação.

2.3.23 Cristalização de sais

A cristalização de sais, de acordo com ISAIA (2007), é uma patologia que provoca modificações estéticas e físicas, podendo levar à desintegração das rochas. O mecanismo de degradação é a pressão de cristalização dos sais, em fissuras, e depende do grau de saturação da solução salina e do tamanho do poro ou capilar.

A subeflorescência refere-se à cristalização de sais (principalmente sulfatos) carregados com água da argamassa, em microfissuras subparalelas à face polida da placa de revestimento. É um fenômeno verificado predominantemente em rochas graníticas, de procedências geológicas e locais de processamento distintos, destacadamente quando assentadas com argamassa, em pisos térreos de edificações (ISAIA, 2007).

2.3.24 Perda de brilho

A adequada resistência da rocha é um dos principais pré-requisitos para sua utilização em ambientes de elevada sollicitação. Entretanto, nem todas as rochas apresentam o mesmo nível de resistência, sendo algumas mais adequadas que outras para certos usos. Assim a perda de brilho por desgaste abrasivo resulta tanto de características intrínsecas da rocha quanto do nível de tráfego a que um piso em uma escadaria (por exemplo) é submetido. Mármore, pedra-sabão, dioritos, sienitos e outras rochas pobres em quartzo tem pequena resistência ao desgaste. Já granitos, muito ricos em quartzo, resistem muito bem a longas e intensas abrasões (LAMAGUTI, 2001).

2.3.25 Riscos

Riscos na superfície do material pétreo, de acordo com LAMAGUTI (2001), dependem de sua dureza, que é a resistência de um material ao risco. O risco e o desgaste são comuns em edificações que não respeitam sua finalidade original. É o caso de residências transformadas em casas comerciais, palácios transformados em museus de intensa visitação, mudança de repartição de intenso atendimento para as instalações de uma repartição com fraco atendimento, etc.

2.3.26 Deterioração

Quando grande parte de um revestimento pétreo apresenta patologias variadas, segundo LAMAGUTI (2001), diz-se que o revestimento está deteriorado. A deterioração do revestimento pétreo é condicionada por vários fatores:

- características físico-mecânicas da rocha. Rochas carbonáticas por sua solubilidade em ácidos naturais e artificiais sofrem, com o tempo, degradação estética e funcional, quer em ambientes poluídos, muito úmidos ou à beira mar (maresia contém sal que com água origina ácido clorídrico);
- presença de abundantes minerais de fácil decomposição, que por este processo comprometem a estética e a durabilidade do revestimento;
- utilização de material em início ou estado avançado de decomposição, por desconhecimento das características e propriedades do revestimento escolhido;
- fadiga, a longo prazo, da textura e / ou estrutura da rocha com elevado coeficiente de dilatação térmica, por expansões e contrações sucessivas o que leva a perda de suas características físico-mecânicas.

2.3.27 Recomendações para conservação das rochas

Os tratamentos para materiais pétreos, de acordo com MOREIRA (2009) podem-se dividir em:

- Manutenção

Os tratamentos de manutenção resumem-se essencialmente à limpeza da sujidade, devida a contaminações atmosféricas. Qualquer que seja o processo de limpeza escolhido, existem alguns fatores a considerar, tais como:

- Ser possível graduar a ação de limpeza;
- O processo de limpeza não deverá produzir materiais que possam causar futuras deteriorações;
- A superfície limpa deve ficar isenta de fissuras ou outros defeitos que possam resultar na aceleração da taxa de deterioração.

Os processos de limpeza comerciais permitem eliminar da superfície da pedra as substâncias indesejáveis, mas provocam o desgaste da sua superfície original. Quando se fizer uso de sistemas de limpeza baseados na ação da água dever-se-á ter em consideração os eventuais efeitos secundários de natureza, entre os quais se destaca o aparecimento de umidades interiores, em paredes, devidas à permeabilidade das pedras. Os produtos de limpeza mais aconselháveis são as pastas e os compostos amoniacais, desaconselhando-se o uso qualquer sistema que suponha uma agressão física ou química contra a pedra.

- Preservação e consolidação

A grande maioria das patologias da pedra é consequência da existência em simultâneo de água, sais e da sua estrutura porosa. Para proteger as superfícies de material pétreo usam-se capas adesivas de óleo de linhaça cozido, resinas naturais, silicatos alcalinos, dissoluções de sais de bário e silicones. Para restituir a coesão que a pedra perdeu, recorre-se frequentemente a produtos de natureza orgânica e inorgânica, tais como impregnações com dissoluções dos produtos anteriormente referidos e também ceras, parafinas, resinas vinílicas e acrílicas. Atualmente, os produtos de tratamento mais aconselháveis são:

- Sais de bário

- Resinas acrílicas

- Silicato de etilo

- Silicones

- Restauro

Para restaurar elementos muito danificados ou partidos pode recorrer-se a processos com base em pedra original e resinas epóxi ou de poliéster – vide figura 47.



Figura 47 – Pormenor da Torre de Belém, antes e depois dos trabalhos de restauração (MOREIRA, 2009)

- Conservação

Para ISAIA (2007) a regra principal da conservação é a da mínima intervenção, e a prevenção é a ação mais indicada, quando efetivada por meio de procedimentos adequados de manutenção e limpeza. A preservação enfoca a manutenção do estado já existente, de modo a evitar a continuidade de deterioração porventura instalada.

3 - CONCLUSÃO

Pelo exposto no presente trabalho, verifica-se que para uma correta escolha e seleção da rocha a ser empregada em uma obra é necessário o conhecimento de sua origem, características, propriedades, métodos de assentamento e principais patologias.

Através do conhecimento da origem e forma de ocorrência da rocha é possível classifica-la em ígnea, sedimentar e metamórfica. Estes critérios, por sua vez, são importantes para avaliar, dentre outros aspectos, a resistência e durabilidade das mesmas (por exemplo, rochas ígneas possuem alta resistência e durabilidade).

Pelas propriedades dos materiais pétreos é possível se conhecer um pouco mais sobre aspectos como a porosidade e / ou permeabilidade, se o material apresenta as mesmas características em várias amostras, qual a densidade de uma determinada rocha, qual a resistência a esforços de tração, compressão e cisalhamento, se ocorre deterioração em condições de temperatura muito baixa, se ela se expande e contrai muito facilmente com os efeitos das mudanças climáticas, etc. Estes aspectos irão interferir de modo significativo de acordo com o uso que será dado ao material.

Finalmente, pelo conhecimento dos métodos de conservação e principais patologias que podem surgir é possível verificar o que pode ser feito para preservar as características da rocha, garantindo assim uma maior durabilidade para a mesma.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12768 – Rochas para Revestimento – Análise petrográfica**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15012 – Rochas para revestimentos de edificações - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502 – Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO DOS MINERADORES E BENEFICIADORES DE ARDÓSIA DE MINAS GERAIS – AMAR / MG. **A versatilidade das ardósias em revestimentos**. Disponível em: < <http://www.amarmg.com.br/reportagem.pdf> > Acesso em: 07/01/2014.

CAVALCANTI, Antônio Manoel de Siqueira. **Tecnologia da pedra**. [s.l.]: Pongetti, 1951. 309p.

CHIODI FILHO, Cid; RODRIGUES, Eleno de Paula. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. São Paulo: Abirochas, 2009.

FRAZÃO, Ely Borges; Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo: ABGE, 2002. 132p.

FREDDO, Antônio Carlos. **Dolmens de Galícia**. Patrimônio: Lazer e turismo, São Paulo: Universidade Católica de Santos, v. 4, n. 4, out - dez 2008, p. 1 – 29. Disponível em: <[http://www.unisantos.br/pos/revistapatrimonio/images/artigos/Dolmens da Galicia.pdf](http://www.unisantos.br/pos/revistapatrimonio/images/artigos/Dolmens_da_Galicia.pdf)> Acesso em: 20/10/2013.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

Laboratório de Caracterização de Rochas Ornamentais – LABTEC Rochas. Disponível em: <<http://www.cpmtc-igc-ufmg.org/labtecrochas/>> Acesso em: 15/12/2013.

LAMAGUTI, Ana Paula Santini. **Manual de rochas ornamentais para arquitetos**. Rio Claro, São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2001.

LEINZ, V; AMARAL, S. **Rochas metamórficas – Geologia geral**. São Paulo, 2001. Disponível em: <xa.yimg.com/kq/groups/41840619/1084046747/name/ROCHAS.doc> Acesso em: 01/01/2014.

MAGALHÃES, Fábio Costa. **Rochas, madeiras e materiais cerâmicos. Definições e propriedades**. Rio Grande do Sul: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, 2011.

MAZZINI. **Imagem de fachada aerada**. Disponível em: <<http://www.mazzinigomes.com.br/sustentabilidade/>> Acesso em: 12/01/2014.

MENEZES, Ricardo Gallart; LARIZZATTI, João Henrique. **Rochas ornamentais e de revestimento: conceitos, tipos e caracterização tecnológica**. Curso de especialização em mármore e granitos, 2005. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/trab_menezes.pdf > Acesso em: 16/01/2014.

MOREIRA, Anabela Mendes. **Pedras naturais**. Tomar / Portugal: IPT - Instituto Politécnico de Tomar, 2009.

PÁDUA, Marco. **Período Neolítico. A arquitetura nasce das pedras**. Disponível em: <<http://profmarcopadua.net/perineo.pdf>> Acesso em: 20/10/2013.

PETRUCI, Eladio Geraldo Requião. **Materiais de construção**. 12. ed. São Paulo: Globo, [199-], c. 1973. 435p.

REBOUÇAS, Fernando. **Feldspato**. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/rochas-e-minerais/feldspato/> > Acesso em: 20/12/2013.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de**

Construção Civil. Belo Horizonte, 2000.

RODRIGUES, Pedro Augusto Rezende. **Nuragues e Dolmens**. Disponível em:
< <http://www.infoescola.com/pre-historia/nuragues-e-dolmens/> > Acesso em: 20/10/2013.

SILVEIRA, Fernanda Borges da. **O uso de materiais em obras expressivas na arquitetura da pré-história à contemporaneidade**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. 45p.

UNESP. **Sodalita**. Disponível em:
< <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/tectossilicatos/sodalita.html> >
Acesso em: 27/01/2014.