

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO NA EDIFICAÇÃO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE PERNAMBUCO

Ivo Pessato Paiva¹ e Vanildo de Almeida Mendes¹

¹ Geólogos da CPRM – Serviço Geológico do Brasil
Rua das Pernambucanas, 297 – Bairro Graças – 52.011-010 – Recife – PE
E_mail: geremipe@fisepe.pe.gov.br

RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar os procedimentos e critérios adotados na seleção e aplicação de granitos ornamentais, empregados na construção do Tribunal de Justiça de Pernambuco executado pela Sergen S/A. No texto em questão, serão feitas considerações sobre a metodologia de escolha do granito aplicado na obra, os tipos de ensaios de caracterização tecnológica utilizados, a relação existente entre as características físicas, mecânicas e petrográficas da rocha versus ambiente de aplicação, espessura das chapas e plano de corte considerado, entre outros.

INTRODUÇÃO

Em virtude do revestimento, de granito da obra, quer seja na forma de fachada ou de piso, ficarem sujeitos às condições agressivas do meio ambiente, fez-se necessário definir as características petrográficas e mecânicas das rochas serem empregadas, através de ensaios de caracterização tecnológica, de forma a permitir a definição dos seguintes parâmetros: resistência a flexão, compressão uniaxial, dilatação térmica linear, resistência ao impacto, dureza, porosidade, absorção d'água e o desgaste Amsler. Com base nos resultados elaborou-se o critério de escolha dos materiais pétreos, para revestimentos das fachadas internas e externas, além dos pisos internos da obra em análise que seriam definidos a partir das seguintes características: aspecto estético decorativo da rocha; e composição mineralógica; tipo petrográfico (propriedades físicas e mecânicas da rocha); definição do sistema de fixação a ser empregado e do conhecimento das cargas atuantes sobre o revestimento.

METODOLOGIA

Como conseqüência da integração das características tecnológicas das rochas, realizou-se a escolha dos materiais que foram utilizados nos diversos ambientes do prédio, além da definição das espessuras e dimensões das placas. Em função dos resultados dos ensaios de caracterização tecnológica, mais precisamente devido aos parâmetros obtidos no grau de absorção, porosidade, coeficiente de dilatação térmica linear e do desgaste Amsler, escolheu-se os granitos Branco Nevasca e Verde Ceará, como material de revestimento das paredes internas e pisos dos banheiros e demais interiores da obra (ver tabela 1). Além do excelente aspecto estético-decorativo que apresentam, contribuíram na escolha destes granitos o baixo índice de porosidade, absorção da água e do coeficiente de dilatação

térmica linear, além do elevado valor da resistência ao atrito (desgaste Amsler) conforme os coeficientes na tabela 2.

No que tange ao granito utilizado para o revestimento lateral externo, incluídas as placas de coluna, teto e viga, foi empregado o granito Vermelho Ventura, o qual além de apresentar um excelente aspecto visual e estético-decorativo, mostrou ótimo resultado, especialmente no que concerne aos índices de resistência a flexão uniaxial e coeficiente de dilatação térmica linear (ver tabela 3). Em função do aspecto estético e dos resultados dos ensaios tecnológicos referenciados, ficou decidido que as placas de coluna e viga seriam de material flameado, medindo 3cm de espessura por 1,492 m de comprimento por 1,490 m de largura. As placas de rochas utilizadas como revestimento das paredes externas, foram em função do aspecto estético, aplicadas na forma polida e devido a menor incidência de carga de vento, foram projetadas nas dimensões de 3 cm de espessura por 0,746 m de largura e 1,492 m de comprimento. Quanto as placas de forro, verificou-se com base nos resultados dos ensaios de resistência a flexão e dos índices de densidade do material, que as mesmas deveriam ser aplicadas como placas flameadas, medindo 4 cm de espessura por 1,492 m de comprimento por 0,746 m de largura.

SISTEMA DE FIXAÇÃO ADOTADA

Na fixação das placas de rochas como revestimento lateral externo e das peças de viga, forro e colunas, utilizou-se o sistema de fixação com componentes metálicos, através de pinos previamente especificados para suportarem o peso do próprio revestimento, além das demais cargas atuantes na placa e suas deformações diferenciais existentes entre a rocha e a parede de fixação (suporte).

Como sistemática de trabalho, utilizou-se os resultados das determinações do coeficiente de dilatação térmica linear, a densidade do material e o valor do módulo de resistência a flexão. Em função dos índices expostos nas tabelas 3 e 4 e levando-se em consideração os parâmetros estudados na análise estrutural da rocha, verificou-se que a rocha, devido a distribuição planar dos seus contribuintes minerais, apresenta em relação aos 3 (três) planos que contém, valores diferenciados em relação ao índice de resistência a flexão (ver figura 1). Ainda com base nestes elementos, verificou-se que o plano YZ (segundo plano da rocha), apresentou os maiores valores de resistência a flexão, ou seja, constitui o plano ideal de corte das placas a serem aplicadas na

obra, tanto na condição de revestimento de coluna, paredes e vigas, quanto de forro. Em seguida utilizou-se as equações abaixo discriminadas para definir a espessura das placas, o espaçamento entre as juntas e as dimensões das peças.

O coeficiente de dilatação térmica linear, que constitui a base para a definição das áreas das placas e do espaçamento entre as juntas de fixação é dado pela equação:

$$B = \frac{L}{L_0 \times T}$$

onde: B = Coeficiente de dilatação térmica linear (mm/m C°)
L = Incremento de comprimento do corpo de prova (m)
L₀ = Comprimento inicial do corpo de prova (m)
T = Incremento de temperatura (C°)

No que se refere ao módulo de resistência a flexão, a norma norte-americana afirma que os valores abaixo de 10,34 MPa, são considerados restritivos, necessitando de placas de espessuras maiores e áreas menores, para suportar as solicitações de flexões causadas pela carga de vento e no caso das placas de teto do próprio peso do revestimento.

O índice de resistência a flexão é calculada através da seguinte expressão:

$$R = \frac{3 PL}{2b d^2}$$

Onde: R = Tensão de ruptura na flexão (Mpa)
P = Força de ruptura (KN)
L = Comprimento da peça
b = Largura da peça
d = Espessura do corpo de prova ou da placa

Conseqüentemente a espessura da placa é determinada através da expressão:

$$d^2 = \frac{3PL}{R2b} \quad d = \frac{3PL}{R2b}$$

$$d^2 = \frac{3PL}{R2b} \quad d = \frac{3PL}{R2b}$$

Onde P é considerado como valor da força exercida pela carga de vento.

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o intuito de definir o plano de maior resistência a flexão do granito destinado a produção das placas de forro, decidiu-se coletar 04 amostras de cada um dos 3 (três) diferentes planos conhecidos comercialmente como Vermelho Ventura, e fazer a serragem e flameamento para enviá-las ao laboratório de Mecânica de Rocha da UFPE (ver tabela 3), para realização dos ensaios de resistência a flexão segundo a norma ASTM C 880. Os planos de corte da rocha foram definidos segundo os planos XY, XZ e YZ conhecidos na prática de desmonte de rochas

popularmente como “Corrida”, “Trincante” e “Segundo”.

Como os resultados expostos na tabela 3, verificou-se que o plano YZ (segundo da rocha), constitui o plano de maior resistência a flexão, devendo portanto, ser o plano de corte escolhido para placas de forro. Estas atuarão, quando aplicadas na obra, com amplo esforço gravitacional, além das parcelas de carga decorrentes da força do vento e dos esforços tencionais devido a dilatação e contração do corpo em função das variações de temperatura.

Com base no exposto e levando-se em consideração as características tecnológicas, principalmente, da mecânica da rocha e resistência dos materiais, adotou-se o procedimento de orientar os blocos extraídos na pedreira, para obtenção das placas da obra do edifício do Tribunal de Justiça de Pernambuco, a ter o comprimento direcionado segundo o plano YZ. O acerto de tal metodologia de trabalho foi posteriormente confirmado, através de novos ensaios tecnológicos, visando definir o índice de resistência a flexão, elaborados pelo IPT (ver tabela 4), o qual confirmou os resultados obtidos anteriormente.

DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA

Tomando-se por base estudos técnicos de resistência à tração, desenvolvidos a partir dos ensaios de resistência a flexão, efetuados em amostras do granito Vermelho Ventura, verificou-se que para produzir as placas de forro nas dimensões de 1,492 m x 0,746 m ao longo dos 03 (três) planos analisados, a espessura dos mesmos deveriam variar de acordo com o plano a ser considerado. Isto é, para as peças produzidas ao longo da corrida da pedra (plano XY) a espessura da placa deveria ser de 49 mm, no caso das peças serradas em paralelo ao Trincante (plano XZ) a espessura da placa será de 43 mm; enquanto o material deverá ser processado ao longo de segundo da rocha (plano YZ), a espessura final da placa seria de 36 mm posterior arredondada para 48 mm para um índice de resistência a flexão de 9400 MPa.

CONTROLE DE QUALIDADE ADOTADO

Com o objetivo de evitar-se o aparecimento de patologias nos materiais aplicados, resolveu-se adotar rígido controle de qualidade nas placas a serem fixadas, a fim de inibir futuramente o aparecimento de fissuras, quebraamentos, fraturas, manchas, pontos de oxidação e eflorescência. Convém frisar, que o aparecimento de tais defeitos, além do aspecto estético-decorativo da obra, contribui para provocar instabilidade no revestimento, o que poderá vir a ocasionar sérios problemas no futuro.

Inicialmente foi realizada uma criteriosa análise visual das placas recebidas, com a finalidade de verificar as dimensões das peças, o esquadreamento, a posição dos furos, a bitola de cada placa, além da presença de pontos de oxidação na rocha. Em seguida, foi elaborada a lavagem de cada placa, com intuito de verificar a presença de

fraturas, o que viria comprometer a estabilidade do revestimento. Após a elaboração desse rígido controle, as peças fora de especificação foram trocadas por outras em perfeitas condições de uso.

No que concerne as placas de piso, foi avaliada rigorosamente suas dimensões e a equidistância das juntas entre os componentes de modo a respeitar o coeficiente de dilatação térmica linear da rocha, além de observar a retilidade do plano da placa e a presença de fissura e quebramentos na mesma, o que provocaria em futuro próximo o descolamento da peça.

Em paralelo aos serviços de avaliação do material pétreo a ser fixado, foram analisados criteriosamente o nivelamento e planicidade do local de assentamento, com o intuito de evitar problemas de descolamento de placas assentadas nos pisos e revestimento das paredes internas da edificação.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a realização dos ensaios de caracterização tecnológica, associado a um rigoroso controle de qualidade, são atividades de fundamental importância durante a execução de um projeto de aplicação de rochas ornamentais como revestimento. Convém salientar, que nos países da Europa, notadamente na Itália, tais procedimentos fazem parte da metodologia normal de trabalho. Em consequência nas obras de engenharia lá edificadas, não se notam as patologias citadas no presente texto e tão comuns em nossas edificações. Em consequência é mister criar em nossos arquitetos e construtores, a cultura do granito, de forma que a metodologia de trabalho, acima apresentada, passe a constituir um procedimento para utilização em nossa indústria da construção.

TABELA 1 - RESULTADOS ANALÍTICOS DOS GRANITOS SELECIONADOS PARA A OBRA

Nome Comercial	Nome Petrográfico	Massa Específica g/cm ³	Porosidade (%)	Absorção (%)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Impacto (cm)	Desgaste Amsler (mm)	Coefficiente Dilatação Ter. Linear (10 ³ /mm ² °C)
Rosa Iracema	Granito	2,611	0,82	0,31	145	13,29	66	0,61	13,5
Verde Meruoca	Granito	2,62	0,33	0,13	135,14	14,49	70	0,68	10,8
Verde Ventura	Granito	2,62	0,59	0,22	151,5	10,7	55	0,72	11,4
Branco Nevasca	Granito	2,625	0,66	0,25	86,1	14,8	81,3	0,75	11,5
Cotton Bahia	Granito	2,653	0,31	0,12	202,1	23,83	44	0,49	10,8
Jacarandá Bahia	Sienito-gnaisse	2,671	0,24	0,09	170,7	18,9	45	0,7	11,4
Samba	Migmatito	2,63	0,5	0,35	99,6				14,8
Branco Cristal Verm.	Albita-granito	2,607	1,19	0,46	107	16,7	60	0,65	
Tanquinho	Granito	2,745	0,29	0,1	157,4	15,58	51	0,82	9,2
Marrom Imperial	Monzonito	2,71	0,73	0,33	78,13				
Verm. Ventura	Granito	2,67	0,75	0,34	97	10,58			
Rosa Meruoca	Granito	2,59	1,13	0,44	85,1	10,9			

Fonte: Elaboração de Vanildo de Almeida Mendes, a partir de informações das empresas fornecedoras dos materiais e da UFPE

TABELA 2 – VALORES ESPECIFICADOS PELA NORMA ASTM E SUGERIDOS NO BRASIL

Propriedades	Valores fixados pela ASTM	Valores Sugeridos no Brasil
Massa específica (Kg/cm ³)	2.560,00	2.550
Porosidade aparente (%)	n.e	1.0
Absorção d'água (%)	0.4	0.4
Velocidade de propagação de ondas(m/s)	n.e	4.000
Dilatação térmica linear(10 ⁻³ / mm C°)	n.e	12.0
Desgaste de Amsler (mm)	n.e	1.0
Compressão Uniaxial (Mpa)	131.0	100
Flexão (Módulo de ruptura) Mpa	10.34	10
Módulo de deformabilidade Estático (Gpa)	n.e	30
Impacto de corpo duro (m)	n.e	0.4

Fonte: AMERICAN SOCIETY DOR TESTING AND MATERIAIS – ASTM FRASÃO & FARJALLAT

NOTA: N.E. = NÃO ESPECIFICADO

TABELA 3 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO (FORNECIDOS PELA UFPE)

Corpo de Prova	DIMENSÕES (CM)		Carga de ruptura Kgf	Tensão de ruptura P (MPa)
	Espessura d (cm)	Largura b (cm)		
1 Plano ZX	3	4,5	300	5,460
1 Plano ZY	3	4,5	300	10,58
1 Plano XY	3	4,5	300	6,830

Fonte: Departamento de Engenharia de Minas da UFPE.

Nota: o valor mínimo sugerido pela ASTM é de 8,27 MPa, em consequência o valor apresentado pelo ZY, atende perfeitamente as especificações da obra.

TABELA 4 C – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO, SEGUNDO O PLANO XY (TRINCANTE DA ROCHA)

Corpo de prova (nº)	Dimensões (cm)		Carga de ruptura, P (kgf)	Tensão de ruptura R		Velocidade de propagação
	Espessura (d)	Largura (b)		kgf/cm ²	MPa	
6	3,08	4,59	178,7	83,2	8,16	4,540
8	3,07	4,55	204,3	96,3	9,44	4,800
5	3,08	4,56	217,2	101,5	9,95	4,450
7	3,08	4,58	222,8	104,3	10,23	4,670
1	3,09	4,58	226,5	105,1	10,31	4,540
2	3,10	4,54	228,6	105,9	10,39	4,380
3	3,10	4,56	239,1	110,8	10,87	4,650
4	3,11	4,56	248,3	114,1	11,19	4,650
MÉDIA				102,7	10,07	4,590
DESVIO PADRÃO				9,5	0,94	130
COEF. DE VARIAÇÃO (%)				9	9	3

Fonte: Instituto tecnológico do Estado de São Paulo – IPT

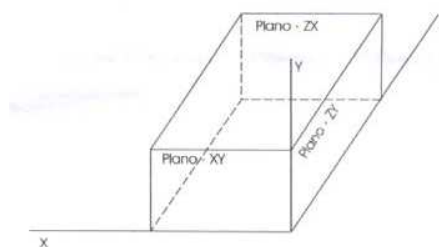
TABELA 4 A – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO, SEGUNDO O PLANO XY (CORRIDA DA ROCHA)

Corpo de prova (nº)	Dimensões (cm)		Carga de ruptura, P (kgf)	Tensão de ruptura R		Velocidade de propagação
	Espessura (d)	Largura (b)		kgf/cm ²	MPa	
2	3,02	4,51	91,3	45,0	4,41	5,520
4	3,05	4,60	122,1	57,7	5,66	4,890
1	3,01	4,55	164,2	80,8	7,92	5,130
7	2,99	4,58	489,8	94,1	9,23	5,480
5	3,01	4,57	197,0	96,5	9,46	5,100
8	2,97	4,58	196,0	98,2	9,63	5,600
3	3,00	4,57	233,9	115,0	11,28	5,380
6	3,00	4,54	237,6	117,8	11,55	4,880
MÉDIA				88,1	8,64	5,248
DESVIO PADRÃO				25,8	2,53	160
COEF. DE VARIAÇÃO (%)				29	29	5

TABELA 4 B – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO, SEGUNDO O PLANO YZ (SEGUNDO DA ROCHA)

Corpo de prova (nº)	Dimensões (cm)		Carga de ruptura, P (kgf)	Tensão de ruptura R		Velocidade de propagação
	Espessura (d)	Largura (b)		kgf/cm ²	MPa	
4	2,99	4,59	178,7	88,5	8,68	5,350
7	2,99	4,59	199,9	98,9	9,7	5,350
8	2,99	4,58	203,6	100,5	9,86	5,200
5	2,99	4,57	202,8	100,7	9,88	5,390
2	3,00	4,58	238,2	117,4	11,51	5,000
6	3,01	4,57	244,5	119,4	11,71	5,300
1	3,00	4,56	275,7	136,3	13,37	4,830
3	2,99	4,56	274,6	136,9	13,43	5,240
MÉDIA				112,3	11,02	5,210
DESVIO PADRÃO				18	1,77	200
COEF. DE VARIAÇÃO (%)				16	16	4

Figura 1 – Definições dos Planos XY, ZX e ZY



Nota: Plano XY – Trincante da Rocha
Plano ZY – Segundo da Pedra
Plano ZX – Corrida da Rocha

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FRASÃO, Ely Borges e FARJALLAT, José Eduardo Siqueira – Proposta de especificação para rochas salicáticas de revestimento – Inst. Tecnológico do Estado de São Paulo – JPT – São Paulo, Março de 1997;

FRASÃO, Ely Borges e FARJALLAT, José Eduardo Siqueira – Seleção de pedras para revestimento e propriedades requeridas – Inst. Tecnológico do Estado de São Paulo – JPT – São Paulo, Maio de 1996;

FLAIN, Eliana Patta – Uso e aplicação de revestimento com placas de rochas – 1 – Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, Novembro de 1998.

VIDAL, Francisco W. Hollanda – Avaliação de Rochas Ornamentais do Ceará através de suas Características Tecnológicas – Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Rio de Janeiro, Dezembro de 1999.