

## PRINCIPAIS PATOLOGIAS ASSOCIADAS AO USO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Helmo Bagdá Gama*

Geólogo do SENAI - Depto. Regional da Bahia  
Av. Bonfim, 99 - Bairro Dendeseiros - 40.415-000 - Salvador - BA

### RESUMO

A evolução tecnológica do último século propiciou a produção e utilização em larga escala das rochas ornamentais e de revestimento. Esta expansão tem demandado conhecimentos técnicos sobre o desempenho destes materiais frente às condições a que os mesmos estarão submetidos quando aplicados. A sistematização do estudo das rochas através de análise petrográfica e testes tecnológicos padronizados, constitui-se num fator de grande importância para retardar ou reduzir o aparecimento de patologias associadas à degradação das rochas ou dos materiais utilizados na fixação das placas em revestimentos ou pavimentações.

As patologias podem se manifestar nas placas de rocha através de descoloração, cristalização de sais na superfície, no interior dos poros ou no fundo das placas, nas juntas e fraturas, por perda da integridade física e descolamento das mesmas, resultando na redução da qualidade estética e evoluindo para danos maiores à obra até o comprometimento da sua segurança.

As causas das patologias podem ter origem nos aspectos da composição mineralógica da rocha, que pode apresentar maior ou menor suscetibilidade a alteração química, ou nos seus aspectos físico-mecânicos, que em conjunto determinam sua resposta às condicionantes do ambiente onde situa-se a obra assim como às solicitações determinadas pela finalidades e estrutura desta. A não observação de técnicas apropriadas e a utilização de materiais inadequados à fixação das placas podem também resultar no desenvolvimento de patologias. Fatores de origem natural ou introduzidos pelo homem (má qualidade da produção, transporte e armazenagem das placas, poluição) podem acelerar a degradação dos produtos de rochas ornamentais.

### INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais vêm apresentando um significativo crescimento nas últimas décadas como material de revestimento de fachadas e interiores de construções e em pavimentação externa e interna.

Além das razões tradicionais que levaram o homem desde os primórdios da história a utilizar as rochas, como a durabilidade normalmente muito superior ao ciclo de vida das construções e a beleza natural das que têm servido às diversas finalidades decorativas, arquitetônicas ou puramente construtivas, o avanço tecnológico do último século influenciou decisivamente na produção e utilização dos mármore e principalmente dos granitos, tanto em escala como na diversidade das formas de uso hoje possíveis, propiciando aos arquitetos e

decoradores materiais de beleza única, em peças com dimensões, formatos e tipos de acabamentos variados, que ao lado de técnicas e dispositivos de assentamento seguros vêm promovendo a materialização, em grandes construções, de obras de arte de rara beleza estética e geométrica no cenário urbano e que garantem também conforto higrotérmico e conservação de energia.

Produzidas a partir de materiais naturais, as placas de rochas utilizadas em revestimentos e pavimentações estão sujeitas a alterações dos padrões originais, de modo que se não forem levados em conta desde a elaboração do projeto e monitoradas adequadamente, podem acelerarem-se em razão de diversos fatores patológicos, apresentando inicialmente uma redução do nível de qualidade estética, evoluindo para deteriorações que comprometem o desempenho técnico-funcional e a estabilidade e segurança do sistema.

Neste trabalho serão apresentadas os principais tipos de manifestações patológicas associadas ao uso de rochas ornamentais e discutidos em maior profundidade, ao longo do texto, aqueles causados pela presença de sais solúveis (eflorescências e subeflorescências), escolhidos em função de suas causas variadas, dos danos quase sempre irreversíveis e do relativo desconhecimento do problema e suas causas por parte dos aplicadores. Estes problemas criam impacto negativo sobre a imagem das rochas frente aos arquitetos e decoradores, influenciando na preferência desses especificadores por outros tipos de materiais em detrimento dos mármore e granitos.

### TIPOS DE PATOLOGIAS, CAUSAS E CARACTERIZAÇÃO

O conhecimento dos tipos de manifestações patológicas que afetam as rochas ornamentais, das conseqüências que terão sobre o seu desempenho na obra, assim como dos fatores responsáveis, são de fundamental importância na individualização de soluções adequadas para se lidar com a problemática da utilização desses materiais, tanto preventivamente como corretivamente. A difusão desses conhecimentos entre os profissionais que prescrevem, projetam, aplicam e dão manutenção as rochas ornamentais é decisiva principalmente em países como o Brasil, onde a grande maioria dos arquitetos deixa de usar os mármore e granitos devido à falta de informações técnicas disponíveis ou pelas impressões negativas deixadas por aplicações inadequadas.

Por representar a ponta da cadeia produtiva do setor de rochas, estando assim diretamente em contato direto com o mercado e assumindo em muitos

casos o assentamento através de equipes terceirizadas, o seguimento de marmorarias, do ponto de vista legal e financeiro, é o mais prejudicado pelos problemas que ocorrem nas pavimentações e revestimentos. Como os problemas, de uma forma ou de outra, sempre afetam visivelmente as placas ou peças de rocha, a “culpa” sempre recai sobre estes materiais, obrigando os marmoristas a arcarem com a substituição.

Na verdade, para enfrentar adequadamente o problema das manifestações patológicas associadas ao uso das rochas ornamentais, é necessário um sistema de gerenciamento integrado de todas as variáveis intervenientes, que se estendem desde o conhecimento da jazida e das propriedades das rochas, seus processos de produção, das técnicas e materiais utilizados no assentamento, até as solicitações provocadas pelo meio ambiente e agentes poluentes, pelas características e finalidade da obra e suas necessidades de manutenção. Como muitas vezes esses fatores são negligenciados, quando deveriam ser traduzidos em parâmetros de projeto e de processo a fim de equacionar o problema adequadamente, a escolha das rochas e o cronograma e execução da obra não dão a devida atenção às necessidades de materiais, técnicas e mão de obra qualificada, resultando mais cedo ou mais tarde em problemas que irão desvalorizar as rochas e comprometer a obra tanto nos seus aspectos estéticos quanto do ponto de vista funcional e de segurança.

As patologias manifestam-se nas placas de rochas através de:

- a) manchamentos e/ou mudanças da tonalidade original, crostas e depósitos
- b) eflorescência e subeflorescência
- c) perda da integridade física por dissolução, escamações ou pulverizações (por subeflorescências) e fraturamento
- d) empenamento, descolamento e destacamento

Os fatores responsáveis pelas manifestações patológicas podem ser classificados em:

- 1) Fatores relacionados aos aspectos petrográficos, químicos, físicos e mecânicos das rochas que definem suas propriedades tecnológicas e são avaliados por meio de:
  - a) análises petrográficas para definir a composição mineral da rocha, indicando a presença de minerais de fácil alteração, de minerais alterados e de microfissuras, de aspectos de textura e estrutura envolvendo a forma, granulometria, contatos e distribuição dos minerais. Esses aspectos determinam o comportamento das rochas e são fundamentais como critérios para especificação e uso adequado, como exemplo podemos citar uma ocorrência

muito comum a alguns granitos verdes, abundantes no Brasil e que vale a pena ressaltar que é a fotossensibilidade, propriedade que desqualifica esses materiais para o uso em ambiente com incidência direta de luz solar por provocar mudança de coloração pelo amarelamento das placas após algum tempo de aplicado, principalmente em fachadas. Muitas modificações que ocorrem a nível mineralógico são na realidade de natureza química e serão abordados no item a seguir.

- b) problemas de natureza química que as rochas podem apresentar e que são em parte devido à existência de minerais alteráveis, como os sulfetos de ferro que se oxidam na presença de água ou oxigênio, produzindo manchas de coloração amarelo avermelhadas ferruginosas ou associadas a rochas de natureza carbonática (mármore, calcários e travertinos) facilmente atacadas pela chuva ácida ou limpeza inadequada com ácido muriático causando dissolução dos minerais constituintes. Testes de laboratório, que reproduzem condições agressivas em câmara de  $SO_2$  são realizados para avaliar o efeito da chuva ácida sobre as rochas, assim como testes de manchamento por diversas substâncias presentes em cozinhas, banheiros ou em produtos de limpeza, contribuindo tecnicamente para a especificação mais adequada dos mármore e granitos.
- c) ensaios físicos das rochas em termos de densidade, porosidade e absorção de água. As propriedades físicas das rochas dependem dos seus aspectos petrográficos e influem nos índices físicos-mecânicos e conseqüentemente no seu desempenho frente às solicitações às quais estarão sujeitas na obra e às condições atmosféricas a que estarão expostas. Materiais com alto índice de absorção apresentam redução de resistência, estando também sujeitos a deterioração por cristalização de sais dissolvidos em água retida nos poros da rocha (com a evaporação da água, estes sais cristalizam e expandem-se comprometendo a resistência mecânica da rocha, chegando a provocar escamações na superfície das placas, ponto crítico do fenômeno da subeflorescência).
- d) testes mecânicos que dão uma medida direta da resposta das placas de rocha frente aos esforços físicos aos quais estarão submetidos: dilatação térmica linear, desgaste, impacto, compressão uniaxial (realizado também após ciclos de congelamento e degelo para utilização em países frios), flexão, além de outros como o módulo de deformidade estático, velocidade de propagação de ondas, vários tipos de dureza etc. Os diversos tipos de testes de resistência mecânica podem também ser realizados após ciclos de saturação com

solução salina, de atmosfera ácida, envelhecimento acelerado (xenoteste) com raios ultravioleta etc., para que tenha uma idéia de como essas variáveis irão influenciar na durabilidade das rochas. Materiais com alto índice de dilatação térmica, por exemplo, podem apresentar problemas de empenamento, fraturamento e descolamento, sendo indispensável que seja levado em conta em função do tipo de aplicação (interna ou externa), para o correto dimensionamento e distribuição das juntas e na escolha dos tipos de materiais de fixação e rejuntamento.

2) Fatores relacionados à instalação e ao tipo de fixação das placas:

a) Fixação com argamassas

Neste sistema, mais tradicional, temos fatores como a diferença de dilatação térmica entre a rocha e a camada de fixação executada com argamassa, que, principalmente em fachadas, resulta na perda de aderência e promove o destacamento da placa, caso não seja observado o correto dimensionamento das juntas de assentamento e a introdução de juntas de expansão a cada quatro ou sete metros, dependendo do grau de insolação; sendo aconselhável também a utilização de argamassas com aditivos que conferem flexibilidade (látex).

Neste tipo de fixação é muito comum o aparecimento da eflorescência, que é uma patologia relacionada ao acúmulo de sais cristalizados na superfície das placas próximo às juntas de assentamento ou nas fraturas (que podem ser causadas ou expandidas pelas próprias eflorescências). As eflorescências podem ser reconhecidas pelos “jorros” de matéria esbranquiçada saindo das juntas, sendo produzidas por dissolução, pela água, de sais contidos na argamassa, no concreto, na alvenaria e no solo, ou introduzidos por produtos de limpeza, maresia, poluição ou sais utilizados para derreter a neve acumulada em países frios. Esta solução, após evaporação da água na superfície dos rejuntos falhos ou quebrados ou das fraturas existentes nas placas, deposita os sais por cristalização à medida em que se tornam saturadas. A eflorescência pode ser um prenúncio de outro tipo de patologia muito mais danosa às rochas e construções denominada subeflorescência e que é resultante da cristalização de sais, a partir das mesmas soluções, no interior dos poros das placas de rocha próximo à superfície das mesmas. A presença de soluções salinas representa portanto, um dos principais problemas enfrentados nas construções, podendo causar manchamentos, fraturamentos, escamações (subeflorescências) e, quando os sais cristalizam, expandindo-se, no espaço entre a placa e a camada de fixação,

podem provocar descolamento. Para lidar de maneira correta preventivamente com estes tipos de patologias são necessários trabalhos para impermeabilização do piso, para bloquear o acesso da água à argamassa de revestimento, para reduzir a penetração da maresia, e evitar o uso de produtos de limpeza que não sejam neutros, diminuindo assim a possibilidade da presença de sais que possam penetrar nos poros da rocha ou nas descontinuidades dos rejuntos. Análises de laboratório podem identificar os tipos de sais presentes nestas patologias, dando uma pista segura da origem dos mesmos e auxiliando nos trabalhos para bloquear ou reduzir a sua presença nas construções.

b) Fixação por ancoragem

Neste sistema de fixação por ancoragem mecânica com dispositivo metálico em fachada ventilada, deve-se levar em conta o efeito de diversas variáveis como o vento, o peso do material e a expansão e retração térmica, a fim de prevenir o fraturamento e destacamento das placas. Patologias podem surgir em função de assentamento prematuro relativamente às retrações do concreto da estrutura ou do substrato, dos movimentos da estrutura, do uso de placas com baixa espessura, rochas cuja resistência seja afetada pelo sazonal congelamento da água contida nos poros, pelo uso de elementos ou ligas metálicas inadequadas na fixação etc. A aderência de fuligem ao silicone de rejunte normalmente causa manchas escuras nas rochas quando espalhadas pela água da chuva na fachada, sendo sua utilização desnecessária, na maioria dos casos. Em países de clima frio a água pode congelar nos poros da rocha e reduzir o desempenho das placas, da mesma forma que em ambientes próximos ao mar, a presença da maresia pode causar subeflorescência com esfarelamento superficial prejudicando o acabamento das placas e afetar o seu desempenho geral.

3) Fatores associados à produção, transporte e manuseio das placas

Durante as fases de extração e beneficiamento das rochas, o uso de técnicas inadequadas podem causar fissuras, como por exemplo, a utilização de explosivos na pedreira, chapas empenadas ou com variações de espessura devido a serragem problemática; placas com manchas de oxidação devido à presença de restos de granalhas de ferro ou aço por lavagem incorreta das chapas após a serragem; redução excessiva da espessura no polimento para sanar problemas de ranhuras profundas produzidas na serragem, quinas serrilhadas e quebradas na fase de corte a disco diamantado das chapas para produção dos ladrilhos; e peças acabadas com problemas dimensionais e de esquadro, que ao demandar adequações forçadas no assentamento

comprometem a estética e o desempenho da aplicação. O transporte e manuseio inadequado das placas e ladrilhos podem causar fraturas e lasqueamento de borda; a falta de cuidado no estoque pode, ainda, expor as rochas ao contato com materiais como madeiras úmidas, barras enferrujadas e lamas, induzindo a absorção de substâncias que provocarão manchas.

## **CONCLUSÕES**

A importância do conhecimento das rochas, suas propriedades e técnicas de produção e das técnicas e materiais de assentamento são indispensáveis na prevenção das patologias.

Quando associadas à existência de mão de obra qualificada ao longo de todas essas fases, teremos percorrido boa parte do percurso na direção da obtenção da qualidade na utilização das rochas ornamentais, em toda a extensão e possibilidades que a tecnologia moderna nos proporciona. Caso contrário, os problemas originados pelas aplicações incorretas das rochas representarão um estímulo ao uso de materiais concorrentes e prejudicando severamente o setor produtivo.

## **BIBLIOGRAFIA**

Flain, Eleana Patta; Frazão, Ely Borges. Considerações sobre algumas patologias em revestimentos com placas pétreas. Rochas de Qualidade, Edição 140, p. 86 – 92.

Giulio, Roberto Di. I revestimenti lapidei: tecniche e degrado. L'informatore del Marmista, 461, p. 16 – 24.

Hueston, Frederick M. Subflorescence and the deterioration of historic masonry. Stone World, February/97, p. 74 – 80.

## CARACTERIZAÇÃO DO FRATURAMENTO PRÓXIMO À LAVRA DO GRANITO SANTA ROSA. IRAUCUBA/CE

*Irani Clezar Mattos*

Geóloga do Programa SENAI de Apoio ao Setor de Rochas Ornamentais - SENAI/CE  
Rua Júlio Pinto, 1873 - Bairro Jacarecanga - 60.035-010 - Fortaleza-CE  
E\_mail: icmattos@sfiec.org.br

### RESUMO

O granito Santa Rosa, localizado no município de Irauçuba, Estado do Ceará, possui área aflorante de aproximadamente 18 km<sup>2</sup> sob forma de maciços e matacões; apresenta alto grau de fraturamento e médio grau de alteração supergênica. O granito Branco Nevasca é a rocha-minério do granito Santa Rosa, que é um corpo granítico intrusivo na porção W de uma seqüência de biotita gnaisses, os quais são predominantes na área. É uma rocha leucocrática, com textura equigranular homogênea, de granulação média a fina.

O objetivo deste trabalho foi realizar um mapeamento de detalhe na área da lavra, utilizando malha de 5 x 5 metros, caracterizando o comportamento estrutural frágil do corpo granítico na área alvo. O resultado do mapeamento permitiu concluir que: Na área da lavra existem três sistemas de fraturamento bem definidos: C<sub>I</sub> com direção média N26, C<sub>II</sub> com direção média N74 e C<sub>III</sub> com direção média N121. Alguns aspectos deste fraturamento podem ser considerados como negativos: (i) As três direções de fraturamento com persistências semelhantes, o que leva a formação de blocos de forma não paralelepípedica. (ii) A dispersão importante ( $\pm 10^0$ ) das direções das fraturas em cada conjunto. (iii) A variabilidade do mergulho das fraturas. Dentro dos aspectos favoráveis, podemos citar: (i) a ortogonalidade de C<sub>I</sub> e C<sub>III</sub>, (ii) a boa probabilidade da intensidade de C<sub>I</sub> e C<sub>II</sub> diminuir com a profundidade, tornando o potencial da lavra mais efetivo. (iii) A contaminação do óxido de manganês, que penetrou nas fraturas por percolação, provavelmente diminuirá com o aumento da profundidade.

### INTRODUÇÃO

O Granito Santa Rosa situa-se na região centro norte do Estado do Ceará, município de Irauçuba, à 5 Km a oeste da vila Boa Vista do Caxitoré (figura 1).

O Granito apresenta forma elipsoidal, com área aflorante de aproximadamente 18 km<sup>2</sup> de maciços e matacões. É intrusivo em biotita gnaisses de granulação média a grossa. A porção sudoeste do granito se mostra intrudida numa seqüência formada por quartzitos, juntamente com muscovita-biotita xistos, constituindo serras alongadas na direção N-S.

O Granito em estudo, corresponde a um leucogranito monzonítico, de coloração variada entre cinza claro a branco, a granulação varia de média a

fina. Possuem uma sutil e localizada foliação de fluxo magmático evidenciada nas zonas de concentração de biotitas. Foram individualizados corpos graníticos homogêneos e fraturados, de coloração branca com textura equigranular média. Nesta porção o granito é explorado pela Mineração Santa Rosa e recebe a denominação comercial de granito "Branco Nevasca".

### METODOLOGIA

Foram realizadas interpretação de fotografias aéreas; mapeamento topográfico e geológico no granito Santa rosa, o qual foi dividido em três áreas alvo. O mapeamento de detalhe foi realizado na área alvo 1.

O mapeamento de detalhe no fraturamento foi desenvolvido em três etapas:

Etapa A => Coleta de dados na pedreira ocorreu próximo à lavra, com malha 5 x 5 metros, onde cada fratura foi identificada ao longo das linhas da malha, segundo os parâmetros: distância, direção, mergulho, comprimento e espessura.

Etapa B => Tratamento dos dados coletados: As informações e os dados de direção foram trabalhados no software RockWare (rosetas) e Adobe. Com o diagrama de rosetas, foram definidos três principais conjuntos de fraturas. Estes dados geraram um mapa de isofreqüências.

Etapa C => Elaboração do Relatório: Apresentação dos resultados, conclusões e sugestões.

### CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

#### Geologia Regional

Geologicamente, a área ocupada pelo GSR (Granito Santa Rosa) está inserida no Domínio Cearense, sub-Faixa de Dobramentos Curú - Independência, (Brito Neves 1975 a), representada por unidades metassedimentares anteriores ao proterozóico e granitogênese neoproterozóicas. A área próxima ao Granito Santa Rosa exhibe unidades paraderivadas correlacionáveis ao Complexo Ceará Central, correspondem, segundo Souza Filho (1998), a rochas de fácies anfilito médio/alto, deformadas e metamorfisadas no neo-Proterozóico.

## Geologia Local

O granito Santa Rosa é intrusivo na porção oeste da seqüência pelito-psamítica composta predominantemente por biotita gnaisses, com estruturas ora gnáissica, ora xistosa ou ainda estromática, porfiroblástica, constituídos em proporções variáveis de moscovita, granada e sillimanita. A porção sudoeste do GSR intrude a seqüência psamítica-carbonática, que constituem serras alongadas de direções N-S.

O Granito é composto por quartzo, plagioclásio, K-feldspato (imprime uma coloração esbranquiçada à rocha) e mica esverdeada. Os minerais máficos, como óxido de manganês conferem à rocha um aspecto de flocos. Em alguns pontos, é notável a presença de fluorita e, em outras situações, ocorrem sulfetos que parecem acompanhar fraturas.

Microscopicamente o granito possui uma textura granular hipidiomórfica, cujo K-feldspato (microclínio) apresenta inclusões de plagioclásio e quartzo. O plagioclásio (albita/oligoclásio) é tabular, altera-se para mica branca, caulim e albita. (Queiroz, *et al.* 1997). As micas verdes compreendem às da série Zinwaldita-Lepidolita e as brancas Margarita (Ca, Na) -Paragonita. A presença de inclusões de opacos sugere que estas micas resultam da substituição de biotitas. Acessórios são granada, fluorita, zircão, apatita, topázio e minerais do grupo do epidoto.

Dentro do corpo granítico, na porção sul e norte, afloram biotita gnaisses em forma de lajedos. Petrograficamente, estas rochas correspondem aos biotita gnaisses que ocorrem ao longo dos contatos com o granito. A ocorrência de gnaisses das encaixantes no interior do corpo granítico, pode sugerir uma associação à "roof pendant". (Mattos, *et al.* 1997)

### Alteração Intempérica

O óxido de manganês disseminado na massa granítica, em contato com águas meteóricas, mobilizou-se e concentrou-se em fraturas, e ainda, em concreções supergênicas próximas ao contato. São ocorrências geradas pela alteração intempérica.

Algumas porções do granito mais claro, denominado nevasca, ocorrem oxidadas de modo pervasivo. Este evento pode estar relacionado à presença de xenólitos de biotita gnaisses da encaixante, parcialmente digeridos em alguns pontos. As oxidações dos sulfetos (pirita e calcopirita) ocorrem em auréolas de diversos tamanhos e formas e estão associadas à percolação de fluidos oxidantes, responsável pela porção alterada do granito. As ocorrências destas oxidações estão diretamente relacionadas a um sistema de fraturamento de direção NNE.

## CARACTERÍSTICAS DA GEOLOGIA ESTRUTURAL

### Comportamento do Fraturamento

A figura 2 (a, b, c e d) em anexo apresenta os diagramas de roseta (5 em 5°) do fraturamento do

granito Branco Nevasca. No diagrama de roseta da figura 2a foram plotadas todas as fraturas. Este diagrama mostra um sistema de juntas constituído por três conjuntos  $C_I$ ,  $C_{II}$  e  $C_{III}$  bem marcados e bem separados. O mergulho destes conjuntos é geralmente forte. Apesar das escassez de planos verticais, foi possível notar a raridade dos planos de muito baixo mergulho (esfoliação). As fraturas foram plotadas de acordo com o resultado inicial, em três diagramas: de N0 a N45 (diagrama b); de N45 a N90 (diagrama c) e N90 a N180 (diagrama d). Cada um destes três diagramas corresponde a um conjunto de fratura como estão representados nas figuras 2 b, c e d, em anexo.

Conjunto  $C_I$ : O diagrama mostrado na figura 2b pertence ao conjunto  $C_I$  e compreende 43,3% das fraturas mostra um máximo entre N15 e N35, com uma média N26. Dos três conjuntos, este é o que apresenta a maior quantidade de fraturas. Ele mostra uma dispersão importante em torno da média ( $\pm 10^0$ ) e nunca apresenta um preenchimento por veio de quartzo. Frequentemente é marcado por verdadeiras zonas cisalhadas persistentes (dezenas de m de extensão longitudinal por até 30 cm de largura) (Foto 01 em anexo).

Conjunto  $C_{II}$ : O diagrama ilustrado na figura 2c pertence ao conjunto  $C_{II}$ . Este diagrama agrupa 23% das fraturas com um máximo entre N65 e N80, e uma média N74. É o conjunto que apresenta a menor quantidade de fraturas. Apresenta, como o anterior, uma dispersão importante ( $\pm 7,5^0$ ) e, em raros casos, é preenchido por finos veios de quartzo (menos de 5mm).

Conjunto  $C_{III}$ : O diagrama indicado na figura 2d pertence ao conjunto  $C_{III}$ . O terceiro conjunto engloba 33,7% das fraturas. É o que apresenta a maior dispersão ( $\pm 20^0$ ). A sua média, de N121, corresponde a duas máximas: N123 e N 117, o último sendo um pouco menos marcado. Neste conjunto são frequentes os veios de quartzo que podem atingir até 10 cm de espessura. Uma das fraturas é também marcada por um veio aplítico de aproximadamente 5cm de espessura. As juntas com preenchimento espesso são geralmente muito persistentes e podem ser seguidas durante dezenas de m.

### Persistência das Fraturas

Visando estimar sua penetrabilidade, as fraturas foram subdivididas em três conjuntos: C, ou curtas (pouco persistente), fraturas inferiores a 50 cm; M, ou médias (persistente), fraturas entre 50 cm e 2 m; L, ou longas (muito persistente), fraturas de comprimento superior a 2 metros. Estes valores foram escolhidos em função do tamanho ideal dos blocos: fratura curta não recorta um bloco; fratura média recorta um bloco; fratura longa recorta mais de um bloco.

### Comportamento das Fraturas em Corte Vertical

Corte N114

a) das 37 fraturas que atingem a superfície, apenas 16 (43%) foram observadas no plano horizontal; b) contagens efetuadas ao longo de linhas horizontais

separadas por 70cm mostram que a quantidade de fraturas recortadas é comparável (apesar destas linhas muitas vezes recortarem fraturas diferentes); **c)** os mergulhos das fraturas são geralmente elevados (sub-verticais), mas variáveis, tanto na intensidade como na direção. Para a maioria das fraturas, Eles oscilam entre 80ESE e 80WSW. Raras são as fraturas apresentando mergulho intermediário a baixo; **d)** O aspecto escalonado observado em plano horizontal se confirma em corte vertical

#### Corte N24

**a)** 90% das fraturas que atingem a superfície foram observadas no plano horizontal; **b)** As contagens efetuadas em linhas horizontais separadas por uma distância de 1 m não mostraram diferenças ponderáveis no fraturamento; **c)** Neste plano também as fraturas apresentaram mergulhos geralmente elevados e variáveis.

#### Freqüência das Fraturas

A figura 03 (e, f, g e h) em anexo mostra as curvas de isofreqüências lineares (fraturas/m) determinadas na área pesquisada. A distribuição de freqüências não apresenta um padrão geométrico simples.

#### Origem das fraturas

Embora possa parecer de pouco interesse prático, a determinação da gênese das fraturas pode ter um papel importante na avaliação da sua penetrabilidade:

**C<sub>I</sub>** - Estas fraturas apresentam um aspecto penetrativo, atravessando sempre as capas de esfoliação. Não foram observados, sinais de movimento (como estrias ou deslocamento de objetos) nem preenchimento por veio de quartzo. Estas observações sugerem que elas devem ser associadas ao relaxamento de energia elástica posterior a uma deformação tectônica.

**C<sub>II</sub>** - Estas fraturas raramente são preenchidas por quartzo. Algumas das fraturas deste conjunto são limitadas à capa de esfoliação, não penetrando na rocha maciça. Estas duas observações sugerem que parte das fraturas deste conjunto são antigas, tendo uma origem semelhante às anteriores, mas que parte são recentes, ligadas à decompressão do stock. Este fraturamento deve diminuir em profundidade.

**C<sub>III</sub>** - Estas fraturas são freqüentemente marcadas pela presença de veios de quartzo de espessura de até 10 cm. Estas juntas caracterizam uma extensão que pode ser tardi ou pós-resfriamento do corpo. Ao longo do preenchimento, é comum observar estrias de falhas, geralmente normais com "rake" elevado, o que mostra que os planos foram retrabalhados, de novo em extensão. Esta origem sugere que estas fraturas são persistentes tanto horizontalmente (observado) como verticalmente e não é de se esperar uma diminuição notável da sua freqüência com a profundidade.

#### CONCLUSÕES

A) Os resultados obtidos neste trabalho confirmam que existem três conjuntos de fraturas perfeitamente definidos: **C<sub>I</sub>** (N26), **C<sub>II</sub>** (N74) e **C<sub>III</sub>** (N121).

B) A ortogonalidade dos sistemas **C<sub>I</sub>** e **C<sub>III</sub>** justifica plenamente a escolha destes dois planos para controlar a lavra. A escolha da direção de plano **C<sub>III</sub>** como frente de lavra decorre naturalmente da sua maior penetrabilidade, ligada a sua origem e a sua reutilização tectônica.

C) O mapa de isofreqüência linear (figura 04, em anexo) não apresenta um padrão susceptível de ajudar na determinação do andamento da lavra, entretanto a região situada entre as linhas P7<sub>+25</sub> e P7<sub>+35</sub> corresponde a uma zona muito cisalhada.

D) Alguns aspectos deste fraturamento podem ser considerados negativos: a) As três direções de fraturamento com persistências não muito diferentes, o que leva a formação de blocos não ortogonais; b) dispersão importante ( $\pm 10^0$ ) nas direções das fraturas. c) A variabilidade do mergulho das fraturas. d) O aspecto escalonado das fraturas, tanto na vertical como na horizontal, que leva a formação de uma faixa fraturada de vários cm de largura.

E) Dentro dos aspectos favoráveis, podemos citar: a) a ortogonalidade de **C<sub>I</sub>** e **C<sub>III</sub>**. b) A boa probabilidade de ver a intensidade de **C<sub>I</sub>** e, sobretudo, **C<sub>II</sub>** diminuir com a profundidade. Caso esta diminuição de **C<sub>II</sub>** se verifique, o potencial da lavra se tornaria mais efetivo. c) Como boa parte do manganês penetrou nas fraturas, é de se esperar que a contaminação diminuirá com o aumento da profundidade e será menos intensa nas regiões que não se apresentam encobertas por um paleosolo com encrostamentos ricos em manganês.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- MATTOS, I. C., SOUZA FILHO, O. & URSULINO, D. A. Caracterização Lito-Estrutural do Granito Santa Rosa Visando a Exploração Comercial. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geologia do Nordeste – p.451-53 Fortaleza/ CE.
- MATTOS, I. C. & ALMEIDA, A. R. Petrografia e Processos Tardi A Pós-Magmáticos do Granito Santa Rosa – Irauçuba/Ce. Revista de Geologia, No Prelo.
- NEVES, B. B de B. 1975. Regionalização Geotectônica do Pré-Cambriano Nordestino. Instituto de Geologia. Tese de Doutorado. São Paulo USP. 198p.
- QUEIROZ, M. de A. & ZANIBONI, E. B. 1996. Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Exploração do Granito Santa Rosa, Boa Vista do Caxitoré, Irauçuba-CE (relatório Interno).
- SOUZA FILHO, O. A. de. 1998. Mapa Previsional de Recursos Hídricos Subterrâneos - Projeto Folha Irauçuba. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza. Dissertação de Mestrado. UFOP. Ouro Preto 160p.

*Irani Clezar Mattos*



