

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
CPRM

VISITA À INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO
DE PEDRAS ORNAMENTAIS

RLI
0690

Luiz Fernando Fontes de Albuquerque



SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Março/1990

SUMÁRIO

	pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBSERVAÇÕES	2
2.1 - Pedreira do Passo da Alexandrina	2
2.2 - Pedreira do Cerro dos Peixoto	5
2.3 - Unidade de Beneficiamento - CIGRAMAR	11
3. CONSIDERAÇÕES	20
4. A CPRM E AS PEDRAS ORNAMENTAIS	22

ANEXOS:

GRANISUL - Pontos de Referência

GRANISUL - Folheto de Propaganda

APÊNDICE:

Tradução de artigo técnico

1. INTRODUÇÃO

Nas datas de 26/09, 27/09 e 12/10/89, um grupo de técnicos da SUREG-PA visitou a empresa GRANISUL, sediada em Porto Alegre, que produz e comercializa pedras ornamentais, para uso na construção civil. O contato com referida empresa e o conhecimento de seu completo funcionamento visou familiarizar os técnicos da CPRM com os parâmetros que envolvem este segmento da indústria, como: características físicas das rochas, seu volume e modo de ocorrência, infra-estrutura da região em que ocorrem (energia elétrica, mão-de-obra, estradas), distância de centros consumidores, da unidade de beneficiamento, de portos, etc.

Desta forma instruído, pode então o corpo técnico melhor avaliar a possibilidade do ingresso da CPRM no ramo de granitos ornamentais, de acordo com a sugestão proposta pela SUPAMI à Presidência da Empresa através do relatório encaminhado pelo memo 293/SUPAMI/89.

O acompanhamento das atividades da GRANISUL constou, além de um primeiro contato no escritório central da firma, de uma visita a três frentes distintas:

- Pedreira do Passo da Alexandrina, município de Viamão;
- Pedreira do Cerro dos Peixoto, no município de Cachoeira do Sul;
- Unidade de beneficiamento - CIGRAMAR - no município de Soledade.

2. OBSERVAÇÕES

2.1 - Pedreira do Passo da Alexandrina

Situa-se a 14 km de Porto Alegre, sendo 11 km por rodovia estadual asfaltada (RS-040) e o restante por estrada municipal de terra, que permite tráfego pesado mesmo sob chuva.

A jazida consta de uma elevação onde são trabalhados grandes matacões, pois não podem operar o maciço rochoso, que está abaixo do nível freático local (foto 1).



Foto 1: jazida desenvolvida a partir de matacões.

São eliminados 3 m de cobertura de granito alterado, restando matacões com tamanho médio de 5 x 10 m, de onde retiram os blocos que produzem para exportação ou para o mercado local (foto 2).



Foto 2: vista geral de uma frente de lavra.

Os blocos, que têm medidas-padrão de 3,5 m comprimento x 1,60 m altura x 1,0 m largura (foto 3), são exportados, via porto de Rio Grande (distante 330 km por asfalto), em bruto. Para o mercado local os blocos são um pouco menores e são levados para Soledade (v. item CIGRAMAR), para serem cortados.

A GRANISUL tem 3 carretas e 1 caminhão próprios, que fazem este transporte.



Foto 3: preparação de blocos para exportação.

Nesta pedreira a rocha é um grande granito róseo, grosseiro, equigranular (foto 4) que, quando polido, mostra uma coloração avermelhada, como sugere seu nome comercial - "Colorado Gaúcho" (v. folheto de propaganda).



Foto 4: aspecto da rocha "in situ".

O preço do bloco, em bruto é de US\$ 400/m³.

A produção, com duas frentes de lavra na mesma pedreira, atinge 230-250 m³ por mês, atendendo a uma demanda previamente contratada.

A jazida vem sendo explotada há 40 anos, sendo que há 15 anos pela GRANISUL, que intensificou a produção, investindo bastante em equipamentos: o atual maquinário (tratores, compressores, etc) está orçado em 2 milhões de cruzados novos (preços de setembro/89).

Para a lavra, a empresa fez acordo com dois superficiários.

A partir do desmonte de matacões e de eliminação da cobertura alterada, há a produção de saibro, que é fornecido gratuitamente à prefeitura de Viamão que, em contrapartida, auxilia na limpeza das frentes de lavra.

2.2 - Pedreira do Cerro dos Peixoto

Situa-se a 165 km de Porto Alegre, sendo 145 km por asfalto (rodovia BR-290) e 20 km por estrada municipal de terra, de boa trafegabilidade inclusive sob chuva.

Neste caso, a pedreira está desenvolvida diretamente sobre o maciço rochoso do denominado Cerro dos Peixoto, elevação de destaque na topografia da região (foto 5).



Foto 5: pedreira desenvolvida diretamente no maciço rochoso.

Os blocos são inicialmente destacados do maciço através de um "corribar" (foto 6), que abre espaço para a colocação de explosivos, seguindo uma linha de furos previamente preparada ("pre-splitting"), com espaçamento demarcado por ponteiras (fig. 1).



Foto 6: o "corribar" em operação

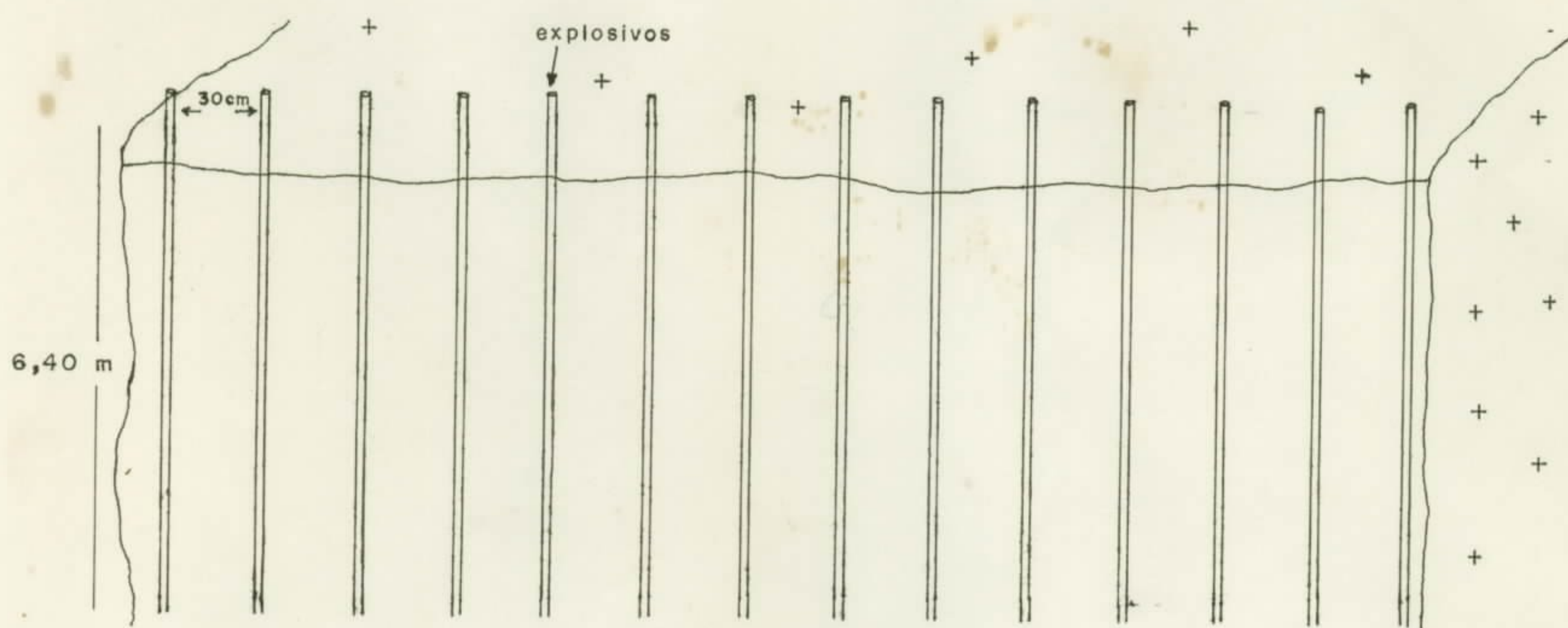


Figura 1: esquema de uso de explosivos para destacar os blocos do maciço rochoso, usando perfurações feitas pelo "corribar".

O emprego de explosivos, chamado de "petecagem", também é feito horizontalmente, utilizando perfurações feitas por martelete hidráulico (fotos 7 e 8).



Foto 7: perfuração com martelete para permitir a "petecagem" horizontal.



Foto 8: bloco já destacado pela "petecagem".

Quando o fraturamento da rocha não permite o uso de explosivos, utiliza-se o "jet flame", aparelho que trabalha a ar comprimido e óleo diesel, sendo acendido com oxigênio. Ele funde a rocha, cortando-a, e pode atingir até 6 m de profundidade. Seu emprego é muito dispendioso: consome 1 litro de diesel por minuto e corta apenas 1 m/hora, por isto só opera quando há problemas para destacar blocos com fraturas.

Os blocos são primeiramente dimensionados procurando-se o melhor aproveitamento do fraturamento original da rocha (foto 9) e depois, manualmente, é dada a conformação adequada ao futuro uso (foto 10).



Foto 9: bloco destacado pela "petecagem", em trabalho de dimensionamento manual.

São produzidos blocos tanto para exportação, via porto de Rio Grande (330 km por asfalto) como para beneficiamento em Soledade (365 km por asfalto), obedecendo às mesmas dimensões padronizadas referidas no item anterior.

Ressalte-se que, na maior parte das vezes, a seleção dos blocos é feita pelo próprio cliente, "in situ" e antes mesmo de separado do maciço, inclusive os destinados à exportação. Há então muita visita de técnicos japoneses, americanos, europeus, etc.



Foto 10: bloco já manualmente dimensionado para o futuro uso.

A movimentação dos blocos, na frente de lavra, é feita por tratores e, após, dois grandes guindastes Derring (MGM), com capacidade de 25 t cada um (foto 11), deslocam os blocos para possibilitar seu acabamento final e colocam-nos em caminhões para o transporte. Cada caminhão leva cerca de 20 t - em geral, dois blocos (foto 12).

A rocha desta pedreira é um sienito (Sienito Piquiri), que tem o nome comercial de "Marrom Guaíba" e valor de US\$ 560/m³.

A produção média atual é de 200 m³/mês, trabalhando com 20 operários.



Foto 11: guindastes deslocando bloco para acabamento final.



Foto 12: pátio de carregamento de blocos

2.3 - Unidade de Beneficiamento - CIGRAMAR

A CIGRAMAR é uma subsidiária da GRANISUL que faz o beneficiamento (corte e polimento de chapas) dos blocos trazidos das jazidas em lavra e que se destinam ao mercado interno. Em média, 95% da produção da GRANISUL se destina à exportação, e os 5% restantes atendem a uma demanda restrita à região sul do Brasil.

Sua localização em Soledade, distante 220 km de Porto Alegre e mais longe do que isto das jazidas, só tem sentido porque a empresa comprou os equipamentos de beneficiamento já instalados no local e, segundo os proprietários, seria mais dispendioso transferí-los para próximo das frentes de lavra do que fazer o transporte de blocos e chapas. Opera há 11 anos.

A CIGRAMAR está subdividida operacionalmente em 4 setores: a) desembarque de blocos, emparelhamento, embarque de chapas e estocagem de material; b) corte de blocos em chapas; c) polimento e acabamento final das chapas; d) fabricação de peças para a construção civil.

O setor de desembarque de blocos e embarque de chapas, emparelhamento dos blocos e estocagem ocupa um amplo pátio central (foto 13), onde os blocos chegados das jazidas, já numerados, têm suas medidas conferidas, são emparelhados e estocados.



Foto 13: pátio de desembarque de blocos e embarque de chapas.

A partir daí, conforme a demanda, são levados a um galpão de 12.000 m² (foto 14), que está sendo aumentado para 20.000 m², onde estão instalados 5 teares de corte em chapas (foto 15). No momento da visita, um tear estava em reparos, refazendo-se sua base, que exige 700 sacos de cimento para lastrear o equipamento, de acordo com o modelo original italiano (fotos 16 e 17). O tear todo consome 1.400 a 1.500 sacos de cimento. O plano de expansão da empresa prevê a instalação de mais 5 teares italianos. Um tear importado está cotado em US\$ 250.000 e um nacional em US\$ 100.000. O fabricante nacional é a MGM - Mecânica Geral de Máquinas - sediada em São Paulo, que tem tecnologia copiada dos italianos.



Foto 14: galpão onde estão instalados, ao fundo, os teares de corte de chapas.

Cada tear tem condição de desdobrar, em média, 70 chapas ao mesmo tempo, normalmente serrando dois blocos juntos, cimentados entre si, para melhor aproveitar o tamanho dos teares (foto 18). Os blocos já vêm das pedreiras com a orientação para corte ("seda") de marcada.

As chapas têm espessuras de 2 a 3 cm, sendo 2 cm o utilizado na construção civil (foto 19). O corte se faz com lâmina de aço 1045 e granalha de ferro, por atrito.



Foto 15: teares para corte em chapas.



Foto 16: conserto de base de tear.

O corte tem uma espessura de 0,6 a 0,7 cm. O material utilizado não é reaproveitável. Uma lâmina corta 2 blocos de sienito com um rendimento médio de 1 cm lâmina = 35 cm sienito. Para granitos, a média é 1 cm lâmina = 20 cm granito. Além disto, quanto maior a granulação da rocha, maior o problema no corte e no polimento, pois aumenta sua fragilidade. Os granitos pretos são mais propensos a fraturamento; o basalto, assim como o mármore, é mais macio e de corte mais rápido.

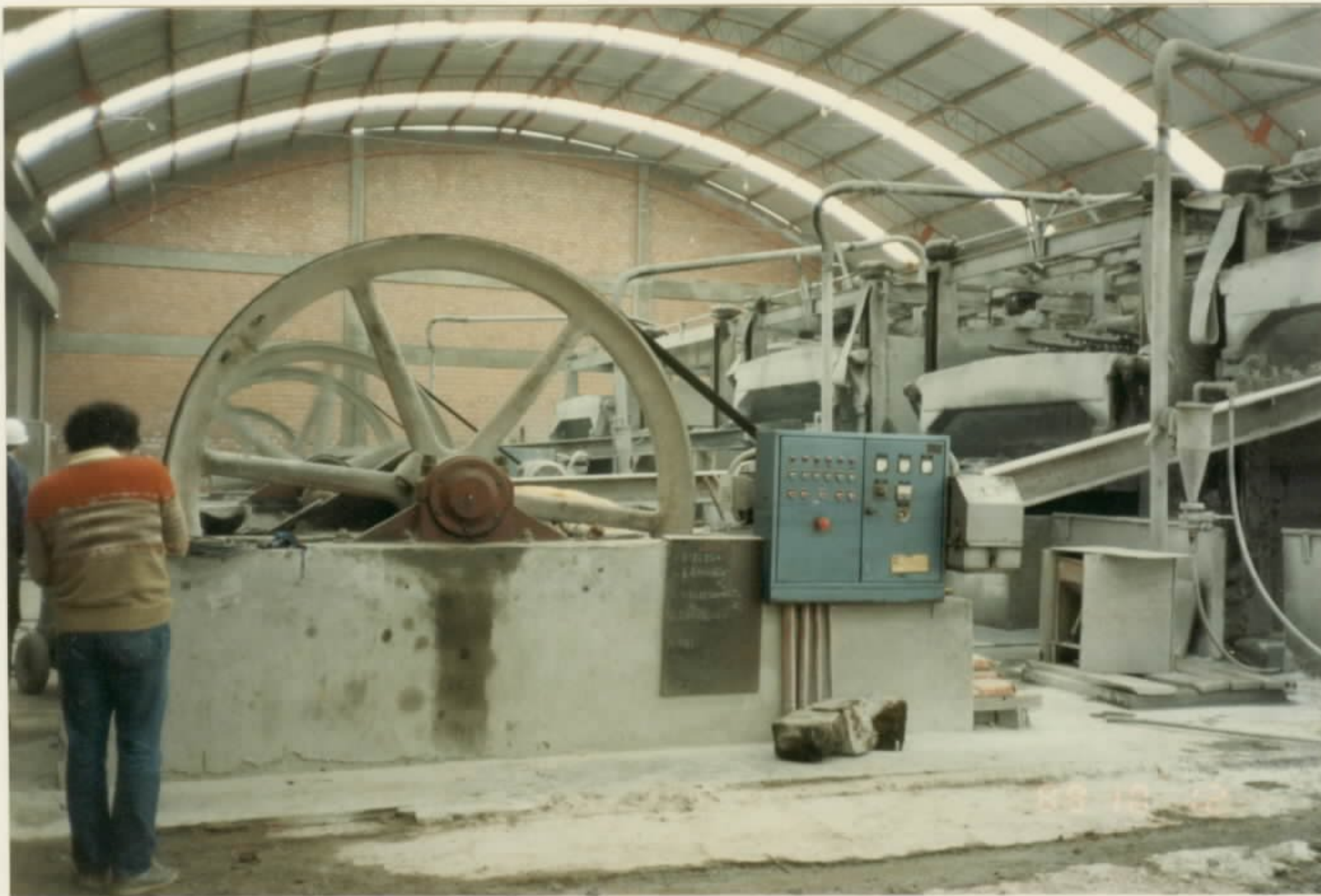


Foto 17: tear para corte em chapas: painel de controle e polia.



Foto 18: tear corta dois blocos cimentados e desdobra 70 chapas ao mesmo tempo.

O sienito ("Marrom Guafiba") corta à velocidade de 1 cm/hora. Como o bloco tem 1,60 m de altura, leva 8 a 10 dias para cortar, com regime de trabalho de 24 h/dia, parando apenas para manutenção de equipamento. Para um granito (ex.: "Colorado Gaúcho") a velocidade baixa para 0,6 cm/hora. No início (assentamento da lâmina em uma "cava") e ao final do corte é diminuída a velocidade da máquina, por necessidade operacional.



Foto 19: chapas têm espessuras entre 2 e 3 cm.

Cada placa, ao final do corte, tem 3 a 3,5 m², com espessura em torno de 2,2 cm, para chegar, após o polimento, aos 2 cm utilizados na construção civil.

1 m³ de bloco produz 30 m² de chapa com 2 cm de espessura.

Um tear Jumbo (G4), como os que a CIGRAMAR tem instalado, produz 600 a 700 m²/mês de chapas, desde que trabalhando com blocos de rocha de dureza compatível.

Depois de cortadas, as chapas são classificadas pela qualidade e numeradas (foto 20). A empresa vende tanto chapas brutas

quanto polidas, e cada caminhão comporta uma carga de 300 m^2 . A chapa bruta tem preço entre 29 e 30 BTN's.



Foto 20: embarque de chapas brutas.

É sua idéia, para o futuro, instalar um tear próximo às jazidas da GRANISUL, para produzir chapas destinadas à exportação, inclusive com espessuras de 1 cm, utilizadas no exterior.

As chapas destinadas ao polimento são então encaminhadas ao setor correspondente, onde são polidas (foto 21), utilizando-se carbonato de silício, abrasivos, etc. O polimento total consome 3 horas por chapa. Estão então prontas as chapas polidas para venda, ainda com seu contorno bruto (foto 22).



Foto 21: polimento de chapa



Foto 22: chapa já polida.

Bucando obter um maior valor agregado à sua produção de pedra ornamental, a CIGRAMAR, mais recentemente, optou por acrescentar à sua linha de operação a elaboração de peças prontas para a construção civil (pisos, pias, banheiras, etc).

Para tanto, as chapas polidas passam por um recorte, executado por serras, brocas e rebolos diamantados, e por um lustro final, feito à mão (foto 23). As peças cortadas devem ter, no mínimo, 1 m^2 , para serem admitidas a esta etapa.



Foto 23: lustração manual de peça recortada.

Após, há o recorte final para fabricação de peças. Como esta é uma atividade recente da empresa, apenas o refeitório da firma funciona como um incipiente "showrrom" de seu produto final (foto 24).

Todas as máquinas elétricas da CIGRAMAR consomem 100.000 kw/mês. Têm atualmente 450 kwA instalados e outros 550 kwA liberados para sua extensão.

A empresa tem um total de 70 empregados (55 fixos e 11 nas obras de expansão).



Foto 24: detalhe do "box" do
baheiro do refeitório da CIGRAMAR, com
peças produzidas pe
la empresa.

3. CONSIDERAÇÕES

Do contato mantido com o proprietário e técnicos da empresa visitada, ficou a certeza de que a produção e comércio de pedras ornamentais são complexos e difíceis.

Com efeito, verifica-se que, no Brasil, apenas as empresas maiores e tradicionais no ramo conseguem produzir e comercializar em escala industrial, restando às demais somente um mercado marginal, com demanda inconstante e grande concorrência.

Parte desta situação se deve ao investimento feito por estas empresas, que conseguem atender o mercado com produtos de qualidade relativamente constante e em quantidades suficientes para inspirar confiança aos compradores. Igualmente importante é o seu conhecimento das características do setor. Todavia, pode-se inferir que um certo grau de oligopolização, mesmo encoberto, está estabelecido neste segmento da economia.

Se se considerar ainda que o grosso do mercado está no exterior, mais marcante ainda é a presença, junto aos estrangeiros importadores, das empresas tradicionais, com os quais estão já consolidadas antigas relações.

Exemplo disto foi a tentativa de instalação de uma empresa concorrente à GRANISUL, em uma pedreira contígua e com as mesmas características à do Passo da Alexandrina, em Viamão. Após acertar um negócio com compradores italianos, clientes habituais da GRANISUL, a nova firma teve sua negociação cancelada por ação desta última, que ameaçou não mais fornecer aos estrangeiros outros tipos de pedras com que tradicionalmente trabalham.

A nível internacional, o produto brasileiro apenas tem colocação sob a forma de blocos brutos, pois as máquinas que fazem o acabamento exigido pelo mercado consumidor são todas italianas.

A Itália vende 2 bilhões de dólares/ano em granito ornamental. É um mercado cativo, de difícil modificação.

A precisão do maquinário italiano tem uma tolerância de 0,2 mm, nível que jamais será alcançado pelo equipamento brasileiro.

O grande problema é a importação do maquinário italiano, pois há restrição no financiamento. Os produtores italianos vendem chapas polidas em média por US\$ 25/m² mais que os brasileiros, e conseguem facilmente vender toda sua produção. Enquanto isto, os brasileiros não conseguem preço melhor, devido ao padrão de controle de qualidade.

Japão, Coreia, Espanha, Portugal e Taiwan estão investindo muito nesta indústria, cujo parque tem grande potencial para crescer, mas os italianos mantêm a hegemonia, pelo refinamento dos equipamentos.

A mão-de-obra não é referencial para o produto final. Na Itália, mesmo com a mão-de-obra mais cara que a do Brasil, esta influi muito pouco no produto, graças à sofisticação do equipamento, e a produtividade alcançada.

4. A CPRM E AS PEDRAS ORNAMENTAIS

O uso de rocha como material ornamental, na indústria da construção civil, está atravessando atualmente um renascimento, tanto nos países do primeiro mundo como nas nações em desenvolvimento. Com efeito, o retorno ao uso da pedra ornamental na arquitetura de construções dos países desenvolvidos, seja por economia, estética, segurança ou simples modismo, tem mostrado seus reflexos nos países mais pobres. Destes, os que tiveram reservas e mais variedades de rochas para oferecer ao emergente mercado internacional, terão boas possibilidades de participar deste atraente comércio. O Brasil, que tem privilegiada extensão e variação litológica, já há um certo tempo está ativo no setor. Como exemplo, a empresa GRANISUL de Porto Alegre, por nós visitada, exporta nada menos que 95% de sua produção para o exterior. Somente no primeiro semestre de 1989 exportou 2.853 m³ em blocos brutos de granito, que lhe renderam US\$ 1.141.399,00.

Há, entretanto, muito a percorrer ainda, considerando que 70% da produção mundial está concentrada em apenas 6 países europeus e nos Estados Unidos.

Para que nosso país tenha condições de aumentar sua participação, é necessário não só incrementar a produção das atuais jazidas em lavra, mas também acrescentar novas opções de rochas cuja apresentação esteja de acordo com o padrão internacional requerido. Pelo Boletim nº 38 do DNPM (Vols. I e II) - Perfil Analítico dos Mármore e Granitos - tem-se uma idéia da variada gama de rochas ornamentais de que o Brasil dispõe para oferecer. Sabe-se porém que, por exemplo, atualmente existe uma grande procura, no comércio mundial, de pedras de cores escuras (preto, cinza escuro, verde). Como consequência, empresas nacionais como a GRANISUL estão em busca de rochas com esta característica, para acrescentar à sua

linha de produção.

A CPRM, por ter seus geólogos permanentemente cobrindo a totalidade do território brasileiro, em serviços sistemáticos de mapeamento geológico e prospecção mineral, apresenta talvez condição única para localizar, caracterizar e dimensionar corpos de rochas que mostrem-se passíveis de exploração comercial e, além disso, para selecionar entre estas os tipos mais requisitados pelo mercado.

Esta posição, em nosso entendimento, deve ser convenientemente aproveitada por nossa empresa. Parte das dificuldades existentes na participação direta do competitivo e disputado comércio de pedras ornamentais foi já referida neste relatório. A CPRM não tem qualquer tradição de trabalho no setor. Caber-lhe-ia então, a nosso juízo, requerer para si as áreas que mostrassem condições de preencher todos os requisitos de atratividade ao mercado. Após pesquisá-las ofereceria as que confirmassem sua potencialidade às empresas que operam no ramo, procurando junto a elas uma participação por associação ou então a simples venda das jazidas.

É claro, sempre persiste o risco de que, nas regiões em que a CPRM detectar rochas interessantes, ocorrências similares se estendam para além dos limites das áreas requeridas pela empresa, as quais poderiam ser então graciosamente requeridas pelas firmas interessadas. Todavia, uma criteriosa avaliação técnica sempre permitiria à CPRM a escolha dos melhores pontos desta região, restando livres apenas porções menos favoráveis.

Embora o ingresso da CPRM no setor de pedras ornamentais possa ser visto como uma "atividade menor" e talvez até dispensável, somos da opinião de que se trata de uma oportunidade mineral que passa por excelente momento econômico, que exige da empresa um investimento mínimo e que pode render-lhe um favorável retorno.

Quanto ao enfoque "político" desta participação, consideramos que ela se encaixa perfeitamente nos princípios do PADSM (Pesquisa e Avaliação de Depósitos de Substâncias Minerais) e dentro do programa da Superintendência de Patrimônio Mineral - SUPAMI - da Companhia, que contempla a pesquisa de minerais industriais com condições mercadológicas favoráveis. Antes de concorrer com a iniciativa privada, a atuação da CPRM, na forma idealizada ajudaria as empresas instaladas no setor a diversificar rapidamente e com pequeno ônus as suas opções no mercado, ao lhes apresentar de forma já tecnicamente elaboradas e em curto espaço de tempo, as informações coletadas por especialistas em todo o território nacional.

Seguindo esta orientação, a equipe da Superintendência Regional de Porto Alegre - SUREG/PA - coletou, selecionou e preparou (através de corte e polimento) uma série de amostras de rochas com possibilidade de aproveitamento ornamental que ocorrem no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Ao todo, foram 20 amostras, cujo potencial de exploração será melhor avaliado quando se fizer o cruzamento dos diversos parâmetros decisivos (beleza, homogeneidade, fraturamento, localização, infra-estrutura local, distância a portos de embarque, estradas, eventual onerosidade no DNPM, etc), com o intuito de requerer autorização de pesquisa para as áreas julgadas mais interessantes.

A seguir são apresentadas 10 destas amostras.

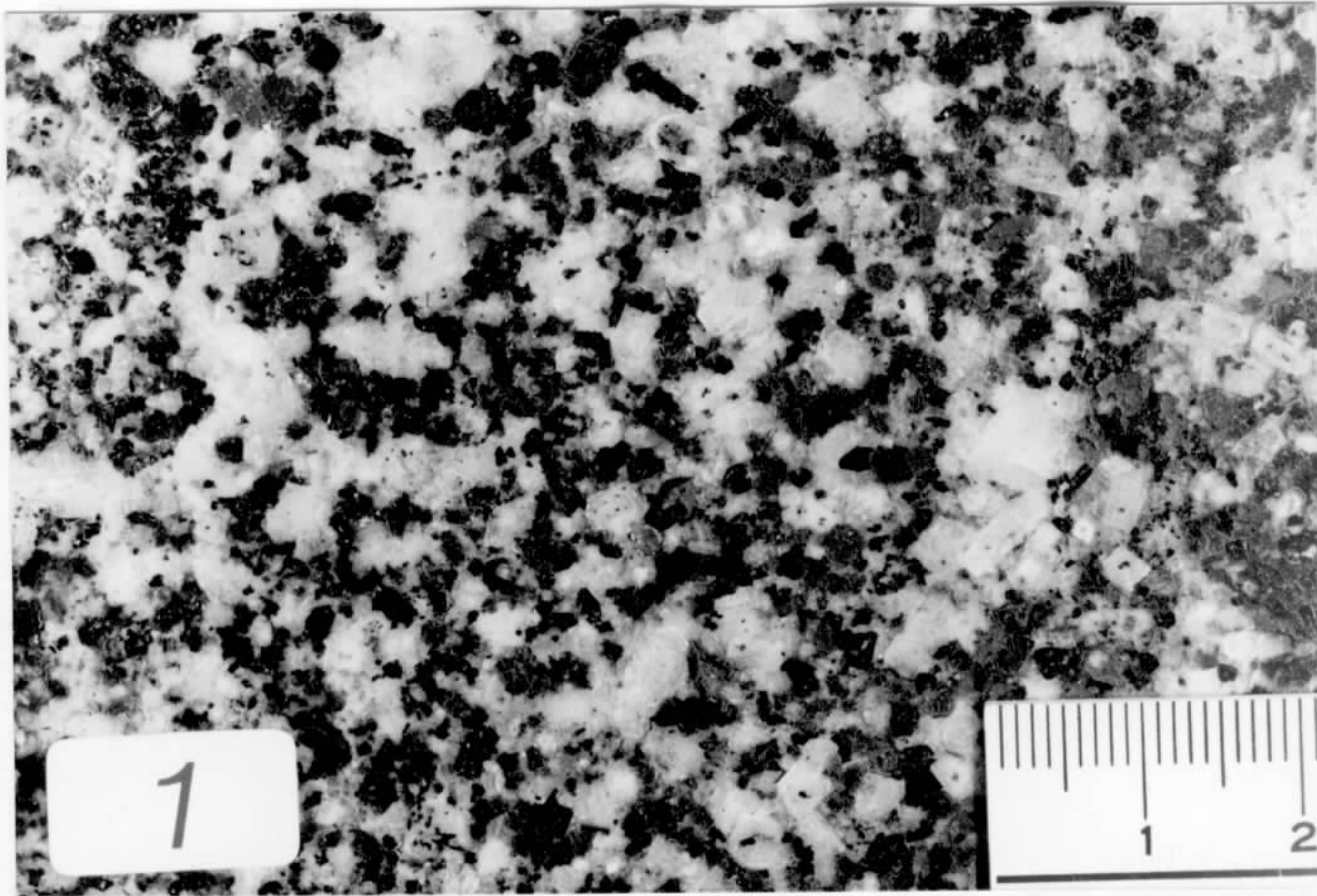


Foto 25: Hornblenda-tonalito.

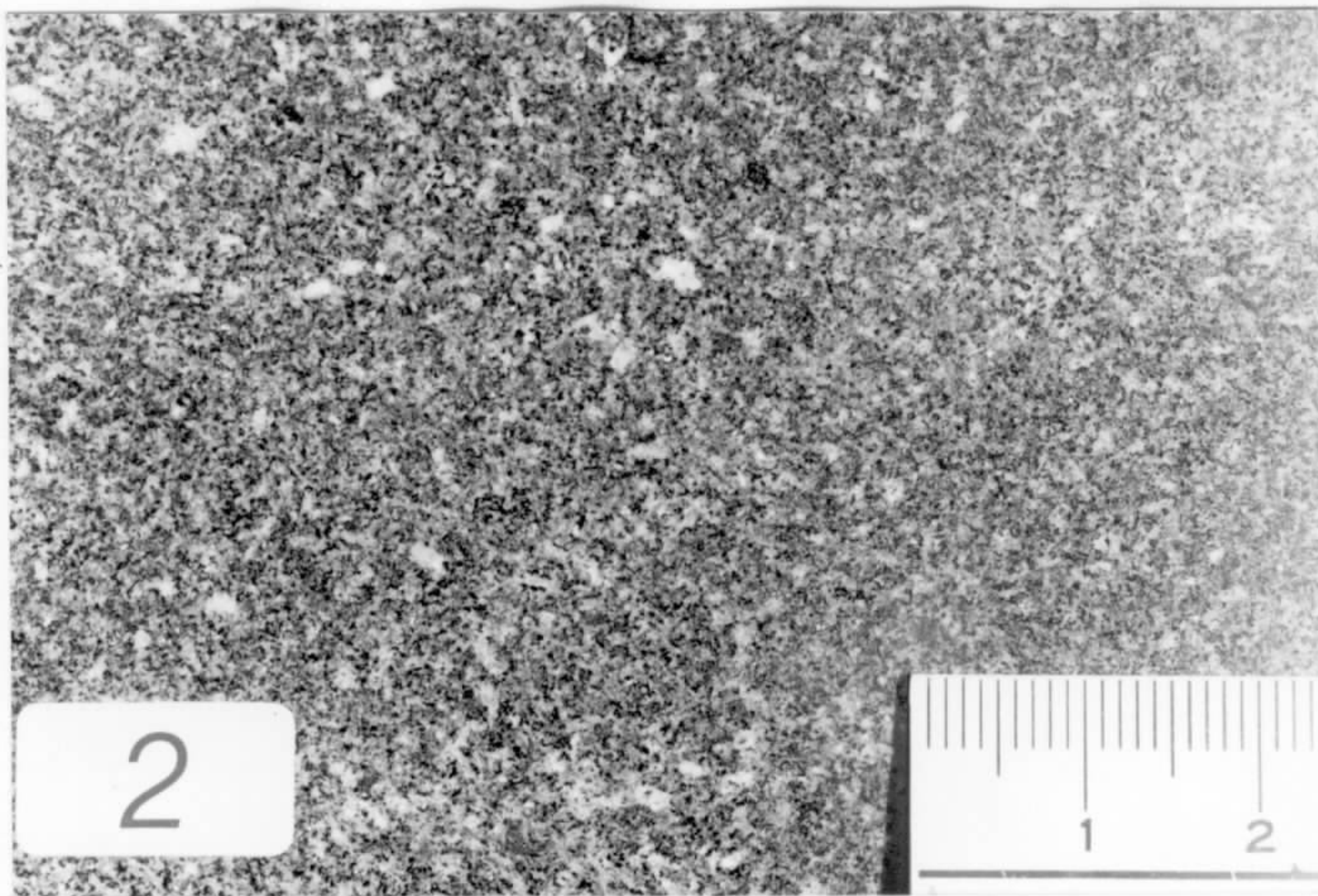


Foto 26: Quartzo-diorito.

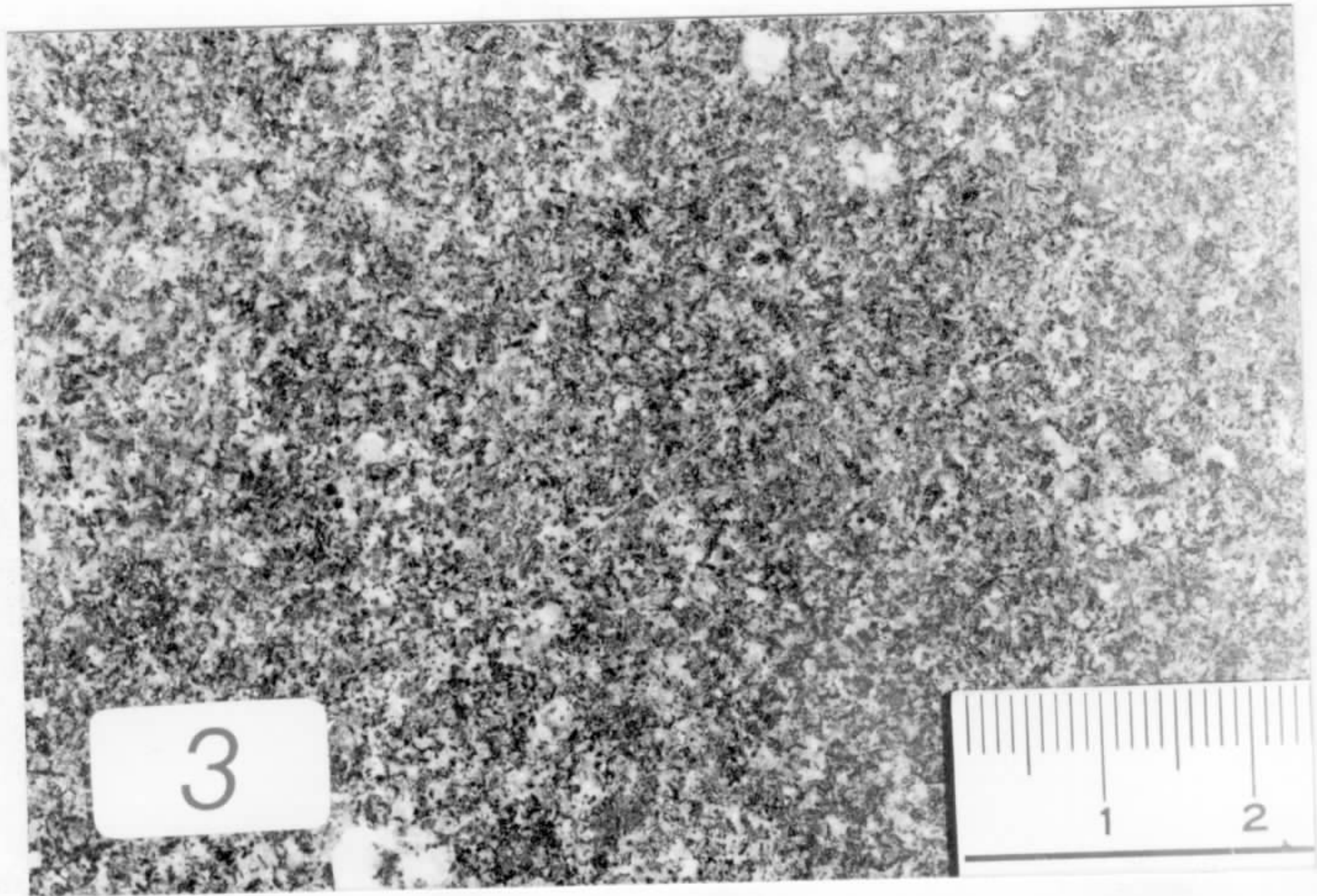


Foto 27: Tonalito.

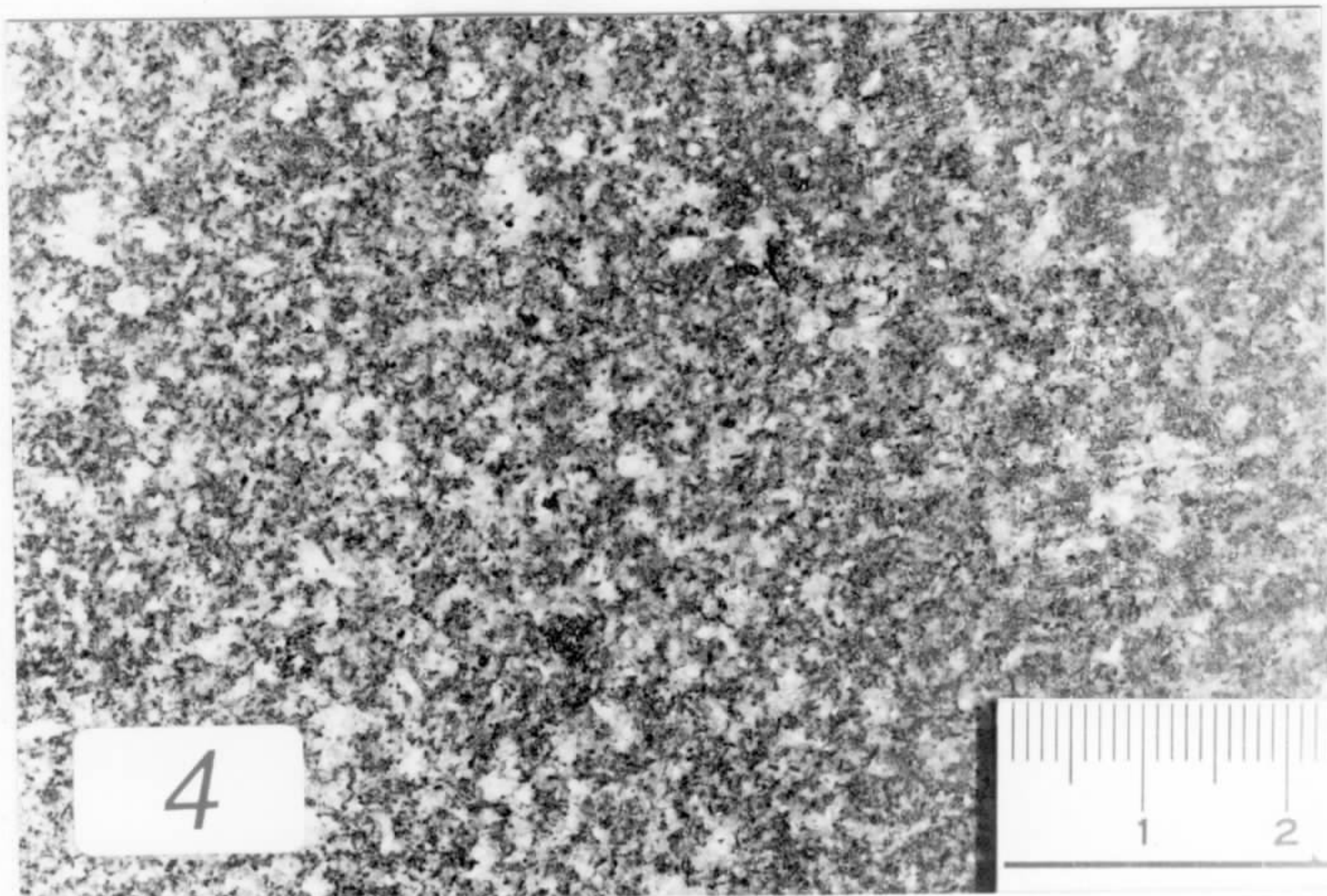


Foto 28: Tonalito.

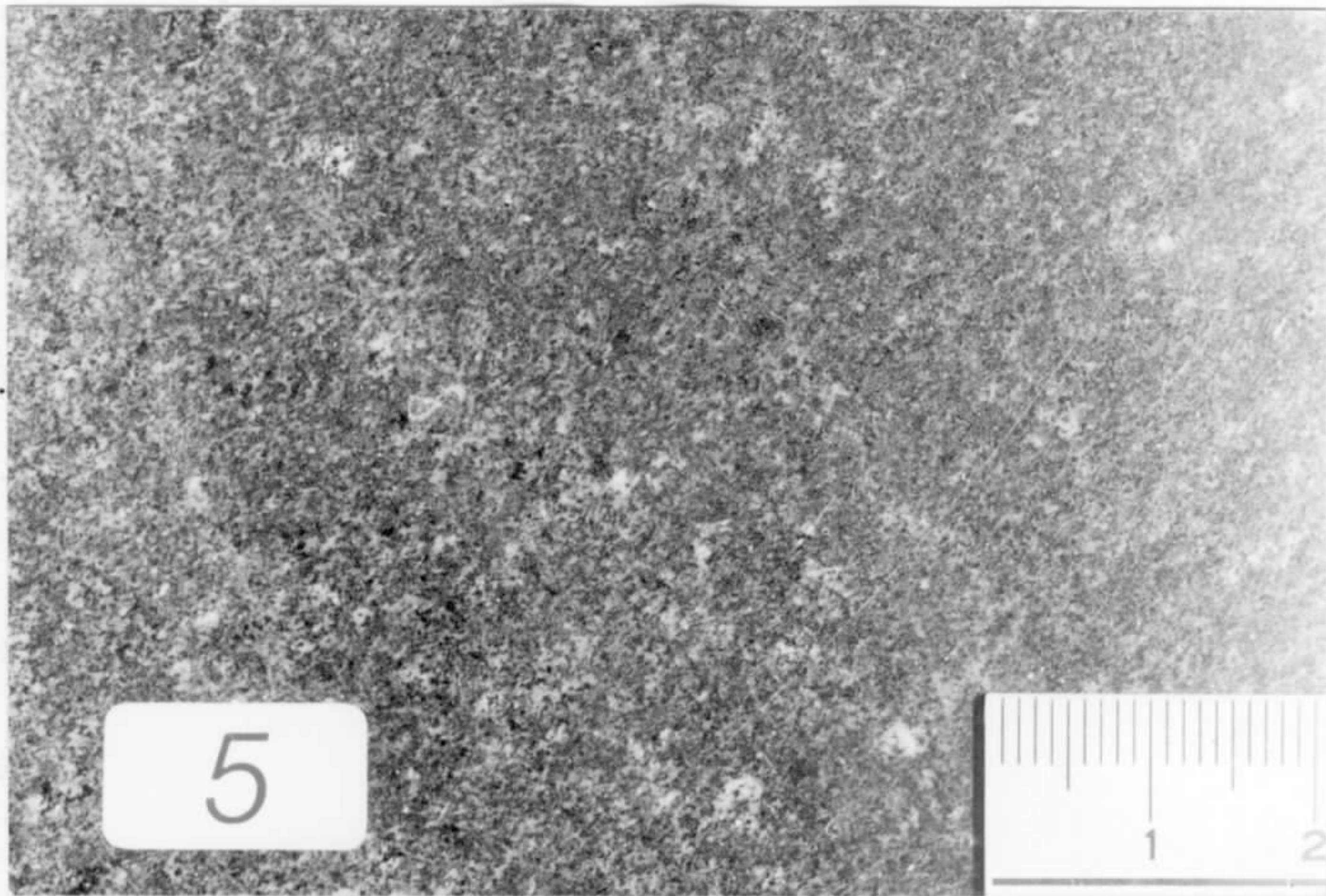


Foto 29: Tonalito.

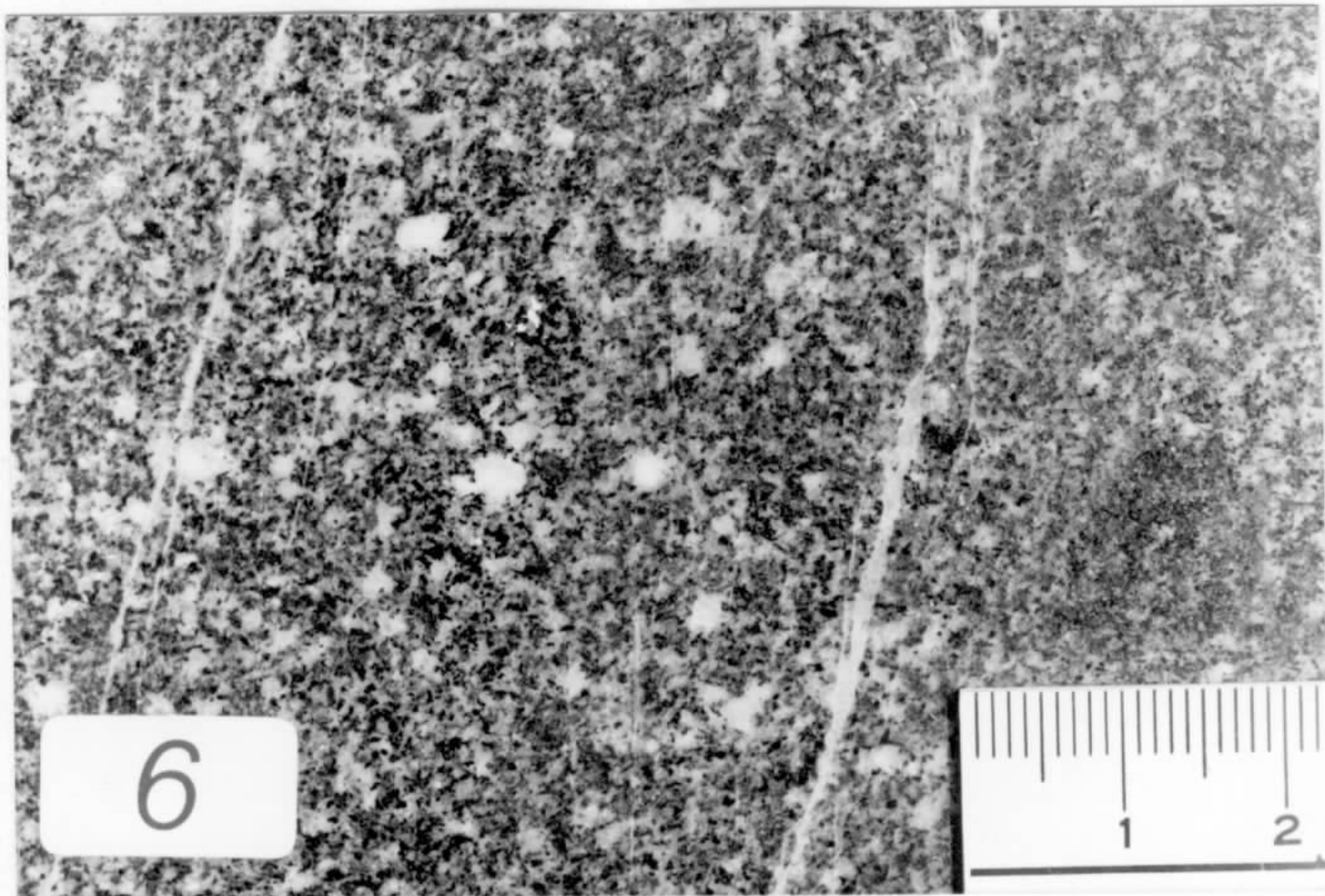


Foto 30: Granodiorito a quartzo-monzonito.

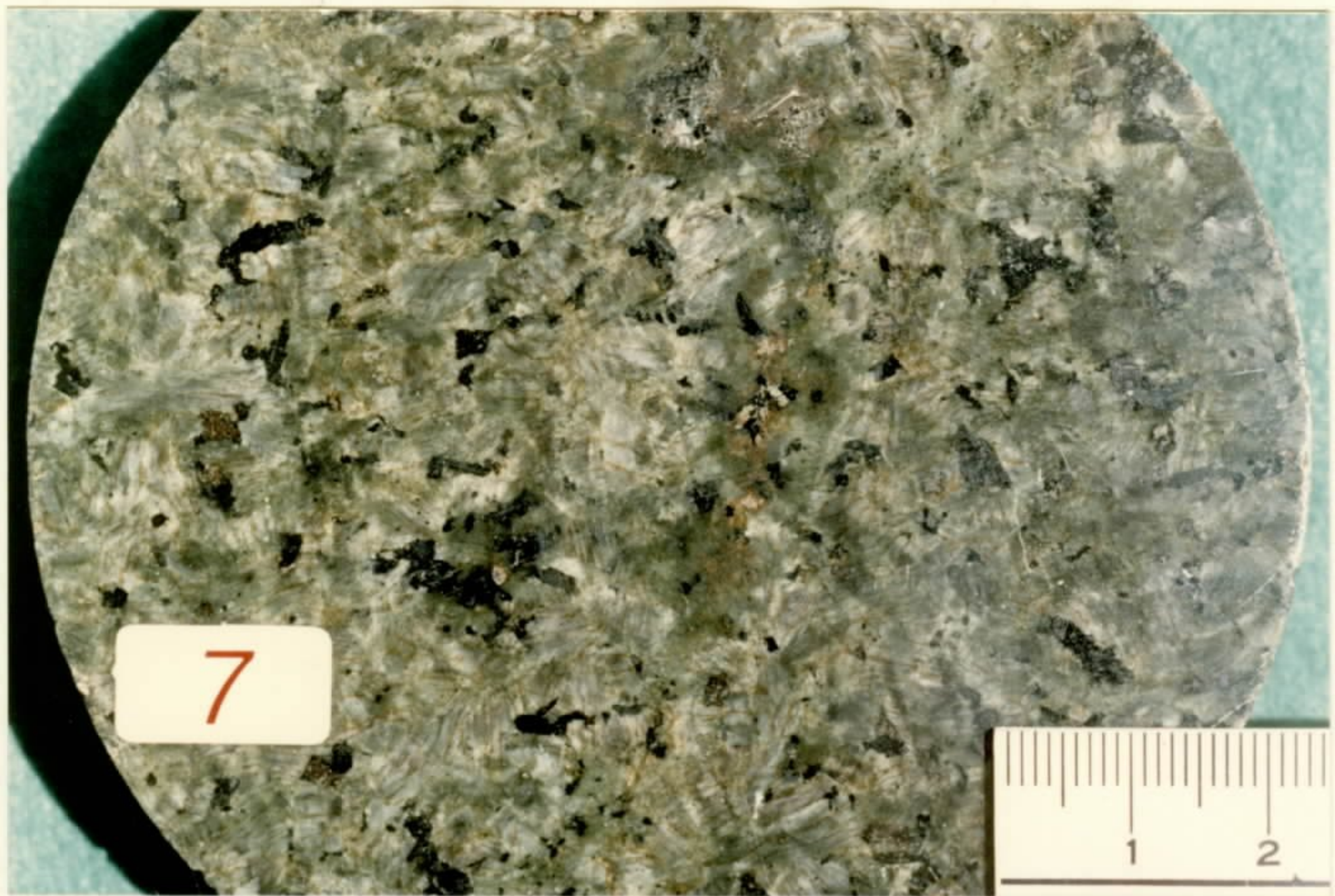


Foto 31: Hornblenda-sienito.

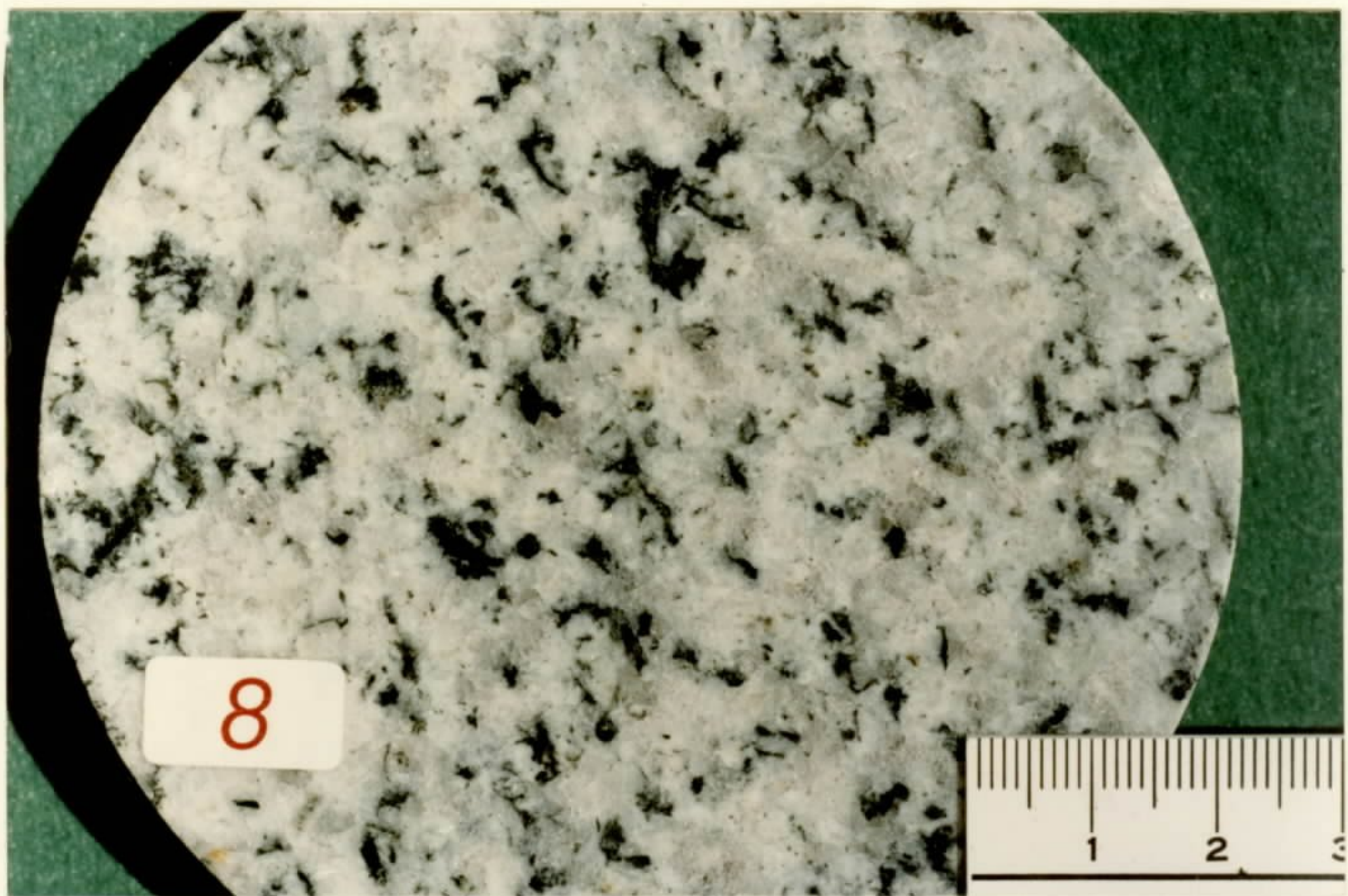


Foto 32: Granito.

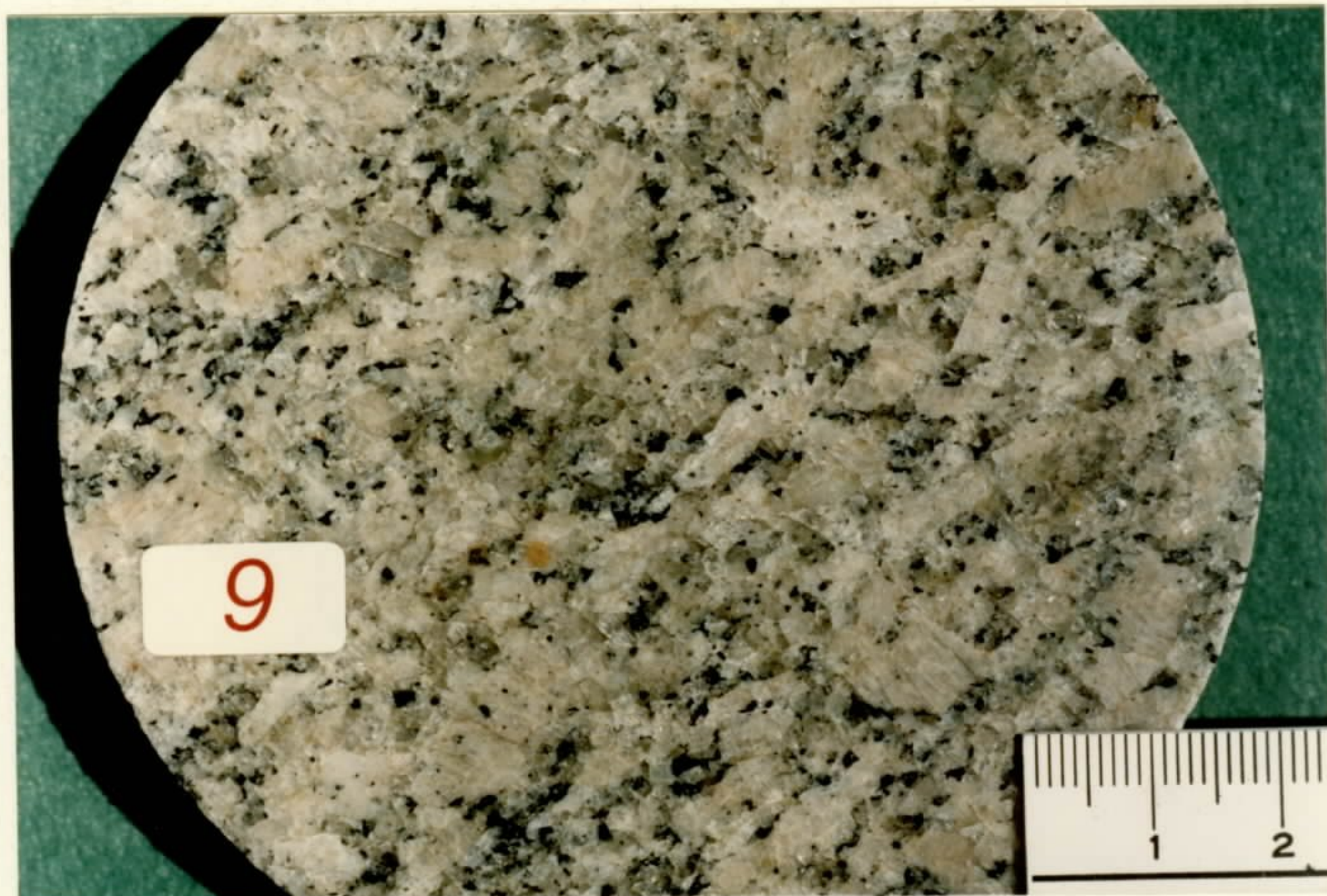


Foto 33: Granito.

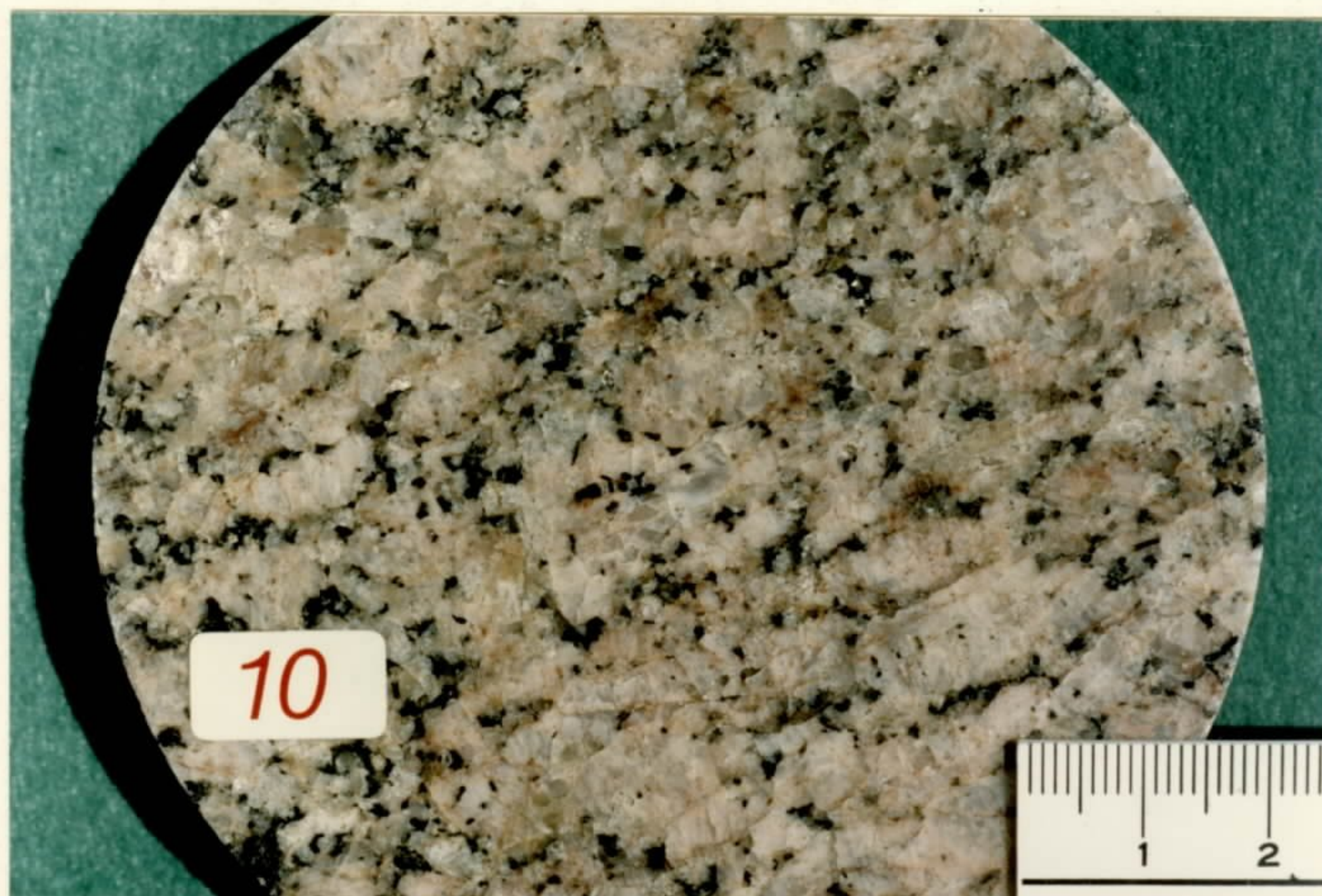
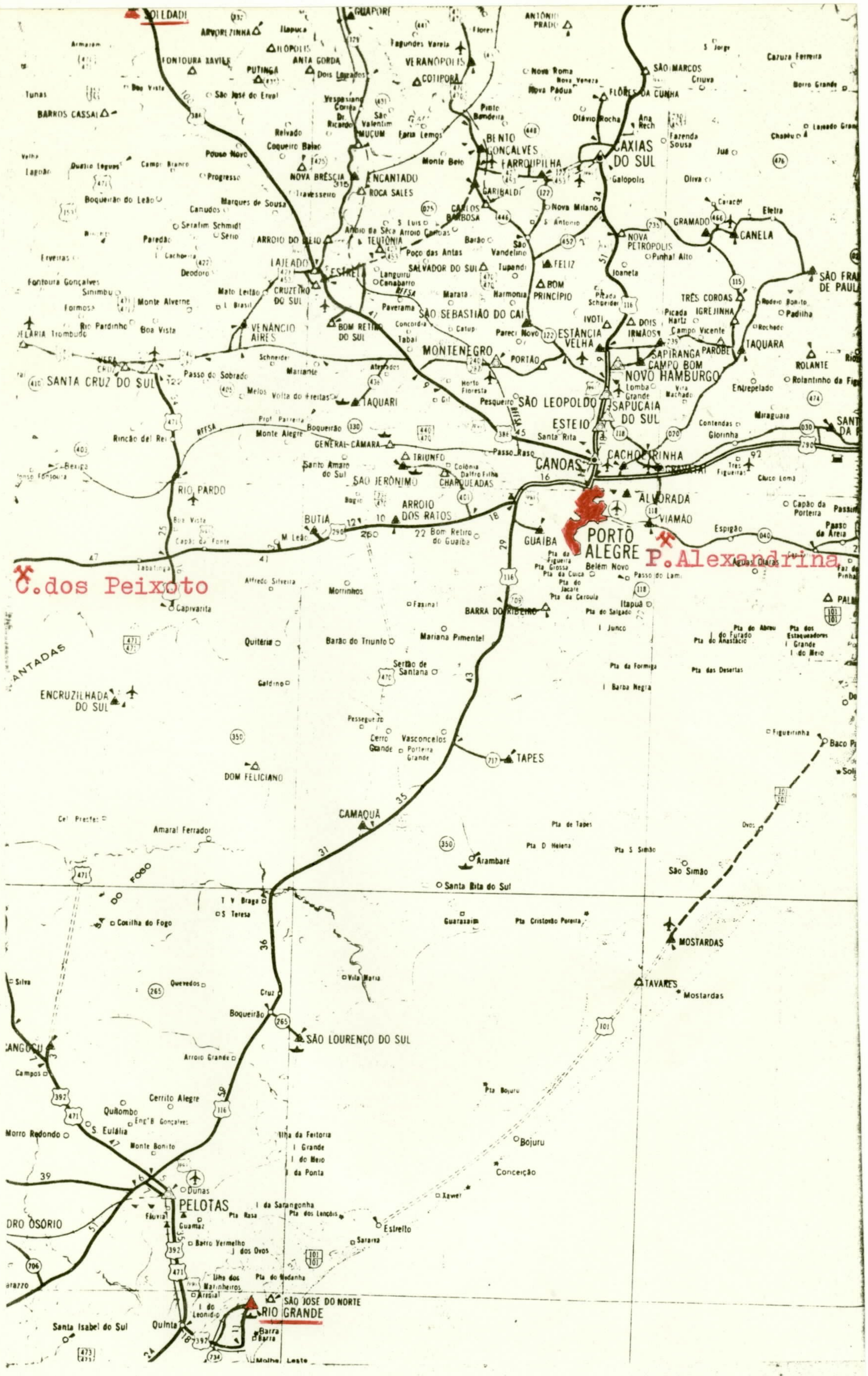


Foto 34: Granito.



C. dos Peixoto

P. Alexandrina

GRANISUL: pontos de referência



*Granisul. Nobreza
e requinte em granito.*

A relação entre o homem e a rocha é constante em toda a história da civilização.

A resistência desse material sempre atraiu os construtores de todas as épocas.

Com o tempo, o homem descobriu que a pedra tinha ainda uma vantagem extraordinária em relação a outros materiais: a nobreza.

Essa descoberta levou o homem a conhecer a mais resistente e sofisticada pedra decorativa: o granito.

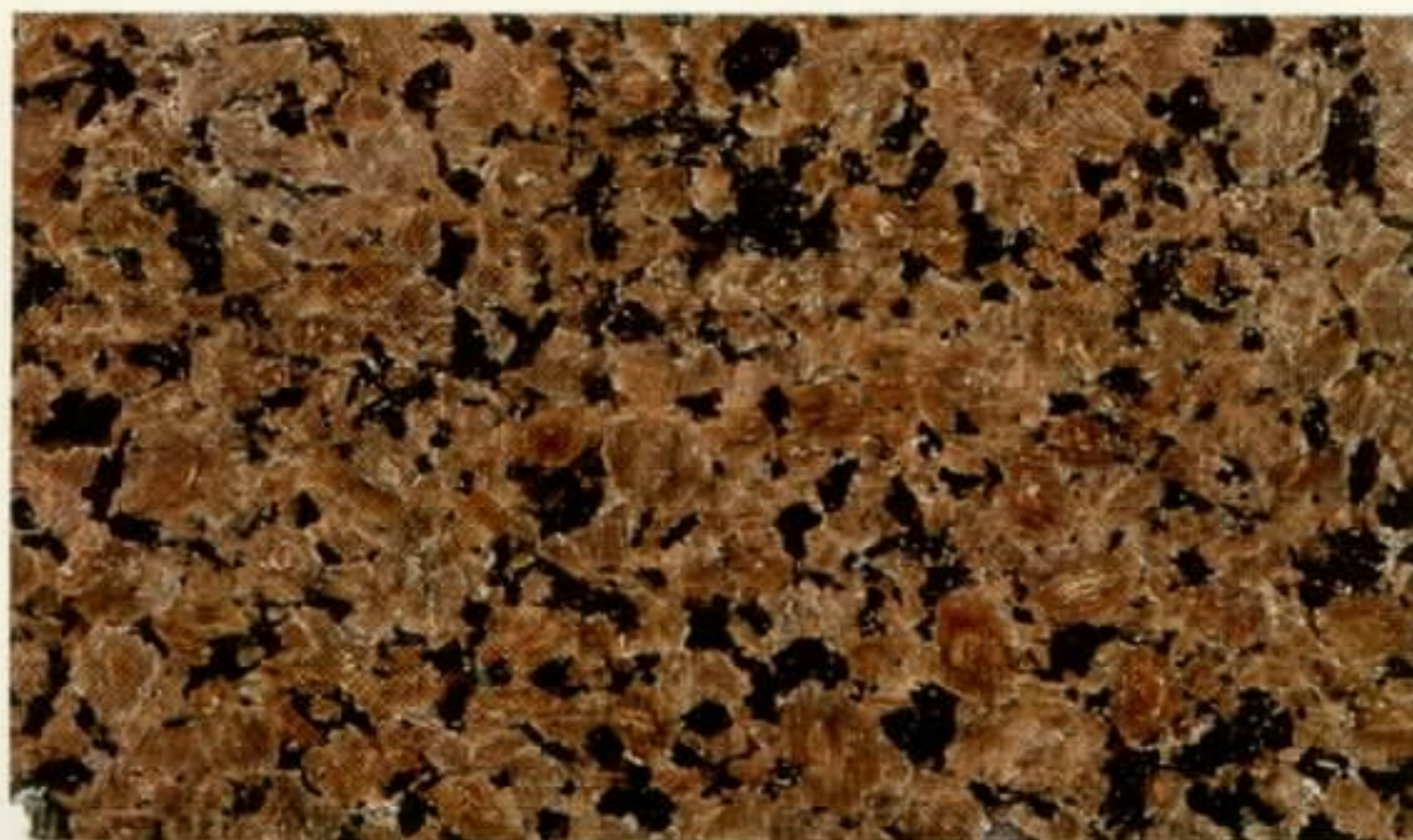
O granito ocupa hoje o centro das atenções em qualquer obra requintada de pequeno, médio ou grande porte.

Ele possui uniformidade de cor, resistência aos mais variados tipos de condições climáticas adversas, suportando até mesmo aos mais violentos

choques térmicos.

O granito é um material nobre, de largo emprego pela maioria dos projetistas e, combina harmoniosamente com outros materiais modernos de construção e decoração.

Granisul



Marron Guaiba



Colorado Gaúcho



Royal Red



Ouro Gaúcho



Cinza Canguçu

CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS DO GRANITO.

Os granitos da Granisul apresentam excepcional policromia de tons.

Graças a essas características aliadas à granulometria multiforme e compacta, combinam harmoniosamente com a madeira, metais e alvenaria, dando-lhes belíssimo efeito decorativo. Criam um impacto de magestosidade, requinte e perenidade.

Mas esse é apenas o lado belo do granito.

Sua resistência merece um destaque especial.

Inúmeros testes e análises apurados, mostram que o granito supera a todas as outras rochas usadas em decoração, na resistência e durabilidade.

Sua resistência à abrasão, à compressão, à variação de temperatura é realmente excepcional.

O grande segredo da qualidade do granito, está na jazida de onde é extraído.

A Granisul explora jazidas reconhecidas mundialmente como das mais ricas e de melhor qualidade e abundância.



APLICAÇÕES DO GRANITO

Além do emprego na construção em geral, o granito tem algumas aplicações muito particulares.

Pela resistência e beleza, ele é muito encontrado em monumentos, como revestimento, em fachadas, pisos, pilares, obeliscos, panteões, túmulos, principalmente porque mantém suas principais características com manutenção simples e econômica.

A agressão de agentes químicos, por exemplo, que afeta outros materiais de construção, não oferece nenhum risco ao granito.

Ele mantém sua resistência e beleza, perenes, mesmo submetido a todos os excessos climáticos e uso constante.

Observação: estes cromos foram gentilmente cedidos por Donzelli Marmi - Monza (Itália).

EXTRAÇÃO E TRATAMENTO DO GRANITO

A Granisul explora jazidas de indiscutível qualidade, delas extraindo a rocha na forma de grandes blocos que afeiçãoados, são exportados para indústrias tradicionais localizadas nos cinco continentes.

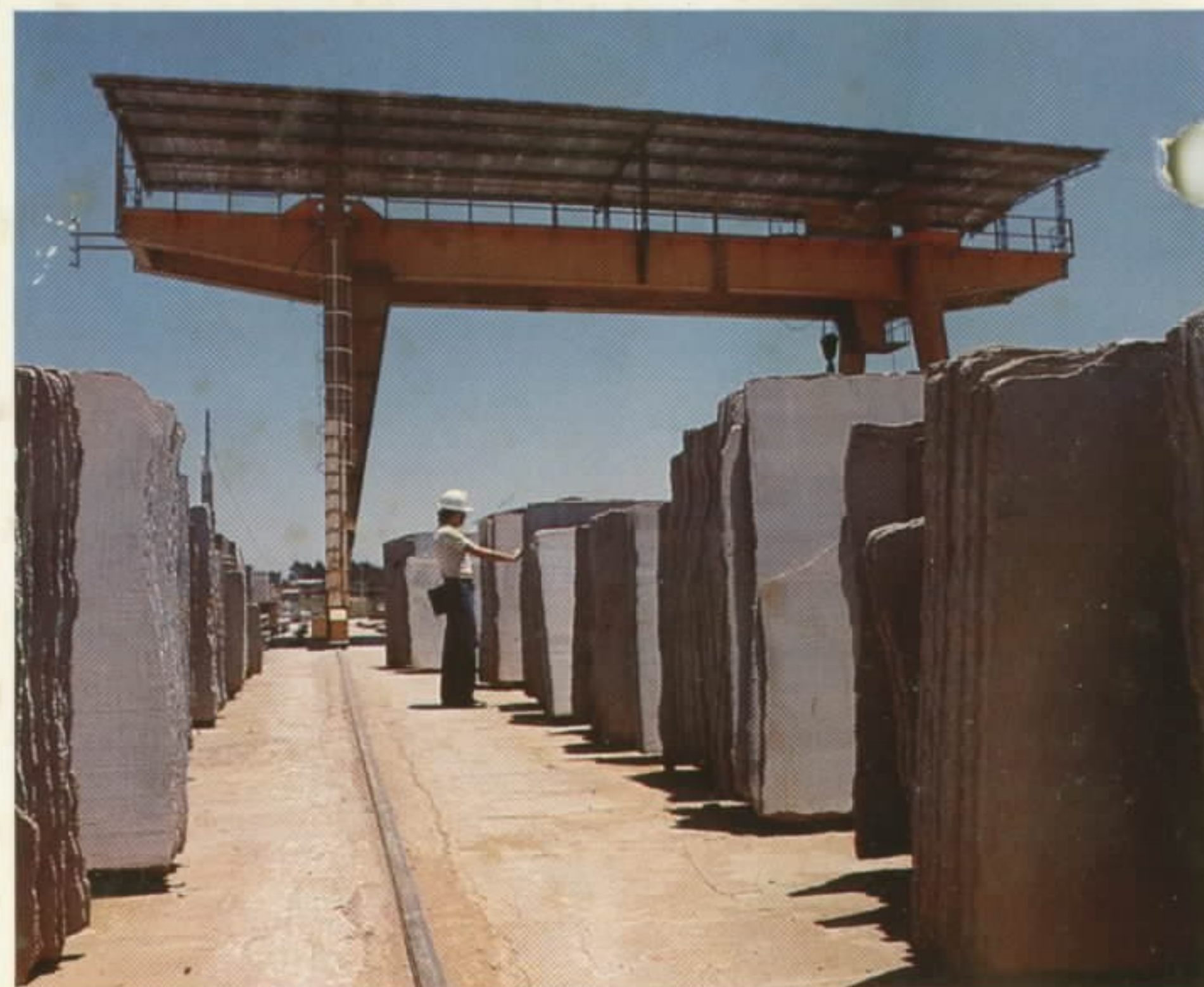
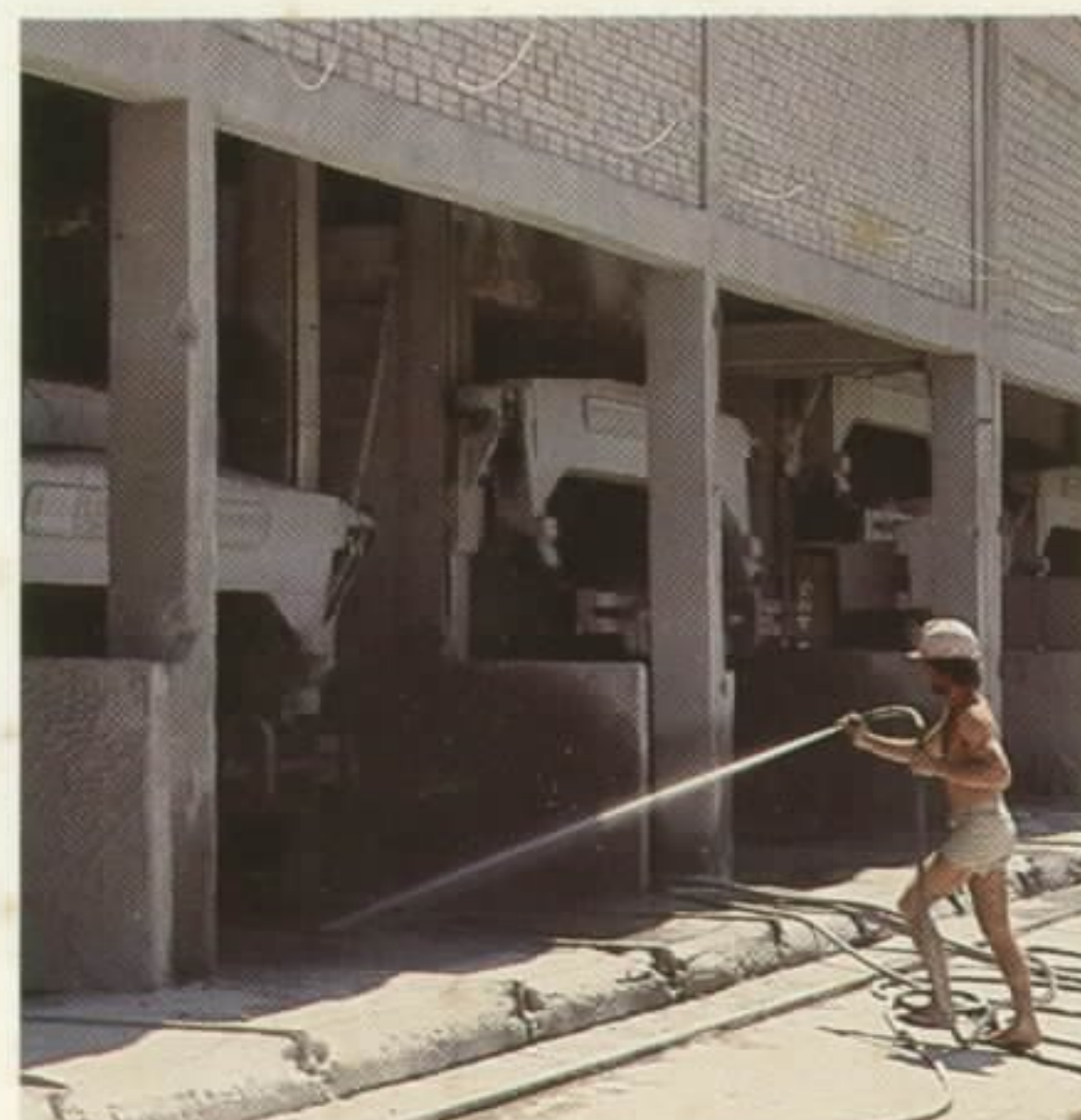
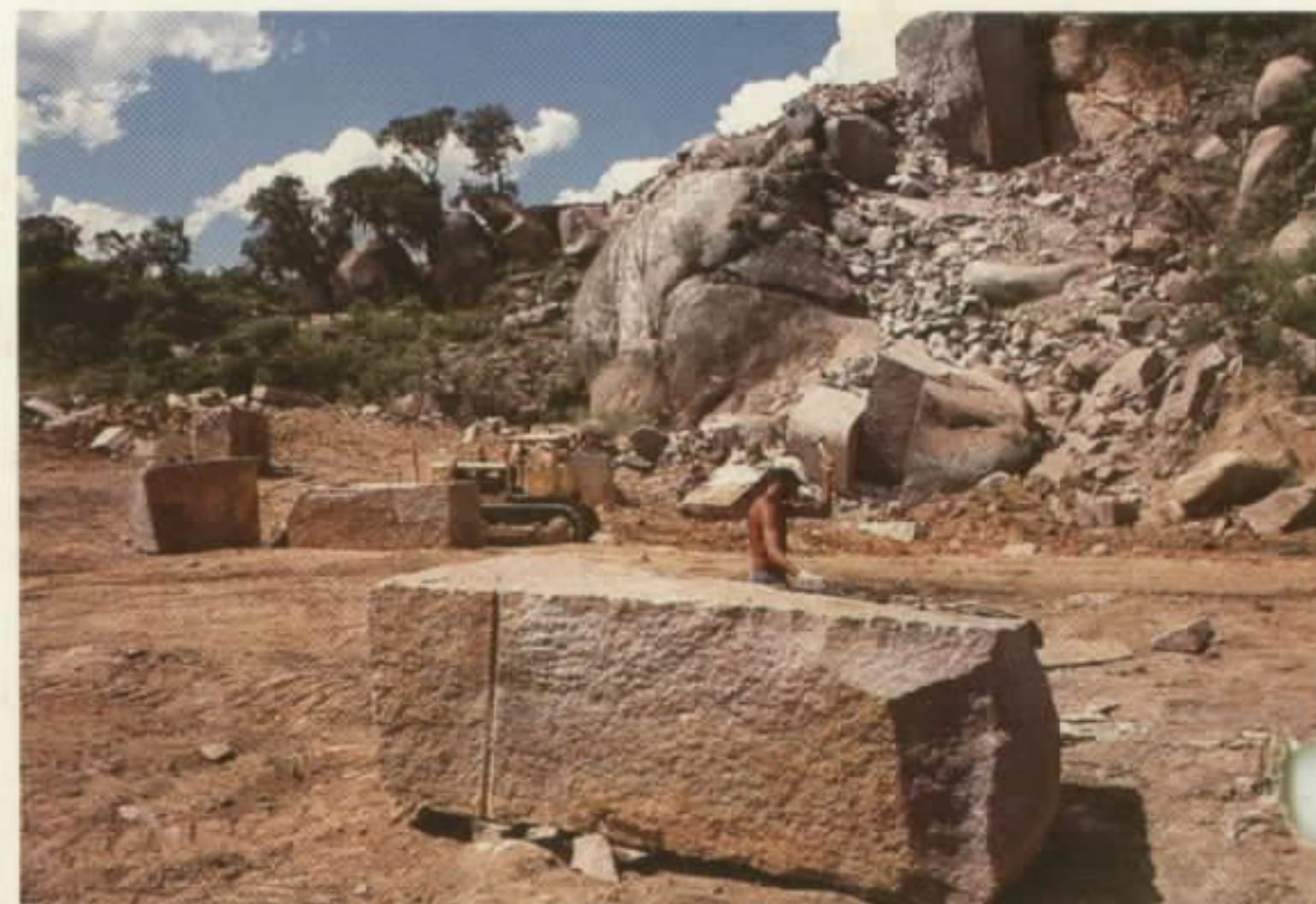
Com uma experiência de vários anos nesse trabalho, a Granisul conquistou uma sólida posição no conceito dos maiores importadores mundiais.

No Brasil, a Granisul hoje ocupa uma das primeiras posições entre os maiores exportadores de granito em bloco.

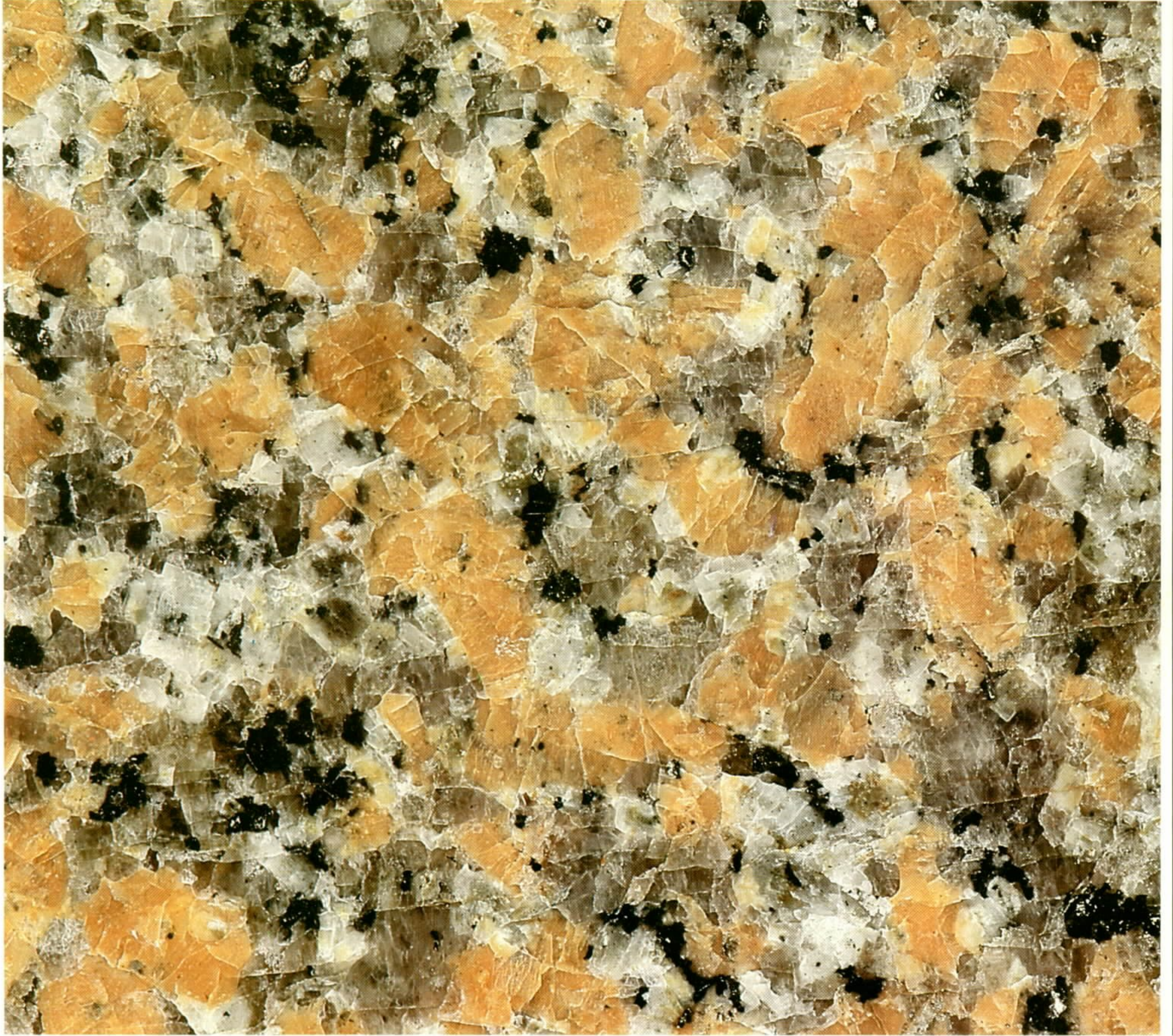
A extração em suas jazidas é feita por pessoal especializado, auxiliado por equipamentos que permitem produzir blocos de até 25 toneladas.

As cores dos granitos e sienito da Granisul, além de ricas, nos tons Vermelho, Marrom, Cinza, Ouro e Prata, mantém o brilho e a fidelidade ao tom original, por longos anos.

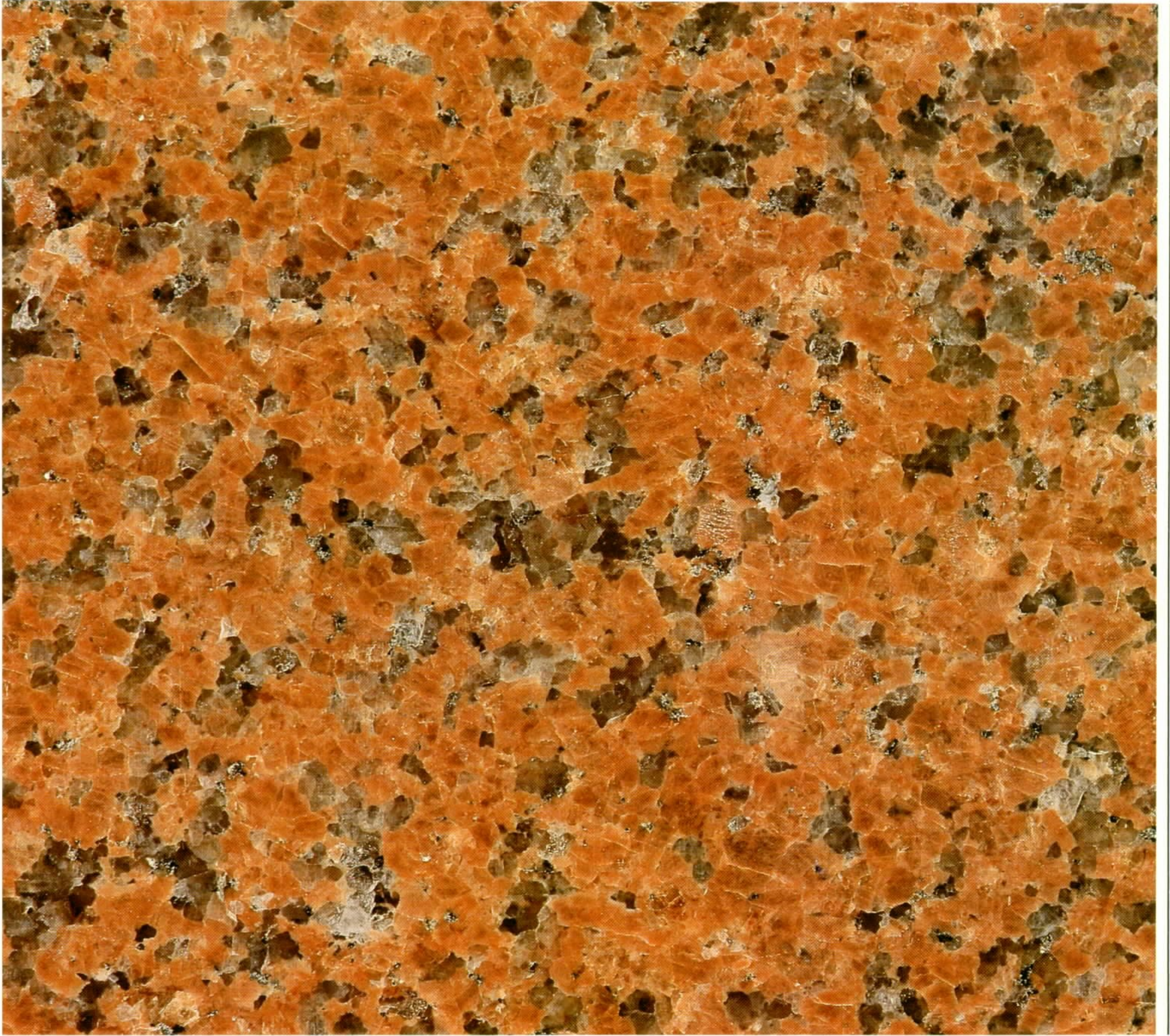
A Granisul explora cinco jazidas no Rio Grande do Sul, extremo-sul do Brasil, a saber: SIENITO MARROM GUAÍBA e GRANITOS COLORADO GAÚCHO, ROYAL RED, OURO GAÚCHO e CINZA CANGUÇU.



Ouro Gaúcho



Royal Red



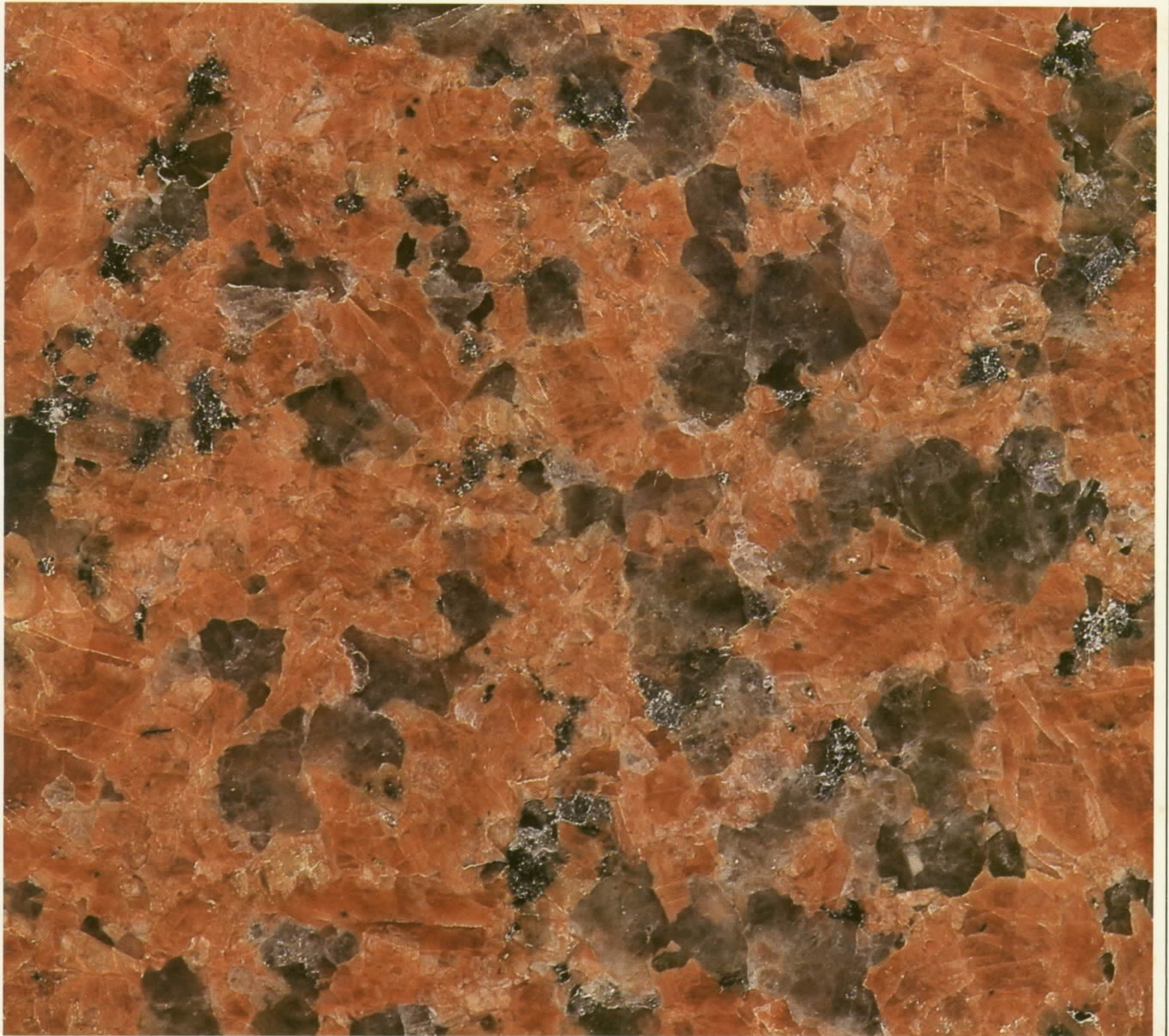
Marrom Guaíba





O Sienito por vezes, apresenta em sua estrutura, algumas concentrações de elementos naturais de sua composição, como ilustram as fotos, sem que se constituam defeitos do material. São parte de sua característica.

Colorado Gaúcho



Cinza Canguçu



A P Ê N D I C E

TECNOLOGIA DE PEDRAS PARA CONSTRUÇÃO: UMA TRADIÇÃO ANTIGA
COM UM NOVO FUTURO

Asher Shadmon
Episodes, 11(4)
pp. 275-282
Dezembro, 1988

Este artigo foca sua atenção para alguns fatos fundamentais acerca do uso de rocha como material ornamental ou de construção, especialmente como blocos. O uso desta tecnologia tradicional está agora atravessando como que um renascimento, especialmente em países em desenvolvimento, onde pode ser substituto para caras importações de cimento e de outros materiais de construção.

INTRODUÇÃO

Especifique um material estrutural tão velho como nosso planeta que possa ser usado instantaneamente e que estava disponível desde o início da vida, quando o abrigo tornou-se uma necessidade, e você terá geomateriais, principalmente agregados e pedras em bloco. A recente decisão de Tissot de lançar o "tempo da pedra", seu relógio de granito, é outro marco no uso de rochas, mas é um paradoxo que uma indústria com existência tão longa como a rocha tenha só recentemente iniciado a se adaptar aos tempos modernos. Isto é mais surpreendente tendo em vista o fato de que indústrias de cimento e agregados estão produzindo uma linha completa de materiais baseados em produtos rochosos, para substituir a pedra, e o fazem desmontando montanhas de rocha para juntar de novo a pedra!

A pedra em blocos ("dimension stone") é o termo geralmente dado à rocha usada na construção. A partir do bloco bruto até o ladrilho de granito, mármore ou calcário, a pedra em blocos adquire nomes específicos, embora para um geólogo muitos destes termos sejam aplicados muito livremente. Para fins práticos, nove variedades cobrem os tipos de pedra comum: mármore, calcário, dolomito, granito, arenito, basalto, quartzito, ardósia e tufo. Para fins comerciais, "granito" designa rochas cristalinas com estruturas e texturas granitoides, sem considerar sua origem ou tamanho de grãos: o termo inclui sienito, diorito, gabro, gnaiss e até xisto. "Basalto" é usado para rochas ígneas pretas ou escuras, de fina granulção incluindo diabásio e dolerito. Gnaisses são sempre comercializados como quartzitos, e "mármore" pode se referir a qualquer rocha calcária que leva um polimento, seja metamórfica ou não.

A indústria de pedras posteriormente simplificou a classificação para poucas variedades, que diferem de país para país. Na Escandinávia, por exemplo, a indústria diferencia pedras duras de pedras macias, as últimas incluindo calcários e mármore, os quais, quando silicosos, podem ser mais duros, se não mais duráveis, que algumas rochas ígneas como os tufos.

A extração e revestimento de pedras é atualmente uma alta tecnologia que usa os métodos conhecidos mais avançados e apropriados. Estes incluem, por exemplo, a utilização na abertura de pedreiras, no processamento e na construção, de materiais de alta performance e corte, tais como aços especiais, abrasivos e diamantes industriais. Entretanto, também existem métodos atuais que foram usados por nossos ancestrais.

Materiais de pedra sempre foram considerados parentes pobres dos minerais industriais, e paupérrimos dos metais e do petróleo. Mais que isto, a pedra aparece mais comumente sob o título de "materiais de construção", que deve ser ensinado em cursos de engenharia civil e outros, na arquitetura e para estudantes de arte, mas raramente nas geociências. Estudantes que se dedicam à geologia ou engenharia de minas freqüentemente aprendem menos sobre geomateriais que aqueles de fora das geodisciplinas, e dados científicos sobre pedras são comumente fornecidos por químicos e físicos. De fato, para o técnico em pedras, a alteração não é menos interessante que a gênese.

O gerenciamento de pedreiras, até recentemente, tem sido desprezado pelos engenheiros de minas e olhado como parte de uma arte baseada em práticas empíricas. Os custos crescentes e a demanda fortemente ascendente mudaram este quadro, pois mais de 1.000 milhões de toneladas de calcário são produzidos anualmente, só nos Estados Unidos.

UMA MEDIDA DE PROGRESSO

As quantidades e qualidades da pedra, areia e cascalho são usadas para medir o progresso. Mercadorias de alto valor, tais como metais e combustíveis, extraídas em massa de áreas mais pobres, raramente contribuem para o desenvolvimento destas regiões. Em contraste, materiais de pedra são usualmente usados local ou regionalmente. A afirmativa de que nos EE. UU. a pessoa média "consome" 10 t de geomateriais por ano (incluindo 4 t de areia e cascalho) diz algo sobre o padrão de vida em termos, por exemplo, de instalações de transporte e coo

comunicação, habitação, e do desenvolvimento de utilidades.

Antes de 1900, a pedra de construção era o material de construção predominante em muitos países. A pedra em bloco foi uma vítima precoce do uso de materiais de construção elaborados.

Com o advento da moderna construção em massa, a pedra teve que dar lugar para o tijolo e concreto, embora moradores de pequenas cidades, no Terceiro Mundo, continuem ainda hoje a usar tijolos de barro, assim como palha, fibras, folhas e produtos florestais.

O rápido crescimento populacional jogou contra o trabalho manual caro, e o uso da pedra diminuiu na primeira metade deste século. Mesmo cidades como Aberdeen, Jerusalem e Sydney, com construção tradicional ou compulsoriamente feita por pedra natural (Diack, 1949; Jendall, 1948), tiveram que mudar para materiais de concreto. O uso de pedra também sofreu muito com os humores da moda arquitetônica, com muitos altos e baixos. Na última década tem havido uma tendência de usar, especialmente em áreas montanhosas, pedras rústicas e não acabadas, que casam bem com montanhas rochosas. Construções de pedra ornamental continuam a dar um caráter mais "sólido" às cidades e áreas urbanas. Por exemplo, a pedra ornamental obteve uma produção de 1 milhão de toneladas na França, ao final do século passado, e embora tenha caído para 300.000 t na Segunda Guerra Mundial, voltou para 3 milhões de toneladas.

Muitos fatores contam para este retorno. A normalização das condições após a Segunda Guerra Mundial, a reação inevitável contra as fachadas de gesso, com seu alto custo de manutenção, e os avanços na tecnologia de extração e processa-

amento, tudo ajudou a aumentar o uso da pedra, especialmente em edifícios públicos e institucionais.

O QUE É TECNOLOGIA EM PEDRAS ORNAMENTAIS?

Há seis áreas maiores a considerar nesta tecnologia:

- Materiais: propriedades da pedra, qualidade, terminologia, intemperismo e durabilidade;
- Fontes: a locação da pedra, tipos de depósitos, formas da pedra, feições superficiais e influências tectônicas;
- Extração: planejamento do desenvolvimento e operação das pedreiras, locação, aspectos ambientais, remoção a partir do depósito, equipamento de extração;
- Maquinário: ferramentas e técnicas, apêrelhos para cortar e quebrar, processos industriais, acabamento;
- Usos em construção: tipos de pedras de construção, revestimento, práticas de alvenaria, fundações, construções de pedra no campo;
- Desenvolvimento: custo, planejamento, investimentos, aspectos comerciais, preços, conservação e preservação de reursos.

Há naturalmente, muitas superposições, e nem os geólogos econômicos ou geólogos engenheiros podem reclamar a exclusividade de um estudo integrado. Como o engenheiro de minas tradicional, que foi um "burro de carga", qualquer geólogo que se especializar em pedra ornamental deverá ser um mestre em muitas disciplinas. Isto acontece particularmente no domínio

dos testes físicos e petrológicos, onde a experiência geológica é requerida. De um especialista em pedra se exige completo treinamento e experiência geológica em petrologia e petrografia, uma forte inclinação para a engenharia, um interesse em arquitetura e artes plásticas, um apreço pelas aplicações, herança e fontes históricas, incluindo as arqueológicas e pré-históricas, um interesse na economia dos minerais estruturais, e uma tendência para o desenvolvimento e "marketing".

Embora possa não ser fácil localizar um técnico em pedras, encontrar uma única fonte de informação sobre pedras é extremamente difícil. Seria ideal se houvesse Centros de Pedras Ornamentais que tivessem todas as informações requeridas para o desenvolvimento deste mercado: inventários, literatura, desenvolvimentos tecnológicos, conhecedores disponíveis, instalações para ensaios e plantas-piloto, registros históricos de construções, monumentos e outras estruturas. Quando tais centros começaram a surgir, 15 ou 20 anos atrás, a crise do petróleo levou à restrição orçamentária e à mudança de prioridades, e os planos das organizações internacionais de desenvolvimento de estabelecer vários centros de pedras ornamentais regionais não se materializaram. Há muitas razões para a relativa morosidade da tecnologia da pedra se desenvolver, incluindo uma falta de "glamour", as operações geralmente de pequena escala, a falta de institucionalização, e a freqüente subestimação das capacidades e potenciais da pedra. Por outro lado, a pedra ornamental é um dos poucos materiais de construção locais que podem ser utilizados diretamente com ferramentas manuais; um processamento posterior é opcional. A pedra não exige armazéns para estocagem e as necessidades de embalagem são mínimas. As formas usadas são uma questão de conveniência e preferência, e

os vários padrões requerem basicamente técnicas de construção similares.

Em geral, a produção de pedras para construção exige um investimento de baixo capital inicial, trabalho intensivo, pouca habilidade e energia mínima - tudo traduzido em baixos custos de produção. Entretanto, a baixa razão valor/peso torna o transporte e a distribuição fatores críticos, colocando como um trunfo o planejamento apropriado de locais de construção próximos às fontes de pedra. Unidades e fábricas artesanais de pequena escala devem então ser localizadas próximas aos mercados pretendidos.

DA ROCHA AOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

As pedras ornamentais incluem pedra de cantaria, que compreende peças de seção quadrada ou retangular, normalmente com tamanho constante, a arranjadas de modo aleatório (irregular) ou assentadas em fileiras regulares (organizadas). Também comum é a pedra bruta quadrada (irregular, organizada ou cortada, que consiste em pequenos blocos de pedra usados para vedar orifícios nas paredes de pedra bruta) e pedra bruta poligonal, principalmente oriunda do rejeito de pedreiras. Cunhas são blocos de pedra assentados nos ângulos de muros, como nas esquinas. Elas são normalmente tornadas quadradas para fornecer um acabamento caprichado. Juntamente com a pedra de cantaria e a pedra bruta, lajes e ornamentos consistem os quatro tipos principais de pedra para muros. Pedras de lajes natural são obtidas a partir de camadas finas e são usadas em fachadas, cercas e na construção de pavimentos e pisos. A ornamentação é usada para pedra cortada não na forma de pedra de cantaria, e inclui esquadrias, peitoris, coberturas e componentes de alvenaria or

namentais (Anon, 1957; Shadmon, 1988).

Não são necessários processos complicados para transformar a rocha em componentes de construção-tudo que se exige é quebrar e preparar a rocha. Tecnologias apropriadas têm sido desenvolvidas, o que inclui o uso de guilhotinas para o corte, e martelos, formões, perfuradoras e barras para tornar apto o trabalhador a conduzir praticamente qualquer situação. Ferramentas tão simples como estas são usadas na pavimentação de estradas com pedra em áreas remotas, na construção de escolas nos locais montanhosos e escarpados e na construção de casas em ambientes corrosivos e de ilhas.

Tais ferramentas dependem do fato que a pedra é quebradiça sob pressões baixas. O "corte" pela quebra é iniciado quando as fraturas começam a se expandir sob compressão máxima. Isto é causado por esforços induzidos pela natureza não homogênea da rocha. Um campo de pressão de grande concentração próximo à superfície da pedra originará lascas ou descascamento, e lascas são a base do acabamento da pedra, pois requerem pouca energia, comparativamente. Elas causam instabilidade e a energia liberada pela perda de coesão é usada para aumentar a quebra. Um primeiro passo nesta direção foi o projeto de cortadores de rochas (guilhotinas), e nas três últimas décadas, aparelhos de corte específicos aparecem no mercado, alguns incluindo dentes separados que se adaptam a superfícies irregulares e transmitem pressões de quebra equalizadas.

Outro avanço tem sido a indução de um campo de pressão para controlar as direções dos cortes e para obter superfícies com uma natureza conchoidal de convexidade exagerada, que dá um efeito escultural. Um modelo experimental de tal máquina está atualmente operando com bons resultados. Ele usa o princí

pio do Teste Brasileiro para determinar a força de tensão de ma teriais quebradiços, ao criar uma carga concentrada que diminui rapidamente com o aumento da profundidade (Brace, 1964). A quebra da rocha ou pedra por macacos mecânicos ou cunhas hidráulicas não é nova, mas recebeu recentemente uma maior atenção. O atrito e a abrasão envolvendo serragem, moagem e polimento, também estão incluídos. Comparada ao descascamento, a abrasão usa muito mais energia, e o maquinário projetado para dar forma à pedra ornamental deveria então ser baseada na quebra, mais que na ação da abrasão.

A SELEÇÃO DA PEDRA ORNAMENTAL

Primeiro, o acamadamento deve ser checado para confirmar a espessura requerida para a utilização. O uso do martelo dá muitas informações sobre a coesão, dureza, som e, não menos importante, sobre quão quebrável é a pedra. Se uma pedra golpeada com uma barra de ferro "soa firme" e reverbera, então rachaduras são improváveis. Um som abafado, como quando se golpeia um vaso de barro quebrado, indica fendas.

Rochas argilosas, margosas e de gesso, mais frágeis, devem ser evitadas. Mergulhar na água por poucos dias dará muitas informações sobre a dureza, coerência e porosidade. A rocha altamente porosa aumentará consideravelmente em peso; mesmo a gilas e margas duras podem se desintegrar durante a imersão. Pontos importantes para a boa utilização são boas clivagens e juntas. Um martelo em ponta ou martelo de pedreiro, um formão para pedras menores ou uma marreta para as maiores e matações, darão boas indicações sobre a direção a cortar. Mudanças intempéricas podem ser observadas pela comparação da "casca" natural da pedra com uma superfície recentemente quebrada. Sem depreciar o

valor do conhecimento sistemático adquirido das rochas, seja pela prática da geologia ou pelo trabalho com pedras, julgamentos intuitivos podem ser efetivos, onde não houver disponibilidade de uma opinião especializada.

Depósitos inconsolidados podem conter quaisquer dos principais tipos de rochas, atrás mencionados, e são mais convenientes quando ocorrem em campos, leitos de rios, acumulações glaciais, bases de penhascos, terraços e praias. A vantagem, aqui, é que o transporte por rios, ondas e gelo por longas distâncias resultam em que apenas as pedras fortes e estáveis se preservam. Aí estão incluídos os grandes miolos residuais das rochas que resistiram ao intemperismo profundo das rochas ao seu redor. A exploração de matacões é hoje muito difundida no Brasil e na Índia, que estão entre os cinco maiores exportadores de rochas ígneas do mundo (UNITAR, 1988).

As fontes para pedra de construção não são sempre convencionais. Um dos muitos exemplos onde gnaiesses graníticos de minas têm sido utilizados como material para construção de casas de baixo custo é o de Selebe-Pikwe, uma vila mineira de Ni e Cu na Botswana (Massey, 1973). Os explosivos fraturaram a rocha em superfícies grosseiramente paralelas, e quantidades adequadas estão disponíveis em pilhas de rejeito para uso nas "rondavels", casas indígenas arredondadas da área. Outra inovação recente é a do uso de uma mistura de enxofre às pedras de cimento. O enxofre provém de muitas minas como sub-produto e pode ser muito simples convertê-lo em um cimento estabilizado (Anon, 1977). No caso de Selebe-Pikwe, aproximadamente 3.000 t de enxofre foram doadas para um projeto de construção de casas próprias.

TECNOLOGIAS DE CORTE E EXTRAÇÃO

A remoção de rochas das frentes da pedreira envolve alavancas, barras e ferramentais manuais especialmente desenhadas (para uma visão geral veja Shadmon, 1988). Perfuradoras manuais, martelos e mordentes mecânicos são usados para fazer cortes, sulcos, acunhamentos e outras operações, dependendo da natureza dos depósitos e das exigências da produção e utilização. A maneira mais simples, entretanto, é alavancar uma camada com barras ou, onde as fraturas estejam bastante afastadas, forçar a separação da rocha com macacos.

Há um método termal ("firesetting") que se aplica em instalações industriais de pequena área, onde é feito fogo sobre a superfície da rocha e a água é derramada sobre ela quando quente. O martelo mecânico a ar comprimido é ainda a peça mais versátil em matéria de equipamento de extração para instalações de pequeno a médio porte. No outro extremo estão os grandes jumbos pneumáticos e hidráulicos e outros equipamentos de extração adaptados especialmente para a produção de pedra ornamental.

Onde estes métodos não forem viáveis, cunhas ou linguetas podem ser usadas, requerendo a perfuração ou o corte de pequenas ranhuras ou sulcos para a inserção das cunhas. A perfuração pode ser feita por barras com ponta ou martelos mecânicos ou perfuradoras elétricas, onde um gerador ou uma rede elétrica esteja disponível. Mais recentemente, formões mecânicos auto-propulsores são usados para destacar os planos de acamamento.

Máquinas de serrar são disponíveis, variando motores de poucos HP até modelos com discos de 60 a 200 cm de diâ

metro, que cortam blocos de pedra diretamente nas pedreiras. Dependendo da dureza da pedra, lâminas de carbureto de tungstênio ou diamante são usadas. A serra tradicional, com arames alimentados com abrasivos, foi agora substituída pelo uso de contas de diamante colocadas sobre um arame, e um sucesso considerável tem sido obtido pelo uso do arame diamantado para cortar blocos de rochas ígneas, com a obtenção de cortes de 5 a 16 m²/hora (UNITAR, 1988). O equipamento pode ser operado a partir de um painel de controle remoto.

Serras com correntes foram uma vez equipamento padrão para minerar carvão nas carboníferas. Desde 1960 elas foram adaptadas para o corte de pedra em pedreiras e agora são amplamente usadas. Isto ocorre especialmente na abertura de frentes subterrâneas, onde elas substituíram as máquinas de cortar mais desajeitadas, populares desde o início deste século.

O corte por "flame jet" tem sido usado desde os anos 60 em pedreiras, embora restrito às rochas poliminerálicas. Uma chama de alta temperatura concentrada (2.000°C) é confinada a uma faixa estreita de rocha (10 cm). Quanto mais variado o coeficiente de expansão dos diferentes minerais, mais eficiente é o método, especialmente em rochas contendo quartzo. O corte por "flame jet" pode também ser econômico para perfurar buracos de grande diâmetro em arenitos, rochas quartzíticas e dolomitos, e para blocos descascados, antes da colocação em serras. "Flame jets" mecanizados também têm sido usados recentemente para fornecer um acabamento termal ao corte de lajes na planta de processamento.

O corte experimental de rocha por jato d'água tem sido mencionado desde o início dos anos 70. Ele está atualmen

te em uso para recortar 10-12 m de um arenito com camada espessa no distrito de North Vosges, na França. O fluxo d'água alcança a velocidade de 1.300 km/h a uma pressão de 650 bar, cortando a uma profundidade de 50 mm por movimento de retorno. Em granitos e pórfiros quartzosos foi obtida uma razão de $2m^2/h$, embora com pressões e velocidades mais altas.

Para rochas mais duras, especialmente ígneas, máquinas de serra são geralmente usadas, com a vantagem de velocidades de corte superiores e a eliminação de manchas dos materiais de coloração clara, pelo uso de abrasivos isentos de ferro, com os cortes em ângulo sendo feitos em torno do eixo de a_{ra}me. A relutância no uso de lâminas de diamante em granitos é devida à presença de minerais mais duros e macios, resultando em uma ação "aos trancos" na borda de corte, o que reduz sua vida útil. Entretanto, o uso de lâminas diamantadas em rochas ígneas com minerais de dureza igual ou semelhante tem sido bem sucedido.

Diversas variedades de conjuntos de serras (teares) com carbureto de tungstênio ou lâminas de diamante para o corte primário de pedras estão atualmente em uso, e a tendência é de fazer uma construção pesada, para minimizar a vibração e assim poupar tempo na afiação, iniciando com superfícies lisas. Avanços recentes incluem teares sem um suporte central, de forma que os blocos de comprimentos não limitados podem ser manuseados desde a frente até o final da máquina.

Entre o equipamento de serra primário, a serra diamantada vertical de corte lateral é útil para cortar lajes individuais a partir de blocos, para atender pedidos urgentes ou de material muito caro, uma vez que o corte é de apenas 1/8 polegada e poupa material. Uma única lâmina diamantada montada

em um suporte especial está atualmente sendo testada industrialmente para cortar granito. Lâminas individuais (monolâminas) alimentadas com areia e outros abrasivos são conhecidas e usadas há muito tempo, às vezes com o único propósito de desbastar os blocos para prepará-los para os teares.

A quebra e retrabalhamento exige apoio de bancos, pisos, caixas de areia, pranchas, tubos ou ferro vergado. Uma vez em extração, a barra ou alavanca é a ferramenta mais versátil para uso em alavancagem, elevação, quebra, perfuração e até para testes; os martelos são os primeiros para a quebra das pedras. A habilidade de golpear com um mínimo de esforço é importante e depende da combinação do peso e forma do martelo, comprimento do cabo e empunhadura e do posicionamento do operário. Todos estes fatores permitem ao trabalhador com um martelo de, digamos, 5 kg, quebrar uma massa rochosa de muitas toneladas. Também importante são as direções de quebra natural e a habilidade do pedreiro de dirigir os golpes. Isto faz a diferença entre um resultado fragmentado e cortes perfeitamente retos, com formas regulares.

Depois do martelo, o formão é a ferramenta mais versátil para dar a forma e o modelamento às superfícies de pedra. Há uma variedade de formões disponíveis, com ponta de carbureto de tungstênio para poupar o tempo de afiação, e modelos a ar comprimido também podem ser encontrados. Discos diamantados de corte seco são progressivamente utilizados para o desbaste "in situ" de rochas de construção e são especialmente úteis para escavar sulcos para acunhamentos. Seu uso é especialmente importante em unidades de pedra de construção modulares e componentes que exigem um encaixe ajustado, ou

onde são desejados canais, sulcos em V ou juntas.

CORTE SECUNDÁRIO

Fazer a serragem e o corte secundário são termos usados para o desbaste de pedras após o corte primário de blocos e unidades grandes. Serras diamantadas estão atualmente em uso generalizado para tal fim e substituíram quase que totalmente as serras de carborundum. O investimento inicial maior em lâminas de diamante provaram valer a pena. Os dados sobre as velocidades de corte corretas, tamanhos de diamantes, da própria matriz, variam. Eles devem ser cuidadosamente cruzados com as propriedades petrológicas das pedras. A ênfase normalmente se concentra nas máquinas automáticas. Para a máquina que a-plana a superfície das lajes, após a serragem, o termo "máquina de polir" é utilizado, embora uma grande parte de seu funcionamento seja no desbaste, fricção, desgaste ou amolação, e somente o último estágio seja realmente o polimento. O lubrificante é de grande importância. A temperatura de corte deve ser exata, e então existe o fator de umidade do lubrificante em relação ao meio do corte e da peça em trabalho. A pressão correta deve também ser considerada: uma tendência de aumentar o fornecimento d'água pode causar a formação de um bolsão de pressão, desta forma reduzindo a eficiência do corte.

POLIMENTO

O polimento é usado para mostrar a textura completa da pedra. A durabilidade de uma superfície polida é medida pelo cuidado empregado durante o processamento. O tratamento ia

superfície após o polimento, isto é, pelo enceramento, frequentemente é aplicado para aumentar o lustro e para proteger as lajes acabadas durante o manuseio e transporte. A necessidade de um tratamento tipo superfície protetora ou revestimento à prova d'água, como p. ex. o silicone, é controversa (Price, 1981; Canoe e Canoe, 1984).

Há mais ou menos um século, uma máquina de polimento braçal era o primeiro passo para a mecanização das operações de acabamento, após as lajes saírem da serragem. O polidor radial "Jenny Lind", cujo nome é dedicado a um famoso cantor sueco por causa do som da máquina, está ainda em uso atualmente e é um protótipo do polidor braçal. Um disco polidor rotativo montado sobre uma cabeça universal pode ser controlado por um operador sobre a mesa de pedra. Uma junta universal entre a cabeça que fricciona a laje e o eixo permite que a cabeça atinja todas as irregularidades da superfície.

Máquinas de polimento automático trabalham com o mesmo princípio de superfícies intercambiáveis de uma cabeça de polimento rotativa, mas são desenhadas para percorrer automaticamente distâncias pré-determinadas. Elas têm uma produção muito maior que uma máquina operada manualmente, produzem um acabamento igualmente bom e um grande número de cabeças mecânicas pode ser eficientemente controlado por um operador. Nas máquinas polidoras com sensores, a ferramenta é levantada antes que atinja uma borda da laje, e várias espessuras podem ser polidas ao mesmo tempo.

Tipos diferentes de rochas requerem diferentes meios de polimento. Deve-se ter um grande cuidado para encontrar o componente correto, pois muito pode ser poupado na obtenção de um acabamento ótimo na linha de produção. Os agentes mais

comumente usados são o ácido oxálico, óxido de estanho e óxido de alumínio. O ácido oxálico é popular porque produz um belo a cabamento com pouco trabalho, mas o polimento é também pouco durável. O óxido de estanho ou chumbo metálico finamente moído misturado com massa de vidraceiro (um produto indefinido) pro duz um lustro forte e durável. Geralmente, os agentes polid: - res duros podem ser recomendados para rochas macias e os agen tes macios para as rochas duras, em virtude de que a relativa dureza da pedra e do agente polidor é menos importante que as temperaturas de fusão comparativas.

MECÂNICA DO POLIMENTO

Pouco é conhecido sobre a mecânica do poli mento. Ela era antes imaginada como sendo uma questão de moagem fina, na qual cristas e depressões deixadas por um abrasivo grossei ro eram reduzidas a dimensões sub-ópticas pelo uso de agentes polidores finamente divididos. Entretanto, uma vez que os mate riais utilizados no polimento são muito finos e frequentemente mais macios que o material que está sendo polido, parece que eles não agem como meros abrasivos.

Beilby (1903) postulou que a fricção durante o po limento causa uma fusão real de projeções instantâneas que re sulta em um fluxo, ou seja, uma camada líquida extremamente fina originada pelo aquecimento local ou ação química, com pro dução de uma camada superficial amorfa. Esta camada, chamada Beilby, recristaliza imediatamente após a formação sobre os planos de clivagem, mas permanece amorfa no restante (Bowder e Hughes, 1937). Assim, as temperaturas de fusão relativas dos a gentes polidores e dos materiais a serem polidos são os fato res-chave. Sob certas condições, a calcita (ponto de fusão

1.333°C) mostra um rápido polimento e um fluxo superficial com pó polidor de óxido de zinco (ponto de fusão 1.800°C), mas pequeno com óxido cuproso (ponto de fusão 1.235°C), sob iguais pressões.

A direção do polimento também pode ser importante, como o é a pressão adequada, especialmente em mármore com veios, onde uma pressão indevida tende a abrir os veios mais frágeis. Fatores tais como a velocidade do polimento, grau de unidade e quantidade de pó utilizado podem também afetar a qualidade do polimento. Jato de areia é aplicado em muitos países como tratamento superficial para granitos e como um método auxiliar para inscrição ou ornamentação em mármore. Na Suécia , particularmente, é também aplicado com frequência para o acabamento de superfícies de mármore. Na maioria dos casos, este acabamento é obtido pelo uso de outros abrasivos em vez da areia original que deu nome ao processo: p. ex. esmêril, carborunium ou granada.

EXEMPLOS DO CARIBE

A Jamaica ilustra o potencial em pedras típicas da área do Caribe. Sawkins em 1969 indicou mais de 40 locais com mármore e pedras. As variedades em mármore registradas são calcários metamorfizados, calcários escuros Cretáceos e do Terciário inferior, e as formações calcárias brancas de idades do Ecceno, Oligoceno e Mioceno. Os últimos têm manchas marrons e rosadas.

Entretanto, a despeito do uso anterior destas rochas para construção de edificações, aquedutos, etc, há poucas pedreiras de rochas ornamentais onde deve ter sido maior seu

desenvolvimento. Este é um dos principais fatores pelos quais a indústria nunca foi bem sucedida, apesar de toda a atenção dada ao desenvolvimento e aos aspectos legais e ambientais de uma indústria de pedreiras adequada.

Jamaica tem a vantagem de ter uma reserva de geólogos bem treinados e de condições institucionais, e a atenção à tecnologia da pedra está atualmente aumentando. Uma casa totalmente em pedra na Jamaica, construída com a assistência da ONU, é considerada 35% mais barata que as casas já existentes, de tamanho similar, construídas com materiais de construção de alta energia, sem referir sua resistência muito maior aos estragos das tempestades!

O Edifício Público em St. Kitts foi construído com rochas vulcânicas, e os tufo basálticos de Grenada têm sido usados por séculos, com acabamento ou como pedra bruta, em edifícios públicos. Os tufo foram extensivamente usados em St. Lucia, e em Antigua os calcários Eocenos foram utilizados na catedral e no tribunal de St. John. As rochas de Barbados são de origem Preistocênica, e há muitas variedades usadas nas Bahamas.

No Haiti e na República Dominicana um projeto integrado de desenvolvimento de pedra obteve resultados interessantes, e estas ilhas mais Cuba e Guatemala já começaram a exportar mármore. Um projeto atualmente a caminho no Caribe faz uso exclusivo da pedra local para construção de casas próprias, com 90% dos materiais que são utilizados provindo de um raio máximo de 20 km. Em todos os lugares os projetos integrados de pedra mudaram fundamentalmente o aspecto de áreas inteiras, à medida que as pedras do campo substituíram mate

riais convencionais, com economia considerável e com melhorias estéticas e ambientais.

FATORES ECONÔMICOS

Que até recentemente um material tão antigo tenha se adaptado tão pouco aos tempos modernos tem sido uma função de seu lento crescimento tecnológico, pois mesmos nos países mais avançados, pedra e mármore são ainda utilizados segundo métodos tradicionais. A tendência recente é a de reverter para a pedra ornamental sempre que for economicamente possível. Entretanto, ainda não é do entendimento geral que a pedra seja menos cara que as alternativas. Em alguns países da África, de um lado da rodovia há atraentes casas construídas com pedras rústicas, enquanto as casas do lado oposto são construídas com blocos de cimento ou concreto. As últimas são, naturalmente, olhadas com tendo prestígio, enquanto as de pedra são casas "econômicas"!

O mercado varia desde a construção mais simples e mais barata até os edifícios mais prestigiados. Enquanto uma casa pequena pode ser construída com uma carroçada de pedras, o edifício Arco Tower, em Dallas, Texas, com 49 andares, requereu 50.000 m² apenas para sua parte externa. As necessidades interiores, para pavimentação do piso, escadas e lavatórios excedeu o custo do material de revestimento exterior.

MERCADO INTERNACIONAL

Há um mercado internacional considerável na pedra em blocos. A produção mundial de mármore, por exemplo, cresceu 12

vezes, e a produção de granito cresceu 36 vezes nos últimos 35 anos, alcançando cerca de 15 milhões de toneladas em meados dos anos 80. Entretanto, 95% da atual produção mundial provém de 27 países, entre os quais 6 europeus e os Estados Unidos produzem 70%. Os países do Terceiro Mundo estão agora se estabelecendo como fornecedores do mercado internacional de pedras ornamentais. Índia, Brasil e Taiwan estão ativos há bastante tempo, e outras nações da Ásia, Caribe e África estão atualmente emergindo como fornecedores importantes de pedra. Estas regiões têm recursos consideráveis de mármore e granitos, embora ainda seja necessário muito esforço para agregar uma maior participação destes países.

A tendência de países jovens de ser críticos com seus produtos domésticos tem sido um fator desfavorável ao desenvolvimento das indústrias de pedras locais, especialmente rochas ornamentais. Em 1970, 51 das 76 nações importadoras de pedras podiam ser consideradas em desenvolvimento e poderiam ter usado recursos locais ou atendido suas necessidades por países vizinhos, e esta situação é a mesma nos dias de hoje. A falta de desenvolvimento de recursos de pedra ornamental nestes países não coloca no mercado mundial de pedra de construção quantidades e variedades que poderiam ser usadas tanto no país quanto no exterior, tanto quanto os prospectos de industrialização local (Nações Unidas, 1976).

Os preços da pedra ornamental não flutuam bruscamente: eles apenas aumentam, ao contrário do cobre e do mercúrio. Há pequeno risco de que os substitutivos para a pedra, ao contrário do que ocorre com outros materiais primários, afetem seriamente o mercado. Entretanto, o desenvolvimento de novos

recursos, especialmente em países em desenvolvimento, requer u ma promoção de investimentos apoiada por uma avaliação efetiva da pedra disponível e por uma equipe de pessoas treinadas.

TREINAMENTO DO PEDREIRO

No passado, longos aprendizados eram considerados suficientes para um treinamento formal, pois não haviam mo dificações tecnológicas na pedra por si só que requeressem uma especialização adicional. Entretanto, atualmente o operador, quando usa máquinas elaboradas ou aparelhos mecânicos simples, deve encontrar especificações e tolerâncias com alto grau de precisão, especialmente no processamento industrializado. A variedade das pedras em uso também cresceu consideravelmente e os tempos para entrega tornaram-se mais importantes que eram, num passado mais preguiçoso.

A irregularidade da demanda deixou sua marca nos homens experimentados, muitos dos quais abandonaram a indús tria, sem que houvessem substituições à altura. Há poucas ins talações de treinamento a nível profissional e vocacional pa ra a engenharia de extração e processamento. Em alguns dos países mais jovens com demanda crescente para pedra de cons trução, pedreiros com experiência em detalhes arquitetônicos não são disponíveis. Muitos esquemas em que o arquiteto ha via previsto o uso de pedra ornamental não se materializaram pela falta dos operários especializados, e frequentemente tra balhadores hábeis são importados pelo tempo que durar o proje to. Um exemplo recente é o da Bélgica, um país com forte tra dição em pedras, onde especialistas iugoslavos foram levados, junto com o material, para o assentamento de 4.000 m² de már

more em um edifício novo de Bruxelas.

DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DA PEDRA ORNAMENTAL

Grandes esforços, nos anos recentes, para estabelecer tecnologias apropriadas nas diversas partes do mundo levaram ao estabelecimento do conceito do Plano de Desenvolvimento Integrado da Pedra (ISDP). Ele se aplica tanto às nações em desenvolvimento quanto às desenvolvidas, que deixaram para trás o desenvolvimento de seus recursos em pedra, em comparação à mineração. Em virtude do planejamento requerido, o conceito do ISDP deveria ser considerado bem cedo em qualquer plano nacional que cubra os aspectos industriais ou sócio-econômicos. A inclusão do planejamento assegura, por exemplo, que os prospectos de pedra econômicos para certas áreas não se percam por construções que se façam sobre eles, ou que custos de transporte muito caros sejam economizados onde os recursos locais possam ser usados em lugar de blocos de cimento ou produtos de concreto manufaturados em outro local.

O padrão para o ISDP começa com o levantamento dos recursos em pedra existentes e potenciais. Isto é a base do planejamento, para assegurar a conservação e a utilização adequada dos recursos, e para prevenir usos impróprios da terra, tendo em vista os fatores ambientais e de economia de energia. Ele também envolve a introdução de tecnologias apropriadas e a melhoria das práticas correntes, o estabelecimento de instalações para ensaios centrais e documentação, e o treinamento de pessoal nacional.

O ISDP promove a introdução de produtos em pedra nos esquemas de construções de baixo custo rurais e urbanos,

e projetos de pavimentação de estradas, a melhoria da pedra ornamental para propósitos industriais e de exportação, a iniciação de novos produtos baseados na pedra como material bruto (isto é, para uso como vedantes ou para a manufatura de lâ de rocha para isolamento acústico e térmico), e o uso intensivo de argamassas de calcário. O ISDP também encoraja o estabelecimento de unidades de produção do tipo chalé ou artesanal (para o turismo), que se soma a indústrias maiores que exportam ou substituem importações tais como granito e mármore para a construção de hotéis.

A avaliação e a exploração de recursos brutos com pequeno atrativo aparente não são sempre óbvias, mesmo assim são de importância básica e fora de proporção com os investimentos mínimos exigidos, quando se compara com outros empreendimentos minerais. Esforços no treinamento requerem alta prioridade, até o tempo em que a extração e a tecnologia da pedra para construção sejam reconhecidas como disciplinas aceitáveis.