INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
Biblioteca

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ORIENTADOR: Prof. Dr. A. C. Rocha-Campos

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005240

APLICAÇÃO DE MICROSCÓPIA ELETRÔNICA
AO ESTUDO DOS SEDIMENTOS CENOZÓICOS
DA PROVÍNCIA COSTEIRA DO RIO GRANDE
DO SUL, BRASIL

ÉLIDA BRUM KRAUSPENHAR

[REDACTED]

Aclamai a DEUS, toda a terra, cantai a
glória de Seu Nome, dai glória ao Seu
louvor. Dizei a DEUS: Quão extraordinárias
são, SENHOR, as tuas obras! Sal. 65:1-3

Aos meus pais, Alcides e Dora a quem
devo o que sou, pelo seu amor e orienta
ção. Ao Júlio, Lysíee e Marcus Vinícius,
pelo imenso carinho e compreensão ...

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. HISTÓRICO DO ESTUDO DE TEXTURAS SUPERFICIAIS AO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO	2
3. METODOLOGIA	
CAMPO	28
LABORATÓRIO	35
4. DEFINIÇÃO E MODO DE FORMAÇÃO DAS TEXTURAS	40
5. CONDICIONAMENTO GEOLÓGICO	51
6. DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	58
7. HISTÓRIA AMBIENTAL	88
8. CONCLUSÕES	99
9. BIBLIOGRAFIA	102

ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Localização da área de estudo	28
Figura 2.	Afloramento da Formação Itapoã (Ponto 2)	30
Figura 3.	Afloramento da Formação Chuí (Ponto 5)	30
Figura 4.	Morfologia da Província Costeira (Ponto 7)	32
Figura 5.	Afloramento da Formação Chuí (Ponto 8)	32
Figura 6.	Estratificação de dunas da Formação Itapoã (Ponto 10)	33
Figura 7.	Duna longitudinal fixada da Formação Itapoã (Ponto 10)	33
Figura 8.	Duna transversal atual da Planície Arenosa (Ponto 11)	34
Figura 9.	Praia e falésia atual da Planície Arenosa (Pontos 12, 13 e 14)	34
Figura 10.	Classificação e nomenclatura estratigráfica do Cenozóico da parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul (seg. Zeltzer, 1976).	54

Figura 11. Evolução sedimentar da área estudada, em relação às flutuações do nível do mar, deduzidas a partir de dados geológicos.	56
Figura 12. Quadro comparativo entre a história ambiental deduzida a partir das texturas superficiais e dados geológicos.	90
Figura 13. Evolução paleogeográfica da área estudada.	95

TABELAS

1 - 14. Distribuição das texturas superficiais examinadas em cada amostra	58-87
---	-------

ESTAMPAS

I-XXVIII. Fotomicrografias nº 1-56.	em anexo
-------------------------------------	----------

1. INTRODUÇÃO

Embora a observação de texturas ocorrentes na superfície de grãos clásticos de quartzo e de outros minerais e seu uso na interpretação da gênese de sedimentos remonte já há quase 100 anos (*H.C. Sorby, 1880*), as inúmeras dificuldades de ordem teórica e prática desse estudo, mantiveram-no, por muito tempo, como uma técnica subsidiária e de aplicação limitada.

A introdução das técnicas de microscopia eletrônica nas ciências geológicas por *R.L. Folk & C.E. Weaver*, há cerca de um quarto de século, abriu novas perspectivas à observação de feições superficiais submicroscópicas, em decorrência do alto poder de resolução do equipamento.

Contudo, foi somente a partir das investigações pioneiras de *E.W. Biederman, Jr., J.J. Porter, Ph. H. Kuenen & W.G. Perdok*, e em especial, as de *D.H. Krinsley & T. Takahashi*, a partir de 1962, que o estudo das texturas superficiais de grãos de areia de sedimentos passou a merecer a consideração dos sedimentólogos, constituindo, no presente, uma técnica quase que universalmente aceita.

O desenvolvimento de uma base conceitual mais adequada para a interpretação dos processos ligados à gênese

dos diversos tipos de micro-texturas, fundamentou-se em dados empíricos (atualísticos), experimentais e quantitativos.

A maior aplicabilidade da técnica ao estudo da história ambiental de sedimentos recentes ou cenozóicos e, em particular, a possibilidade de identificação das sequências de eventos geológicos que afetaram os depósitos sedimentares levaram-me a procurar empregá-la no estudo de depósitos costeiros do sudeste brasileiro, mormente, daqueles cuja provável origem multicíclica não pudesse ser claramente desvendada por métodos geológicos e/ou sedimentológicos comuns.

Na presente pesquisa busquei, portanto, selecionar uma área-teste para aplicação de microscopia eletrônica, a respeito da qual existissem dados independentes sobre a estratigrafia, sedimentologia e história tecto-sedimentar.

A disponibilidade de um conjunto de amostras e informações de sedimentos cenozóicos da Província Costeira do Rio Grande do Sul (*Delaney, P.J.V., 1965; Jost, H., 1971; Jost, H., et al, 1971; Villwock, J.A., 1972; Zeltzer, F., 1976*). de ambientes, posição geomórfica e estratigráfica distintos, permitiu a realização de uma análise preliminar das texturas superficiais de grãos de quartzo para o levantamento de dados adicionais sobre a história deposicional dessa área (*Krauspenhar, Villwock & Rocha-Campos, 1976; Krauspenhar & Rocha-Campos e Rocha-Campos e Krauspenhar, no prelo*).

Os resultados obtidos na pesquisa mencionada revelaram a presença de um conjunto de texturas mecânicas, derivadas de ação praial e eólica, que ocorriam superpostas, segundo diversos padrões. As feições mecânicas, então observadas, apresentavam-se diferentemente obliteradas por outras decorrentes de processos químicos de intensidade variável, configurando uma história multicíclica complexa dos grãos.

As evidências oferecidas pelo conjunto de texturas superficiais, reconhecidas na superfície dos grãos de areia examinados, e suas interrelações indicaram terem tido os sedimentos de onde provieram as amostras (Terraço lagunar 1, 2 e sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento), uma história sedimentar complexa. Esta envolveria episódios de ação subaquosa, sob condições de energia moderada a alta (praia), e ação eólica e/ou intempérica, de intensidades variáveis. Estas refletiriam maior ou menor exposição à ação desses processos. A história sedimentar assim levantada, mostrou-se coerente e adicionou novos elementos à caracterização dos processos geológicos operantes durante o Cenozóico no Rio Grande do Sul. Adicionalmente, constatou-se a possibilidade de utilização do grau de alteração química como elemento indicativo da idade relativa dos grãos, como já haviam sugerido *Coch & Krinsley (1971)*.

Face aos resultados satisfatórios da pesquisa preliminar, a presente investigação foi estruturada no sentido

de procurar obter um conjunto de dados qualitativos e quantitativos, a partir de uma amostragem e observação sistemáticas das diversas unidades sedimentares que compõem os vários conjuntos litoestratigráficos em que se subdivide o cenozóico da parte norte da Lagoa dos Patos (*Delaney, 1965; Jost et al., 1971; Villwock, 1972; Zeltzer, F., 1976*).

O perfil selecionado, com base, principalmente, na sua maior acessibilidade, corresponde à rodovia RS-040, VIA-MÃO - PINHAL, ao longo da qual ocorre a maioria das unidades sedimentares da parte norte da Província Costeira Gaúcha.

O material utilizado nesta dissertação derivou de duas campanhas de coleta. A primeira foi realizada pelo Prof. Dr. Jorge A. Villwock, do Instituto de Geociências da Universidade do Rio Grande do Sul, em 1975, complementada por uma segunda campanha em 1977, da qual participaram, além da autora, os Profs. J.A. Villwock, A.C. Rocha-Campos e M.E.C.B. de Oliveira. Esta segunda fase visou uma maior familiarização com a geologia sedimentar da área de proveniência das amostras e, particularmente, a realização de observações sobre o condicionamento local dos sedimentos utilizados no presente estudo.

AGRADECIMENTOS. Primeiramente, desejo externar meu profundo reconhecimento ao Prof. Dr. Antonio Carlos Rocha-Campos, pela eficiente, segura e dedicada orientação e apoio

moral durante a elaboração desta monografia.

Deixo também consignados meus sinceros agradecimentos à Sra. Maria Lúcia Rocha-Campos, por sua gentileza e dedicação, como minha iniciadora nas técnicas de preparação das amostras para microscopia eletrônica; ao Prof. Dr. Jorge A. Villwock, do Instituto de Geociências da UFRGS, pelo solícito empenho nos trabalhos de campo e envio de muitas das amostras aqui estudadas; à Profa. Dra. Mary E.C. Bernardes de Oliveira, minha grande amiga, pelo carinho com que sempre atendeu a todas as minhas solicitações, durante a realização deste estudo; à Profa. Dra. Cecília Alvarenga Pimentel, do Instituto de Física desta Universidade, pelas valiosas sugestões e assistência prestada na ampliação das fotomicrografias; ao Prof. Dr. Ronaldo G. de Carvalho pela prestativa colaboração; ao Prof. Paulo Roberto dos Santos, pelo gentil auxílio na execução dos desenhos; à Srta. Maria Helena Carvalho, pelo auxílio na preparação das amostras e na compilação bibliográfica; à Sra. Cleide M. de S. Blanes, pelo cuidadoso e delicado serviço datilográfico; ao Sr. Geraldo Nunes, pelo serviço fotográfico; ao Sr. Jaime Alves da Silva e equipe, pelos trabalhos gráficos, e aos demais funcionários do Instituto de Geociências que de uma maneira ou outra colaboraram na realização desta pesquisa.

Meu reconhecimento é ainda extensivo ao Conselho Nacional de Pesquisa, sob cujos auspícios, na forma de Bolsa

de estudo (Processo 17701/72), foi possível a execução do projeto de pesquisa do qual resultou esta monografia e ao Centro de Microscopia Eletrônica do Instituto de Física da USP, nas pessoas das Dras. Marina Silveira e Helena Souza Santos, pelo constante e eficiente auxílio técnico dispensado.

Finalmente, quero manifestar minha terna gratidão às minhas irmãs Eliane e Eliêge T. Brum, pela abnegada cooperação e incentivo no transcorrer desse trabalho.

2. HISTÓRICO DO ESTUDO DE TEXTURAS SUPERFICIAIS

O presente trabalho visa o estudo de texturas superficiais de grãos detríticos de quartzo, observadas ao microscópio eletrônico de transmissão, e a aplicação das mesmas na interpretação de seus ambientes deposicionais. No sentido de permitir melhor a avaliação do seu significado para os estudos sedimentológicos, creio ser de interesse a apresentação de uma resenha breve da evolução do conhecimento no campo.

Feições superficiais de grãos minerais, consideradas independentemente do tamanho, forma, arredondamento ou composição mineralógica desses grãos, recebem a designação específica de texturas superficiais. Polimento, fosqueamento, estriações, marcas de percussão, indentações e pontuação são alguns exemplos dessas texturas.

O estudo de texturas de grãos (inclusive as superficiais), na tentativa de identificar o ambiente deposicional a que foram submetidos, foi iniciado por *H. Sorby*, em 1880. Deve-se a ele, também, a primeira classificação sistemática dessas feições sedimentares.

Embora *Thoulet* (1881), *Reade* (1892), *Wentworth* (1922, apud *Pettijohn*, 1957:68) e outros tenham publicado sobre o assunto, foi somente com *Cayeux* (1929), que surgiu uma clas

sificação mais completa dos aspectos texturais de grãos de areia, de acordo com seus ambientes deposicionais.

Essa classificação baseava-se na forma, arredondamento, seleção e texturas superficiais dos grãos. Segundo *Cayeux*, grãos de areia marinha e fluvial nunca apresentariam superfícies foscas, comuns, no entanto, na fração granulométrica mais grosseira de ambiente eólico.

A seguir, *Laudermilk (1931)* e *Roth (1932)* estudaram, respectivamente, o polimento e o fosqueamento dos grãos. O primeiro concluiu que o polimento (ou brilho) resultaria da deposição de uma fina película de sílica, ou óxido de ferro, sobre a superfície dos grãos, devido à evaporação de água intersticial. O segundo concluiu que o fosqueamento dos grãos seria consequência de um incipiente crescimento secundário dos mesmos.

Já *Wentworth (1936 a; 1936 b)* concentrou seus estudos na presença de estrias na superfície de grânulos e seixos, concluindo pela origem glacial de alguns tipos.

Deve-se a *Krumbein & Pettijohn (1938)*, o estabelecimento da primeira correlação entre texturas superficiais e tamanho dos grãos. Para estes autores, a granulometria interferiria no padrão de texturas superficiais. Explicaram, por exemplo, que o fato de certas feições ocorrerem em seixos e grânulos, mas não, em grãos de areia, poderia ser concon

sequência, pelo menos em parte, da presença de vários minerais, com diferentes graus de resistência ao intemperismo nos primeiros, enquanto os grãos de areia são, no geral, unimineralícos e de tamanhos microscópicos.

Krumbein & Pettijohn (1938) classificaram as texturas superficiais em dois grupos: a) texturas superficiais de clastos grandes (maiores que 2 mm de diâmetro) e b) texturas superficiais de clastos pequenos (menores que 2 mm de diâmetro). As texturas superficiais do primeiro grupo distribuem-se em três categorias, de acordo com o seu alisamento, polimento ou fosqueamento, estando essas características associadas ao brilho da superfície. As texturas do segundo grupo podem ser descritas como foscas ou polidas, e como lisas ou rugosas, conforme o brilho, podendo haver combinações dessas qualidades.

Cailloux (1942) iniciou a utilização estatística dos padrões de textura superficial dos grãos de areia, em uma amostra, para determinação do agente transportador e do ambiente deposicional do grão. As dificuldades do método residem, especialmente, na ocorrência de variações e de tipos intermediários de padrões texturais.

Com o advento da microscopia eletrônica, no final da década de 1930, as observações até então feitas, apenas, com microscópio óptico, passaram a ser complementadas por

um instrumento de maior poder de resolução e aumento. Coube a *Folk & Weaver* em 1952 a introdução do microscópio eletrônico nas ciências geológicas.

Texturas superficiais de grãos de areia foram, pela vez primeira, estudadas ao microscópio eletrônico, somente em 1962, por *Biederman, Krinsley & Takahashi, Kuenen & Perdok e Porter*.

Estes trabalhos pioneiros tiveram um caráter mais empírico, apenas identificando feições existentes em grãos minerais de depósitos de diversos ambientes sedimentares.

Biederman (1962), por exemplo, apresentou sete fotomicrografias de texturas superficiais encontradas em grãos de sedimentos de praia, duna, laguna costeira e mangue.

Krinsley & Takahashi (1962a) compararam texturas superficiais obtidas artificialmente, com as naturais observadas na superfície de grãos de areia de praias e dunas. Esses mesmos autores em 1962 (b), dando continuidade às pesquisas nessa linha, confrontaram texturas superficiais de grãos minerais de origem, comprovadamente, glacial, com as daqueles submetidos, em laboratório, a condições análogas. Feições consideradas diagnósticas de ação glacial foram, então, reconhecidas e utilizadas na identificação da origem de depósitos antigos, supostamente glaciogênicos.

Kuenen & Perdok (1962), por sua vez, investigaram a importância dos agentes químicos no fosqueamento e "desfosqueamento" de grãos de quartzo. Tais feições foram atribuídas à ação mecânica do vento, água e, principalmente, química, em ambiente desértico, através de soluções corrosivas, ou de alternância de dissolução e deposição de material silicoso. Fosqueamento artificial foi obtido por *Kuenen & Perdok (1962)*, fervendo grãos de quartzo em solução concentrada de NaOH (hidróxido de sódio), durante vinte quatro horas.

Ainda neste mesmo ano, *Porter* classificou as texturas superficiais em lobada, desgastada ("abraded"), corroída, polida e facetada, relacionando a frequência de cada tipo à granulometria. Tal sistematização foi, mais tarde, parcialmente, abandonada.

Em 1964, *Krinsley & Takahashi* adaptaram a técnica de replicagem, já conhecida em microscopia eletrônica de transmissão, à observação de texturas superficiais de grãos de quartzo. A partir dessa época, tais estudos intensificaram-se de maneira extraordinária. Outra decorrência das investigações de *Krinsley* e colaboradores (*Krinsley et al. 1964*) foi a possibilidade de diagnosticar a história múltipla de sedimentos, através da interrelação de texturas superficiais. Constataram que texturas superficiais indicativas de origem glacial de areias de praias de Long Island

Nova York, E.U.A., teriam sido, paulatinamente, alteradas, durante transporte marinho, ao longo do litoral, desaparecendo, por fim, a uma distância superior a 32 km da origem. Dois modelos ambientais relacionados à frequência de colisão das partículas, durante transporte marinho, foram propostas para explicar a substituição gradativa das feições. O artigo encerra, pois, uma das primeiras tentativas de tratamento quantitativo de dados texturais. Concluíram, ainda, que certas marcas peculiares, em forma de "v", representariam indentações produzidas pela colisão entre grãos, em meio aquoso turbulento, e que as texturas superficiais observadas ocorriam independentemente da granulometria.

Krinsley & Funnell (1965) estabeleceram interessante critério para o reconhecimento de texturas superficiais de diferentes ambientes, com base no exame de sedimentos de história deposicional complexa, provenientes do Pleistoceno de Norfolk, Grã-Bretanha. Confirmaram, assim, conclusões, previamente, obtidas a partir do conteúdo faunístico e das características sedimentares gerais, além de fornecerem novos elementos para o melhor entendimento da história ambiental dos grãos examinados.

Texturas superficiais de areias de terraço marinho da Flórida, E.U.A., examinados por *Mather (1965)*, permitiram também o levantamento de uma história ambiental comple

xa, porém consistente com aquela derivada de evidências geológicas e sedimentológicas.

Outra aplicação da técnica foi relatada por *Krinsley & Newman (1965)* que estudaram amostras submarinas do intervalo Plio-Pleistoceno, e propuseram reconhecer o limite entre as duas unidades pelo exame de texturas superficiais. Segundo eles, o primeiro aparecimento de grãos contendo feições glaciais constituiria um critério de fácil identificação e de uso amplo para fixação do início do Pleistoceno.

Margolis (1966a) estudou feições texturais superficiais de origem mecânica ou química, relacionando-as à energia do meio e à granulometria. Concluiu que, em praias de baixa energia, a dissolução química constituía o fator principal na formação de marcas triangulares orientadas cristalograficamente. Em grãos de areias de praias de nível de energia moderada a alta, em que a ação mecânica seria dominante, predominariam formas em "v" irregulares, resultantes da colisão de um grão contra o outro. Além disso, a presença de feições de origem mecânica ou química, relacionar-se-ia com a granulometria. Assim, em grãos de diâmetro superior a 1mm, haveria predomínio de feições mecânicas, enquanto nos de granulação menor, seriam mais frequentes as evidências de ação química. Esta conclusão corroboraria a hipótese de

Kuenen (1960) de que a partir de certo diâmetro crítico, a ação mecânica não modificaria a textura superficial dos grãos de quartzo.

Outra interessante contribuição foi apresentada por *Margolis (1966b)* que confirmou a origem, em ambiente misto, de depósitos caulínicos da costa da Georgia, E.U.A., a través do exame de texturas superficiais de grãos de quartzo associados.

Até 1966, portanto, os estudos de texturas superficiais ao microscópio eletrônico restringiram-se, no geral, ao exame de grãos de sedimentos cenozóicos ou recentes.

Devem-se a *Hamilton & Krinsley (1967)* as primeiras tentativas de aplicação da técnica a sedimentos mais antigos, com o fito de identificar texturas diagnósticas de sua origem. Embora, somente, cerca de 50% dos grãos examinados de depósitos, supostamente, glaciais, neopaleozóicos (gondvânicos) da África do Sul e Austrália, exibissem texturas mecânicas primárias, estas incluíam feições características de grãos glaciais atuais. Os mesmos autores (1967) chamaram atenção para o efeito obliterador da dissolução química post-deposicional na superfície de grãos de quartzo fósseis, o que estabeleceria uma limitação à utilização da técnica no estudo de sedimentos pré-cenozóicos.

Rocha-Campos et al. (1967; 1968a) verificaram tam-

bém que texturas consideradas diagnósticas de origem glacial ocorrem em grãos de quartzo de diamictitos neopaleozóicos da Bacia do Paraná. Observaram ainda (1968b) feições indicativas de ação eólica em amostra do arenito Botucatu (Eocretáceo), de Mato Grosso.

A importância da ação química na produção de feições secundárias, durante a diagênese, foi investigada, inicialmente, por Wolfe (1967) e Krinsley & Donahue (1968a,b). O primeiro observou os efeitos da dissolução química sobre a superfície de grãos de quartzo, durante os últimos estágios da diagênese de um conglomerado cretácico da Irlanda do Norte. Krinsley & Donahue (1968a) interpretaram, como feições diagenéticas pós-deposicionais, texturas exibidas por Soutendam (1967) e consideradas como comuns, tanto a grãos trabalhados em ambiente fluvial, quanto aos de origem desértica.

Em trabalho posterior, esses mesmos autores (1968b) reconheceram quatro classes de texturas superficiais diagenéticas, que teriam afetado grãos de quartzo detríticos, dispersos em calcário. As feições observadas foram agrupadas nas seguintes categorias: a) superfícies cristalinas ("crystal surfaces"); b) superfícies de dissolução ("solution surfaces"); c) estrias de dissolução sob pressão ("pressure solution striations") e; d) superfícies de fraturas

("fracture surfaces"). *Krinsley & Donahue (1968b)* discutiram ainda as possíveis causas da formação dessas feições.

A partir do exame de 4000 grãos de areias de ambientes atuais diversos, *Krinsley & Donahue (1968c)* compilaram o primeiro glossário de texturas superficiais recentes e antigas. Esses autores ofereceram hipóteses a respeito dos mecanismos sedimentares responsáveis pela formação das diversas texturas. Ilustraram e discutiram, ainda, feições diagenéticas e outras obtidas, artificialmente, em laboratório, procurando reproduzir condições ambientais naturais. É interessante notar não terem, então, os autores identificado feições diagnósticas de transporte fluvial e ação de correntes de turbidez.

Silberman (1969) estudou texturas superficiais de grãos de sedimentos, dragados próximos ao Estreito de Bering que evidenciariam o seu caráter antigo. O grande número de grãos, com feições de origem química, sugeria que os depósitos da plataforma continental dessa região eram anteriores, pelo menos, à glaciação Wiscosin, em concordância, pois, com a história geológica já conhecida.

Hornby & Scott (1969) introduziram uma nova técnica de replicagem aplicada ao exame de grãos de quartzo ao microscópio eletrônico. O emprego de vibrador ultrasônico na limpeza dos grãos, contudo, torna a técnica desaconsel-

lhável, podendo causar destruição de possíveis texturas diagnósticas.

Conquanto o excelente poder de resolução e as grandes ampliações possibilitadas pelo microscópio eletrônico de transmissão, este apresenta certas desvantagens em relação ao microscópio eletrônico de varredura, no estudo de texturas superficiais de grãos de quartzo. Dentre as limitações pode-se lembrar, por exemplo: a) a inevitável utilização de réplicas, do que decorre a reprodução somente parcial da superfície de cada grão, exigindo, assim, maior número de espécimes, de qualidade variável; b) o tempo relativamente grande consumido na elaboração de cada réplica; c) os cuidados exigidos para o sombreamento adequado e as dificuldades de interpretação correta do relevo dos grãos; d) a estabilidade variável das réplicas ao feixe de elétrons e, finalmente; e) os problemas de limpeza da superfície dos grãos, mormente, nos casos de sedimentos antigos.

Em virtude dessas desvantagens, o microscópio eletrônico de varredura, surgido em 1965, foi, paulatinamente, ganhando terreno no estudo de texturas superficiais de grãos, publicando-se os primeiros resultados já, em 1968 (*Busson e Sandberg & Hay*).

Stieglitz (1969) estudou texturas superficiais de grãos de quartzo e de minerais pesados e concluiu que mui-

tas delas, eram, provavelmente, herdadas, sob a influência de características mineralógicas dos grãos, modo de cristalização, e mesmo fraturamento da rocha matriz.

Estudos de textura superficial de grãos de quartzo da plataforma continental de Berkner Bank, Mar de Wedell, na Antártida, realizados por *Rex & Margolis (1969)* corroboraram a hipótese de que essa região esteve exposta, durante um período interglacial, no Terciário. Dando continuidade a essas pesquisas *Rex et al. (1970)* desenvolveram um estudo sobre possíveis "paleodunas" da plataforma continental do Mar de Wedell, Antártida, comprovando, mais uma vez, a hipótese de ocorrência de um período interglacial terciário, quando pelo menos parte desse continente esteve livre de sua calota polar.

Landim (1970; 1972) registrou, novamente, a presença de feições superficiais diagnósticas de origem glacial em grãos de quartzo de diamictitos neopaleozóicos da Bacia do Paraná.

Smalley & Cabrera (1970) identificaram feições glaciais e de origem química na superfície de grãos de quartzo de loess do Canadá. As feições de origem glacial das partículas utilizadas por esses autores foram discutidas por *Warnke (1971)*, que as considerou como não conclusivas.

Hodgson & Scott (1970) combinaram o estudo de textu

ras superficiais ao microscópio eletrônico com análises granulométricas de um arenito carbonífero da Grã-Bretanha, interpretado como de origem praial, com possíveis contribuições de material litorâneo, aluvionar e sub-litorâneo. Grãos de ambiente praial determinados, sedimentologicamente, segundo parâmetros de *Folk & Ward (1957)* apresentaram, realmente, conjunto de feições diagnósticas de ambiente marinho, estando, por sua vez, ausentes nas amostras identificadas como de origem fluvial.

Um desenvolvimento importante do estudo das texturas superficiais foi aventado por *Cook & Krinsley (1971)*. Concluíram eles, que o estudo de texturas superficiais de complexos sedimentares costeiros pleistocênicos é bastante útil na determinação do ambiente deposicional, e da idade relativa das unidades estratigráficas amostradas. A técnica forneceria, além disso, elementos para a identificação de altitude máxima média do nível do mar, no intervalo considerado e do transporte lateral de sedimentos, ao longo das linhas de costa pleistocênicas.

Estudos de fosqueamento de grãos em ambientes eólico e subaquoso realizados por *Margolis & Krinsley (1971)* revelaram que a duração e intensidade do vento, condicionariam a formação de placas salientes ("upturned plates"). Segundo estes autores, areias sujeitas a ventos persistentes e abra

são intensa, cujos grãos exibissem placas salientes, agudas e abruptas, revelariam um grau mais elevado de refletividade, que grãos contendo placas formadas por ação química, durante períodos de pouco vento. Seria, então, possível detectar diferenças nos regimes dos ventos ligados à deposição de areias fósseis, analisando-se a quantidade relativa do tamanho das placas e o grau de polimento por ação química. Isto só seria possível, não obstante, nos casos em que a diagênese não tenha provocado precipitação química.

A possibilidade de identificar-se intemperismo químico de ambiente tropical foi explorada por *Doornkamp & Krinsley (1971)*. Descreveram cinco tipos principais de feições relacionadas a tal ambiente, reconhecíveis mesmo em sedimentos antigos, em condições de diagênese não muito intensa, quais sejam: a) pontuação de dissolução ("solution pits"); b) sulcos de dissolução ("solution crevasses"); c) dissolução química ao longo da estrutura do quartzo ("chemical etching along quartz structures"); d) blocos provavelmente resultantes de concrecimento ("blocky forms probably resulting from swelling") e; e) desintegração dispersa da superfície do grão ("widespread disintegration of the grain surface").

Um excelente exemplo de aplicação adequada da análise de texturas superficiais ao estudo de sedimentos cenozóicos foi divulgado por *Margolis & Kenneth (1971)*. Os autores

utilizaram o tratamento quantitativo para o estudo da distribuição de certas feições diagnósticas, concluindo que a densidade de marcas de impacto em forma de "v", sobre grãos de areia, relacionar-se-ia de acordo com a energia do meio aquoso.

O tratamento proposto permitiria a discriminação de grãos de areia de rios, praias e turbiditos de águas rasas ou profundas. Discutiram, também, critérios para separação entre grãos de areia carreados pelo gelo e grãos transportados por correntes de turbidez para o fundo do mar.

Blackwelder & Pilkey (1972) identificaram feições mecânicas de origem glacial e praial, em grãos de sedimentos da plataforma continental atlântica dos E.U.A., e sugeriram que o teor de carbonato de cálcio nos sedimentos influenciaria a percentagem de feições mecânicas produzidas por impacto entre os grãos. Quantidades maiores de carbonato de cálcio reduziriam o impacto quartzo-quartzo entre os grãos, aumentando a importância das texturas resultantes de dissolução.

Setlow & Karpovich (1972) aventaram a hipótese de que diferentes processos mecânicos, ocorrentes em geleiras e praias, seriam responsáveis pelo aparecimento de fraturas concóides ou irregulares, na superfície de grãos minerais. A separação entre grãos dos diversos ambientes seria, somente, possível através da análise da frequência das microtextu-

ras, em adição a outras informações sedimentares.

Texturas superficiais e parâmetros granulométricos foram utilizados por *Nordstrom & Margolis (1972)* para identificação de sedimentos remanescentes de "paleopraias", alguns, provenientes da plataforma continental californiana. Teriam sido depositados sobre a plataforma externa, durante a última regressão do nível do mar.

Pittman (1972) estudou os fenômenos de dissolução por pressão e sobrecrecimento cristalino em arenitos, procurando estabelecer a sequência do seu desenvolvimento. Superfícies de dissolução por pressão, por exemplo, poderiam conter série de cristas e sulcos dispostos radialmente junto a margem.

Barbaroux et al. (1972) exploraram a possibilidade do estudo de texturas superficiais para determinação do processo predominante e sua intensidade, em diversos ambientes sedimentares. Mesmo em casos de retrabalhamento, julgaram os autores ser possível reconhecer a tipologia dos sedimentos de origem dos grãos examinados e separá-los, de acordo com as diferenças apresentadas pelas várias fontes. Reconheceram fases diagenéticas ou pedogênicas e discriminaram os efeitos de lixiviação e concrecionamento. Limites entre as diversas fácies observadas, foram delineados com base nas texturas superficiais analisadas.

Críticas à utilização indiscriminada da análise de texturas superficiais foram expostas por *Brown (1973)*. Segundo ele, a técnica permitiria definir combinações de parâmetros físicos, atuantes na produção de determinada textura, e que poderiam ocorrer em diferentes ambientes sedimentares.

Através do estudo de texturas superficiais de grãos de quartzo de areia de primeiro ciclo, de Montara Beach, na Califórnia, E.U.A., *Ingersoll (1974)*, no entanto, comprovou a formação de feições consideradas diagnósticas de ambiente de praia de alta energia, concluindo pela validade da técnica. Salientou, contudo, precauções a serem tomadas, em virtude das incertezas ainda existentes sobre a origem das feições e causadas pela história ambiental complexa de certos grãos.

Um marco importante no desenvolvimento do estudo de texturas superficiais foi o surgimento do atlas de *Krinsley & Doornkamp*, em 1973. Trata-se de uma compilação extensiva de dados, obtidos por vários autores, que tornam evidente a grande utilidade do estudo de texturas superficiais em Sedimentologia.

O problema da origem do fosqueamento de grãos foi retomada com base no estudo de sedimentos da plataforma continental da Groenlândia, geralmente considerados oriundos de dunas periglaciais pleistocênicas. O padrão de fosqueamento denominado por *Slatt (1973)*, fosqueamento por dissolução abrasiva ("abrasion solution frosting") seria, na verdade, resultante da ação combinada de desgaste mecânico e dissolução química, agindo sobre grãos

de praia.

Os fatores físicos e químicos que produzem microfeições na superfície de grãos de quartzo, de diferentes ambientes sedimentares, foram discutidos por *Margolis & Krinsley (1974)* que procuraram relacioná-las às propriedades cristalográficas do mineral. Dentre as conclusões atingidas pelos dois autores, incluem-se algumas fundamentais à correta interpretação das feições texturais, em termos de ambientes de formação. Verificaram por exemplo, existir uma significativa relação entre o tamanho do grão e meio de transporte e a ocorrência de diferentes tipos de fraturas e fraturas de clivagem. A formação de placas salientes e marcas de impacto em "v", subaquosas, seriam influenciadas pela clivagem do quartzo. Feições decorrentes de fratura e clivagem, por sua vez, controlariam a dissolução e precipitação químicas na superfície de grãos detríticos de quartzo. Tais observações tornam óbvia a complexidade da interpretação ambiental das feições, mostrando ser necessário um exame sistemático e quantitativo das texturas mecânicas e químicas, em um número mínimo de grãos por amostra.

Riezebos & Van der Walls (1974) apontaram algumas razões para aparente falta de um padrão consistente de texturas superficiais, em grãos de quartzo de ambiente fluvial. Estas seriam: a grande heterogeneidade das assembléias de quartzo presentes em muitos rios, provenientes de várias formações petrológicamente variadas, e as diferentes condições de intemperism

mo a que foram submetidos, às quais se associam, ainda, o polimento rápido durante o transporte aquático.

Whalley & Krinsley (1974) observaram texturas superficiais de grãos de quartzo de vários subambientes glaciais recentes porém, não verificaram diferenças significativas, entre material sub-glacial e supraglacial.

Através do estudo comparativo de texturas superficiais de grãos tratados quimicamente, em laboratório, *Subramanian (1975)* concluiu que o uso de texturas superficiais como índice de condições de sedimentação seria somente válido, no caso de se dimentos recentes, restrição essa já comentada anteriormente.

Hillman et al. (1975) notaram a singularidade de texturas de corrosão em grãos de quartzo de diferentes histórias geológicas : hidrotermal, metamórfica e sedimentar verificando uma distribuição específica dos diversos tipos de texturas. O estudo de grãos de quartzo residual, no solo, poderia desta forma ter aplicação no mapeamento de áreas sob manto de intemperismo.

Uma compilação extensiva de numerosos tipos de feições mecânicas e químicas de grãos de quartzo aparece em *Le Ribault (1975)*, de grande utilidade para a identificação dos diversos tipos de texturas superficiais.

Um novo tipo de textura superficial constituído de marcas em crescente coaxiais foi descrito por *Folk (1975 ; 1977)* na superfície de grãos de granada de praias do lago Erie, Ontário,

Canadá. A similaridade entre estas texturas e as marcas em crescente glaciais que ocorrem sobre pavimentos erodidos pelo gelo e em clastos de tills e tilitos, levou *Folk* a interpretá-las como indicativas de origem glacial.

Sedimentos de provável origem glacial, porém de idade neopaleozóica, estudados por *Landim et al.* (1975) mostraram texturas indicativas de origem eólica superpostas às de origem glacial, primárias, indicando retrabalhamento de grãos.

A origem multicíclica eólica e/ou marinha dos sedimentos cenozóicos da parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul foi demonstrada por *Krauspenhar et al.* (1976), através de um estudo de texturas superficiais, corroborando dados geológicos sobre a área (*Villwock, 1972*). Tais estudos foram, na verdade, o ponto de partida, da atual pesquisa.

A análise estatística da ocorrência de texturas superficiais de grãos de quartzo de ambiente eólico e subaquoso realizado por *Baker Jr.* (1976) na costa do Texas, E.U.A., demonstrou igualmente, a potencialidade do método na distinção de subambientes de uma planície costeira.

Bull (1977) registrou marcas em crescente coaxiais idênticas as descritas por *Folk* (1975; 1977), em grãos de quartzo espélicos associados a texturas de origem química, não as tendo constatado em amostras que exibem conjuntos normais de feições glaciais típicas. Preferiu interpretar estas marcas como decorrentes de modificações diagenéticas (químicas), posteriores à diagenese inicial da rocha matriz.

Essa mesma questão foi discutida por *Krauspenhar & Rocha-Campos* e *Rocha-Campos & Krauspenhar (no prelo)* que registraram marcas em crescente coaxiais em grãos de areia da Província Costeira do Rio Grande do Sul. As evidências disponíveis (forma, distribuição e associação) indicaram uma origem mecânica para esta textura, e evidentemente não privativa de ambiente glacial como proposto por *Folk (1975;1977)*.

A análise da sinopse histórica acima exposta permitiu-me chegar as seguintes conclusões, que nortearam o desenvolvimento desta pesquisa:

a) o estudo de texturas superficiais de grãos ao microscópio eletrônico é mais eficaz, para sedimentos cenozóicos onde as possíveis feições diagnósticas não são obliteradas por efeitos químicos (diagenéticos e intempéricos (*Hamilton & Krinsley, 1967; Coch & Krinsley, 1971; Margolis & Kenneth, 1971*)).

b) as interpretações obtidas pela observação de texturas superficiais devem basear-se no exame de feições exibidas por um conjunto de grãos (mínimo 15). (*Krinsley & Doornkamp, 1973; Margolis & Krinsley, 1971.*)

c) a presença de feições texturais de origem mecânica ou química estaria relacionada com a granulometria e energia do meio. (*Margolis, 1966.*)

d) utilização de tratamento quantitativo para o estudo da distribuição de feições texturais na visualização de ambientes deposicionais. (*Margolis & Kenneth, 1971.; Margolis & Krinsley, 1971; 1974.*)

e) nenhuma feição, isolada, é diagnóstica de qualquer ambiente deposicional. As conclusões devem basear-se em conjunto de feições associadas. (*Margolis & Krinsley, 1971;1974; Krinsley & Doornkamp, 1973*).

3. METODOLOGIA

CAMPO. As amostras utilizadas no presente estudo provêm de afloramentos das formações Itapoã, Chuí (Pleistoceno) e Quinta (Holoceno), ao longo da Rodovia RS-040, que liga Porto-Alegre-Viamão ao Balneário do Pinhal, na Província Costeira do Rio Grande do Sul.

A rodovia RS-040 cruza, perpendicularmente, os diversos depósitos sedimentares cenozóicos que constituem a parte norte da barreira múltipla da Lagoa dos Patos, sendo portanto, neste particular, adequada para a amostragem sistemática. O único inconveniente relaciona-se com a raridade de afloramentos, o que me obrigou coletar as amostras não só em cortes da rodovia, como também, em alguns casos, junto às margens de canais de irrigação. Em todos os casos, procurou-se evitar a coleta de sedimentos superficiais, tendo em vista a possibilidade de apresentarem um grau de intemperismo mais elevado.

O plano de coleta adotado visou a obtenção de amostras de todas as unidades estratigráficas e geomórficas da barreira múltipla, de acordo com o mapa geomorfológico compilado por *Villwock (1972)*.

De cada unidade foi tomada, no geral, uma amostra;

somente em alguns poucos casos (barrancos de rios, cortes de estrada, dunas), foi possível a obtenção de mais de uma amostra correspondendo a parte basal, média e superior do afloramento.

As amostras coletadas, inicialmente em número de dezenove, foram numeradas de I a XIV, correspondentes aos locais descritos abaixo (Fig. 1):

Amostra I : corte do lado direito da rodovia, km 45,5. Areias da parte basal da Formação Itapoã. Corresponde a depósitos da primeira barreira.

Amostra II : corte do lado direito da rodovia, km 52,1. Amostras de areias silticas da parte inferior, média e superior do afloramento (parte basal da Formação Itapoã). A fração siltica parece corresponder a alteração de minerais feldspáticos. Corresponde, igualmente, a depósitos da primeira barreira. (Fig. 2).

Amostra III: afloramento do lado direito da rodovia, km 60,1. Areias do Membro Santa Vitória. Corresponde a depósitos da segunda barreira.

Amostra IV: margem esquerda do canal de irrigação do lado direito da rodovia, km 72. Areias do Membro Santa Vitória, Formação Chuí. Corresponde, igualmente, a depósitos da segunda barreira.

(Seg. ZELTZER, 1976)

LEGENDA

- Fm. QUINTA (HOLOCENO)
- Fm. ITAPOÃ (PLEISTOCENO Sup.)
- Fm. CHUI, Mb. STA. VITÓRIA (PLEISTOCENO Sup.)
- Fm. CHUI, Mb. TAIM (PLEISTOCENO Sup.)

○ PONTOS DE COLETA

(Seg. VILLWOCK, 1972)

LEGENDA

- LIMITES DE BARREIRAS
- LIMITES DE TERRAÇOS LAGUNARES

Fig.1 Localização da área de estudo.

Fig.2. Afloramento de areias da parte basal da Formação Itapoã.

Fig.3. Areias da Formação Chuí; margem direita do rio Capivari.

Amostra V : barranco à margem direita do rio Capivari, no lado esquerdo da rodovia, km 73. Corresponde a margem lagunar da segunda barreira. (Fig. 3).

Amostra VI : mesmo local acima; barra fluvial atual.

Amostra VII: corte do lado direito da rodovia, km 83. Areias do Membro Santa Vitória, Formação Chuí. Corresponde a depósitos da segunda barreira. (Fig. 4).

Amostra VIII: afloramento à margem direita do canal de irrigação a cerca de 20 metros do lado direito da rodovia, km 88. Areias do Membro Taim, Formação Chuí, Corresponde a depósitos da segunda barreira. (Fig. 5).

Amostra IX : lado direito da rodovia, a 10 metros do leito desta, km 95. Areias do Membro Taim, Formação Chuí, coletadas a 50 cm de profundidade. Corresponde a depósitos da terceira barreira.

Amostra X : corte do lado direito da rodovia, km 98. Parte inferior, média e superior do afloramento, dunas longitudinais fixadas, da Formação Itapoã. Corresponde a depósitos da terceira barreira. (Figs. 6 e 7).

Amostra XI : dunas atuais a cerca de 800 metros da praia, já no Balneário do Pinhal (duas amostras). Areias da Formação Quinta. Corresponde a depósitos da quarta barreira. (Fig. 8).

Amostra XII: areias de pós-praia do Balneário do Pinhal (For

Fig.4. Morfologia da Província Costeira (Formação Chuí).

Fig.5. Afloramento de areias da Formação Chuí.

Fig.6. Estratificação plana, deformada e estruturas de sobrecarga de areias de dunas. (Formação Itapoã).

Fig.7. Duna longitudinal fixada (Formação Itapoã). Notar estratificação horizontal.

Fig.8. Duna transversal atual da Planície Arenosa (Formação Quinta).

Fig.9. Praia e falésia atual (Balneário Pinhal).

mação Quinta). Corresponde a depósitos da quarta barreira.

Amostra XIII: parte basal da falésia atual junto à praia do Balneário do Pinhal (Formação Quinta). Corresponde a depósitos da quarta barreira. (Fig. 9).

Amostra XIV: areias da região intermarés da praia do mesmo local (Formação Quinta). Corresponde a depósitos da quarta barreira.

LABORATÓRIO. As amostras coletadas foram preparadas para exame ao microscópio eletrônico segundo a técnica descrita por *Krinsley & Takahashi (1964)*. Algumas adaptações, no entanto, fizeram-se necessárias em decorrência de tratar-se as amostras em estudo, de areias quartzosas holocênicas, pouco a não consolidadas.

A técnica em si, compreende cinco etapas, quais sejam: preparação, replicagem, sombreamento, remoção da película de acetato e fotomicroscopia.

Preparação. Nesta fase inicial, separei parte de cada amostra coletada, aproximadamente 100 gramas, a qual convenicionei denominar subamostra. Uma a uma estas subamostras foram, então, lavadas com água corrente em um elutriador, a fim de que fossem separadas de suas frações argilosas. As frações arenosas retidas no elutriador, levadas à estufa, se

caram, em temperatura constante entre 50 a 60° C. Ao serem retiradas da estufa, foram peneiradas.

Algumas amostras contendo alto teor em matéria orgânica, exigiram tratamento adicional, com peróxido de hidrogênio e 10%, para sua eliminação.

Tendo em vista, a granulometria das amostras, nas quais predominam as classes fina a muito fina, utilizei, preferencialmente, grãos de quartzo, de diâmetro variando entre 0,25 μ a 0,50 μ , em média, 0,35 μ .

Tal situação, evidentemente, encerra algumas limitações à observação dos diversos tipos de feições superficiais, químicas e mecânicas, cuja ocorrência varia de acordo com a granulometria dos grãos, segundo *Margolis (1966a)* e *Krinsley & Doornkamp (1973)*. Uma vantagem de ordem prática adveio, contudo, da granulometria utilizada, em virtude da maior facilidade de manipulação de grãos desse tamanho, nas fases de moldagem e separação da película de acetato.

A seleção final dos grãos de cada subamostra, a serem replicados, exige, ainda, o seu exame à lupa binocular, para escolha dos mais limpos. Evitei, também, partículas que apresentassem formas, obviamente, cristalinas.

Replicagem e Sombreamento. Em uma etapa seguinte, sobre uma lâmina de vidro previamente revestida por uma película de a

acetato de 2 cm de largura, foram espalhadas 3 a 4 gotas de uma solução replicante a base de acetona, que, despolimerizando a película, permitiu a moldagem dos grãos salpicados sobre a mesma. Elaborei 3 a 5 lâminas, conforme fez-se necessário, para cada subamostra.

As lâminas foram mantidas em temperatura ambiental, até endurecimento, por repolimerização do acetato da película plástica, formando-se assim, os moldes dos grãos. Estes, sob uma lupa binocular, foram removidos, com auxílio de uma espátula, restando, somente, os seus moldes externos.

Em virtude da película de acetato ser demasiado espessa para permitir o fluxo de elétrons, tornou-se necessário a obtenção de uma réplica do molde sob a forma de uma película delgada de material estável e permeável ao fluxo de elétrons. Utilizei, para este fim, carbono espectrográfico depositado perpendicularmente.

A fim de produzir um efeito tridimensional que permite evidenciar a morfologia das texturas existentes na superfície dos grãos, as lâminas foram metalizadas ("sombreadas") com cromo granulado depositado sob um ângulo de 35 a 40°, em um evaporador de alto vácuo Varian VE-10.

Remoção da película de acetato. A etapa seguinte abrangeu a liberação da película metalizada do acetato. As lâminas metalizadas foram examinadas sob uma lupa binocular para minu

ciosa seleção dos melhores moldes, então destacados com auxílio de uma navalha. Os fragmentos de acetato, contendo as réplicas dos grãos, foram arrumados um a um, sobre telinhas de cobre, de 3 mm de diâmetro e 200 mesh. As telinhas foram, em seguida, tratadas em uma unidade de refluxo de acetona para liberação das réplicas metálicas, através da dissolução da película de acetona, que se encontram então prontas para exame ao microscópio eletrônico.

Fotomicroscopia. Pelo menos 20 telinhas por subamostra foram sistematicamente, submetidas a exame ao microscópio eletrônico, JEOL 50 B.

Áreas das réplicas exibindo texturas superficiais foram examinadas e fotografadas, utilizando-se, preferencialmente, aumentos diretos de 1 000 vezes. Apenas, alguns detalhes, foram examinados em aumentos diretos maiores, de 1,5 a 2 000. A película fotográfica utilizada, KODAK PANATOMIC - X 35 mm, atendeu a todas as especificações exigidas.

Os negativos foram revelados, obedecendo a um esquema standardizado. As ampliações fotográficas posteriores permitiram um aumento máximo, no geral, de 5 000 vezes, e 7,5 a 10 000 vezes para feições específicas.

Os dados sobre os diversos tipos de texturas superficiais identificadas, sua distribuição, em alguns casos,

sua densidade e interrelações foram, sistematicamente, cole-
tados em tabelas especialmente preparadas, adaptadas de
Krinsley & Doornkamp (1973), *Margolis & Kenneth (1971)* &
Margolis & Krinsley (1971; 1974).

4. DEFINIÇÃO E MODO DE FORMAÇÃO DAS TEXTURAS

CONTORNO. Utilizei tabela comparativa segundo *Russell, Taylor & Pettijohn* (*apud Müller, 1967*), na qual o contorno é classificado em angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem arredondado. Os grãos das amostras estudadas incluem-se entre subarredondado a bem arredondados, predominando os arredondados. A análise desta feição textural serviu, somente, para uma avaliação preliminar da possível existência de diferenças fundamentais entre as amostras examinadas em termos de "mega-texturas" o que não foi, contudo, de todo comprovado.

RELEVO. Foi avaliado nas fotomicrografias através do exame comparativo dos efeitos do sombreamento metálico e classificado em baixo ($<0,5\mu$), médio ($>0,5\mu < 1,0$) e alto ($>1,0\mu$). (*Margolis & Krinsley, 1974*). Muitos grãos mostraram variação de relevo nas diversas partes de sua superfície, e, neste caso, o grau de relevo mais frequente em cada grão foi levado em conta para efeito de diagnose de processos atuantes nas amostras de sedimentos examinados.

BLOCOS. São saliências de comprimento, largura e altura variáveis delimitadas por fraturas de vários tipos (*Krinsley &*

Donahue, 1968). Foram subdivididos em duas categorias, de acordo com suas dimensões, em grandes ($>2\mu$) e pequenos ($<2\mu$). Ocorrem, principalmente em grãos provenientes de sedimentos depositados em condições subaquosas de energia moderada a alta, em ambientes diversos. Sua origem mecânica é geralmente aceita e embora pareça haver uma relação direta entre tamanho e abundância dos blocos e o nível de energia do meio, o modo de formação dessa textura não foi, ainda, perfeitamente estabelecido.

FRATURAS CONCÓIDES. São feições mecânicas resultantes de colisão de grãos arredondados geralmente maiores que 500μ , sob altas velocidades, durante o rolamento e saltação em ambiente subaquoso e subaéreo. Ocorrem em dimensões e abundâncias variáveis, em grãos de rochas graníticas recentemente intemperizadas (*Krinsley & Doornkamp, 1973* e *Margolis & Krinsley, 1974*). Podem apresentar diferentes aspectos de acordo com as pressões atuantes quando do atrito entre os grãos, como, por exemplo, em forma de prato (tensões uniformes), de taça, circulares, etc. Fraturas concóides contêm, muitas vezes, pequenas marcas onduladas, estreitas e alongadas, causadas, provavelmente, por fenômenos de propagação de ondas acústicas (*Kragelskii, apud Margolis & Krinsley, 1974*).

Fraturas concóides observadas em grãos eólicas são tipicamente maiores que as de grãos glaciais e de ambiente

subaquoso, medindo até 600μ em diâmetro, em grãos de $1\ 500\mu$. Tal característica permitiria a diferenciação de grãos eólicos dos de outros ambientes sedimentares.

Durante este estudo adotei a classificação de *Krinsley & Margolis*, 1974 que subdividiram as fraturas em grandes ($>2\mu$) e pequenas ($<2\mu$).

FRATURAS EM CRESCENTE COAXIAIS. São pequenas marcas semicirculares (menores que $0,5\mu$ a 1μ) que compõem conjuntos, relativamente, homogêneos nas suas dimensões e espaçamento. Os conjuntos tem comprimentos variáveis e são constituídos de poucas ou muitas marcas (4 a 22) nas amostras estudadas. Embora a disposição dos conjuntos, seja, no geral, localmente caótica, mostrando às vezes intersecção de seus eixos, o exame de uma área maior permite observar uma certa orientação preferencial dos conjuntos. Há também casos de disposição concêntrica. Segundo *Folk* (1975; 1977) e *Bull* (1977), estas feições formar-se-iam em ambiente glacial, ou por ação intempérica, química, em ambiente espélico, respectivamente. Em pesquisa realizada com os grãos de outros locais da Província Costeira do Rio Grande do Sul, *Rocha-Campos & Krauspenhar* e *Krauspenhar & Rocha-Campos* (no prelo) diagnosticaram para esta feição origem também em condições subaquosas de energia moderada a alta, não sendo, portanto, a mesma, por si só, elucidativa de qualquer ambiente sedimentar.

FRATURAS EM ARCO ISOLADAS. Denominei assim texturas formadas de reentrâncias, ligeiramente ou muito arqueadas, que ocorrem isoladas, ou em grupos, sem orientação preferencial, em geral em áreas alisadas da superfície dos grãos. Tem dimensões variáveis atingindo algumas, mais de 20μ de comprimento. Assemelham-se aos sulcos encurvados e aos sulcos em crescente (vide abaixo), porém os primeiros são mais estreitos e os segundos são limitados por duas fraturas.

Sua ocorrência parece estar comumente associada a de fraturas em crescente coaxiais, sulcos retos e encurvados e indentações em "v". Por esse motivo e devido a sua morfologia considere-as como feições de origem mecânica, provavelmente, resultantes de impacto sobre a superfície dos grãos. A associação acima sugere, da mesma forma, que as fraturas em arco seriam características de ambiente subaquoso, de energia moderada a alta.

DEGRAUS EM ARCO. São pequenas fraturas encurvadas, que ocorrem em grupos de 3 a 7 sobre uma superfície de fratura (concóide, em geral). Segundo *Krinsley & Donahue (1968)* é provável que representem fraturas de percussão.

SULCOS RETOS E ENCURVADOS. São reentrâncias retas ou encurvadas de 2 a 15μ de comprimento médio e de 1 a 5μ de largura. São observadas em grãos de areia de praias de energia moderada a al

ta e raramente em grãos de outros ambientes sedimentares, sendo bons indicadores de abrasão subaquosa (*Krinsley & Donahue 1968; Krinsley & Doornkamp, 1973 e Margolis & Krinsley, 1974*). Originam-se, possivelmente, quando a extremidade aguda de um grão em movimento risca a superfície de outro.

SULCOS EM CRESCENTE. Constituem-se de duas fraturas ligadas, em forma de meia lua ou crescente que ocorrem, na maioria das vezes, dispersas na superfície dos grãos, juntamente com fraturas em crescente coaxiais e outras feições de origem mecânica, o que poderia indicar uma gênese análoga.

Krinsley & Doornkamp (1973) ilustraram feições muito semelhantes, por eles denominadas marcas de percussão, aceitando, portanto, a hipótese de origem mecânica das texturas. As evidências disponíveis indicam serem estas feições comuns em grãos de ambiente subaquoso.

DEGRAUS SEMIPARALELOS. São pequenas fraturas de 1 a 5 de comprimento, que se dispõem em grupos semiparalelos, associados, geralmente, a grandes fraturas concóides. No presente caso, formam grupos de 4 a 9 elementos. Sua origem foi atribuída à ação de esforço cizalhante.

CRISTAS MEANDRANTES. Apresentam-se sob a forma de saliências meandrantes, finas e longas, situadas entre os limites de dois

blocos vizinhos. Segundo *Krinsley & Donahue (1968)* resultam do desgaste de blocos pelo impacto de um grão contra o outro, durante o transporte. A intersecção de fraturas concoides, ligeiramente curvas, formadas durante a colisão dos grãos produz o típico aspecto meandrante.

Embora feições semelhantes tenham sido observadas em grãos de ambiente subaquoso e glacial, as cristais meandrantes constituem textura muito característica de grãos eólicos.

PLACAS SALIENTES. Consistem de séries de placas estreitas e paralelas, geralmente orientadas na superfície dos grãos. Quando não afetadas por corrosão e precipitação, apresentam-se, além de recortadas, irregulares no tamanho. A orientação das placas parece fazer-se ao longo dos planos de clivagem do quartzo (*Krinsley & Smalley, 1973*) e o seu ângulo de disposição varia de acordo com o grau de curvatura da superfície dos grãos. Grãos de quartzo sujeitos a esforços mecânicos normalmente exibem esta textura que é muito frequente em grãos eólicos de desertos e dunas costeiras. *Krinsley & Tovey (no prelo, apud Margolis & Krinsley, 1974)* explicam sua formação através de ondas de choque dentro dos grãos acionados por impactos na superfície.

INDENTAÇÕES EM "v". Estas feições das mais diagnósticas,

tre as mecânicas, correspondem a pequenas depressões, ligeiramente triangulares, de tamanho variando de $0,1$ a 5μ , dispostas irregularmente sobre a superfície dos grãos. Sob grandes aumentos mostram bordas irregulares.

Aparecem com frequência sobre grãos de areia de ambientes subaquosos, nos quais ocorre grande número de impactos entre os grãos. Suas dimensões e densidades parecem ser função da energia de colisão e, portanto, do meio de transporte. Experiências de laboratório (*Margolis & Kenneth, 1971*) demonstraram existir um índice de saturação máximo de 7 indentações/ μ^2 , acima do qual a abrasão subsequente oblitera as texturas pré-existent.

Parece provável, também, que mais de uma indentação possa resultar de um único impacto entre dois grãos. Neste caso as depressões, geralmente, são menores que $0,5\mu$.

MARCAS TRIANGULARES. Embora muito semelhantes, diferem das indentações em "v" pela sua periferia mais regular, superfície interna relativamente plana e disposição isorientada, no geral formando grupos, sobre áreas de até mais de $2500\mu^2$, na superfície de grãos de quartzo. Sua forma é, ligeiramente, a de um triângulo isóceles, cujo ângulo apical varia de 38° a 45° e os basais de 65° a 70° , coincidindo, portanto, com os ângulos medidos entre as faces prismáticas do quartzo, segundo *Margolis (1968)*.

O seu tamanho varia, grandemente, desde menos de 1μ até no máximo de $1\ 000\mu$. Marcas triangulares de um único conjunto ou de uma área restrita da superfície dos grãos podem ser do mesmo tamanho ou variar em suas dimensões.

A origem das feições, em discussão, através de corrosão química parece inquestionável, a vista das características descritas.

Marcas triangulares ocorrem com frequência em grãos que estiveram imersos na água do mar (*Krinsley & Doornkamp*, 1973). Podem coexistir com as indentações em "v" e mesmo serem mais frequentes que estas em praias de baixa energia. Um aumento do nível de energia do meio produz um incremento no número das feições mecânicas, diminuindo por sua vez a densidade das marcas triangulares (*Margolis*, 1968).

INCISÕES CURTAS EM SÉRIES. São séries lineares, simples ou duplas de incisões semi-paralelas, em forma de cunha, cujo comprimento pode atingir até quase 1μ . Em virtude de sua disposição orientada e da forma triangular e regular das incisões, considere-as como decorrentes de corrosão química.

MICROPONTUAÇÃO. Aparecem sob a forma de depressões diminutas, com aspecto variado, mais comumente circular e subcircular, ou até mesmo alongado.

Krinsley & Donahue (1968) consideram a micropontu

ação como resultante de abrasão de grãos pelas partículas mais finas, durante transporte éolico. Nas amostras estudadas, a micropontuação está comumente associada a outras texturas cuja origem química é mais provável, o que me fez adotar a mesma origem para as feições em foco.

CORROSÃO QUÍMICA. Feições interpretadas como decorrentes de corrosão química. Correspondem a sulcos de profundidade e largura variáveis, dispostos na superfície dos grãos segundo um padrão anastomosado complexo. Assemelham-se grandemente a texturas ilustradas por *Krinsley & Donahue (1968)*, obtidas, artificialmente, em experimentos de laboratório. Podem ou não estar associadas a fenômenos de deposição de sílica em condições de diagênese ou intemperismo. Quando estas se tornam mais visíveis, preferi descrevê-las como texturas de corrosão/precipitação.

CORROSÃO E PRECIPITAÇÃO. São muito semelhantes as anteriores, porém incluem uma grande variedade de formas derivadas da deposição de sílica. De acordo com *Krinsley & Doornkamp (1973)*, tratam-se de feições proeminentes em ambiente diagenético. Nessas condições, a sílica pode ser removida de uma porção da superfície do grão e precipitada em outra área, através, por exemplo, de dissolução por pressão.

Os dois fenômenos podem, provavelmente, ocorrer al

ternadamente em um mesmo ambiente produzindo estas feições complexas sobre os grãos. *Kuenen & Perdok (1962)* referiram-se a uma situação similar que ocorreria em ambiente de desertos, através de variações diurnas e noturnas de condições de pH.

SOBRECRESCEMENTO CRISTALINO. São feições de forma irregular ou geométrica formadas pelo crescimento secundário de sílica sobre a superfície do grão. No segundo caso, incluem formas que obedecem padrões prismáticos retangulares com ângulos em torno de 90°, coincidindo assim com ângulos medidos na face romboédrica do quartzo (*Margolis, 1968*).

A origem dessa textura é, portanto, química, sendo comum em grãos submetidos a diagênese.

DEPÓSITOS DE SÍLICA. Sua forma varia grandemente, ocorrendo com frequência agrupadas constituindo figuras em roseta. Como o próprio nome já especifica, trata-se de feição originada da deposição de sílica sobre a superfície do grão.

SUPERFÍCIE DESGASTADA. As áreas alisadas dos grãos examinados exibem, comumente, uma textura fina, sob a forma de rugosidade extensiva, a qual se associam "crostas" de forma e tamanho diversos, decorrentes da deposição secundária de sílica. Trata-se, pois, ao meu ver de feição de origem química

envolvendo corrosão e deposição de sílica secundária. *Krinsley & Donahue (1968), estp.2*) ilustram textura muito semelhante que ocorre sobre grãos de quartzo de terraços marinhos, associados a marcas triangulares isorientadas interpretando-as como resultante de diagênese. O mesmo poderia ser o caso das amostras da Província Costeira do Rio Grande do Sul.

5. CONDICIONAMENTO GEOLÓGICO

A área abrangida pelo presente estudo corresponde a uma faixa transversal à parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul (*Villwock, 1972*) constituindo-se de um pacote de sedimentos, predominantemente arenosos, insolidados, cuja idade varia de pleistocênica a holocênica (Fig. 1). Trata-se de uma região de topografia essencialmente plana, cujas altitudes variam desde o nível do mar, a leste, até o máximo de 163 metros, a oeste.

Do ponto de vista geomorfológico, a área estudada abrange os dois compartimentos principais da Província Costeira, isto é, as Terras Altas de Porto Alegre e Viamão, a oeste, e a Planície Arenosa Litorânea, a leste. Os dois compartimentos estão separados por uma antiga escarpa de linha de falha, desenvolvida ao longo de fraturas antigas. A morfologia da Planície Arenosa Litorânea, por sua vez, é tipicamente terraceada, subdividida em três subunidades, a saber, a margem lagunar, barreira e margem oceânica (*Villwock, 1972*).

O entendimento da sucessão estratigráfica cenozóica da Província Costeira gaúcha tem sofrido sucessivas modificações, desde a proposição pioneira de *Delaney (1965)*.

Na presente pesquisa, preferi adotar o ponto de vista sintetizado por Zeltzer (1976) com base em contribuições de Jost (1971), Jost et al. (1971), Soliani Junior (1973), Soliani Junior & Jost (1976, apud Zeltzer, 1976) e Godolphin (1976, apud Zeltzer, 1976), que parece melhor se coadunar com a história sedimentar da Província Costeira.

De acordo com o citado esquema, a sequência examinada abrangeria as três formações (Chuí, Itapoã e Quinta) em que se subdivide o Grupo Paros (Delaney, 1965), as duas primeiras de idade neopleistocênica e a última, holocênica.

FORMAÇÃO CHUÍ. O nome é aqui utilizado para um conjunto de depósitos de areias quartzosas, siltes e argilas transgressivas-regressivas, incluindo depósitos litorâneos, interdigitados, lateralmente, com sedimentos lagunares (Zeltzer, 1976). A essas duas fácies principais correspondem, respectivamente, os dois membros em que a unidade se subdivide, Membro Taim e Membro Santa Vitória.

Membro Taim. Designa os depósitos litorâneos da Formação Chuí, constituídos de areias médias a finas, quartzosas, com pouco silte e argila (Delaney, 1965; Jost, 1971; Villwock, 1972; Soliani Junior, 1973 e Zeltzer, 1976). Apresenta-se, normalmente, recoberto por cordões de dunas longitudinais fossilizadas, acompanhadas de amplas áreas de aspersão

eólica.

Membro Santa Vitória. O nome foi proposto por *Soliani Junior* (1973) e redefinido por *Soliani Junior & Jost* (1976, apud Zeltzer, 1976). Corresponde à fácies lagunar da Formação Chuí constituída de siltes e argilas esverdeadas. Interdigi-ta-se com as areias do Membro Taim, evidenciando assim, de-posição penecontemporânea (*Zeltzer, 1976*).

FORMAÇÃO ITAPOÃ. A esta unidade (*Delaney, 1965*) correspondem depósitos de areias quartzosas de granulação fina a mé-dia, às quais *Jost* (1971) atribuiu uma origem principal-mente eólica. Suas relações de contato com os depôsi-tos da Formação Chuí indicam penecontemporaneidade par-cial (*Jost, 1971, Zeltzer, 1976*), sendo consideradas, no geral, como estratigraficamente mais jovens que aquela.

FORMAÇÃO QUINTA. Os sedimentos inconsolidados praiais, lagu-nares e eólicos do litoral gaúcho foram incorporados na Formação Quinta por *Godolphin* (1976, apud Zeltzer, 1976). Correspondem, litologicamente, a areias finas com siltes e argilas subsidiárias, provavelmente retrabalhadas das forma-ções precedentes.

A Figura 10 resume a classificação e nomenclatura estratigráfica das unidades ocorrentes na área de estudo. A posição estratigráfica das amostras utilizadas na presente

pesquisa estão também marcadas. Verifica-se que a amostragem abrangeu todas as unidades litoestratigráficas até o presente reconhecidas na parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul.

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	AMOSTRAS
C E N O Z O I C O	Q U A T E R N Á R I O	Holoceno	P A T O S	Quinta		XI, XII, XIII, XIV
		Pleistoceno		Itapoã		I, II, X
				Chuí	Santa Vitória	III, IV, V VI, VII
					Taim	VIII, IX

Fig. 10

Classificação e nomenclatura estratigráfica do Cenozóico da parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul (seg. Zeltzer, 1976).

De acordo com Villwock (1972), a parte norte da Província Costeira do Rio Grande do Sul compõe-se de uma sucessão de quatro sistemas de barreiras que formam a Barreira Múltipla da Lagoa dos Patos, cuja origem relacionar-se-ia com oscilações eustáticas ocorridas no intervalo neopleistoceno-holoceno (Soliani Junior, 1973; Zeltzer, 1976).

Com base em dados de geologia de superfície e sedimentológicos, Jost (1971) sugeriu que a deposição da Formação Chuí corresponderia, pelo menos em parte, a uma

sequência transgressiva-regressiva contendo evidências de sedimentação em condições marinhas rasas e de praias, pouco espessa (cerca de 50 metros), e lateralmente descontínua. Durante o episódio transgressivo ter-se-ia depositado a parte basal da Formação Chuí, enquanto que a sua parte superior equivaleria à deposição na fase regressiva, durante a qual formou-se, também, a Formação Itapoã. Esta representaria cordões de paleodunas associadas ao recuo do mar, quando teria ocorrido o retrabalhamento das unidades mais antigas, sob regime eólico, costeiro. *Jost (1971)* apresenta evidências para um comportamento cíclico da história transgressiva-regressiva, a qual incluiu oscilações do nível do mar, de menor porte, isto é, a cada segmento da história regressiva ou transgressiva corresponderiam períodos de estabilidade temporária, seguidos, respectivamente, de regressões ou transgressões curtas.

As variações eustáticas que se seguiram durante o Holoceno parecem ter sido menos expressivas, durante as quais depositaram-se os sedimentos da Formação Quinta, em ambiente praial, lagunar e eólico (*Soliani Junior, 1973; Godolphin, 1976, apud Zeltzer, 1976*).

A Figura 11 abaixo, resume os conceitos, acima expostos, referentes à evolução sedimentar da área estudada, em relação às flutuações do nível do mar, deduzidas a par-

tir de dados geológicos

Fig. 11

Evolução sedimentar da área estudada, em relação às flutuações do nível do mar, deduzidas a partir de dados geológicos (Seg. Jost 1971).

Como veremos posteriormente, (caps. 6 e 7), os estudos de feições texturais sobre grãos de quartzo de amostras examinadas das formações da Província Costeira, levando-se em con-

ta a sucessão de eventos deduzidos, e a posição geográfica e estratigráfica, é inteiramente consistente com a história geológica geral acima exposta, oferecendo, ainda, evidências adicionais em favor do caráter oscilatório da linha de praia, durante o intervalo de tempo pela sequência analisada.

6. DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

AMOSTRA I. Os grãos de quartzo da amostra exibem um conjunto de feições mecânicas características de ambiente subaquoso de energia moderada a alta, associadas a outras de natureza química, indicativas de ação diagenética e/ou intempérica.

Os blocos grandes e os pequenos representam as feições mecânicas mais frequentes nos grãos, seguidas de fraturas concóides e sulcos encurvados. Dentre as feições presentes têm-se: fraturas em arco, sulcos retos, placas salientes e indentações em "v". Os degraus em arco, degraus semiparalelos e fraturas em crescente coaxiais são feições raras nestes grãos.

Quanto às feições químicas, a micropontuação e as texturas produzidas por corrosão ocorrem em todos os grãos, acarretando a destruição parcial ou total de suas feições mecânicas primárias. As demais texturas químicas, tais como sobrecrecimento cristalino, depósitos de sílica, superfícies "desgastadas" e marcas triangulares isorientadas são pouco comuns.

Para os grãos desta amostra proponho a seguinte sequência de eventos: a) formação de feições mecânicas, provavelmente, em ambiente subaquoso de energia moderada a alta;

TABELA Nº 1

AMOSTRA Nº I

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	6%			
	4. Contorno arredondado				87%
	5. Contorno bem arredondado	7%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio	XXXX	XXXX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXXX	XXXX	
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XXXX	XXXX	
	13. Fraturas em crescente coaxiais	X			
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX		
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX	XXXX	
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos	XX			
	20. Cristas meandranes				
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX		
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX			
	24. Incisões curtas em séries	X			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	27. Corrosão e precipitação	XXXX			
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	X			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXXX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX			
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX		

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

a presença de fraturas concóides grandes poderia sugerir a existência de uma fase de ação eólica, porém, o seu pequeno número não permite uma diagnose segura; b) deposição de sílica e corrosão química em etapas distintas, não sendo possível distinguir qual delas teria ocorrido primeiro.

AMOSTRA II . A raridade de blocos grandes é uma característica notável, nos grãos desta amostra. Os blocos pequenos, em bora em maior número, estão presentes em menos de 50% dos grãos, assim como sulcos retos, placas salientes e indentações em "v". Ainda, entre as feições raras estão as fraturas concóides, fraturas em arco e os sulcos em crescente. Dentre as feições mecânicas, os sulcos encurvados são as mais comuns nos grãos.

Com relação às feições químicas, a micropontuação e os depósitos de sílica são as mais frequentes, seguidas pelas superfícies "desgastadas", muito comuns. As texturas mais raras são as marcas triangulares isorientadas e o sobrecrecimento cristalino. Feições produzidas pelos efeitos de corrosão química são observadas em 50% dos grãos.

É provável que estes grãos tenham estado sujeitos a ação dos seguintes processos geológicos, durante sua história deposicional: a) ação mecânica em ambiente subaquoso de energia moderada, ou até mesmo, alta, evidenciada pela pre-

TABELA Nº 2

AMOSTRA Nº I I

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	3%			
	4. Contorno arredondado				90%
	5. Contorno bem arredondado	7%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio	XXXX			
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XX			
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XX			
	12. Fraturas concóides pequenas	XX			
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XX			
	14. Fraturas em arco isoladas	XX			
	15. Degraus em arco				
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX	XXXX	
	18. Sulcos em crescente	XX			
	19. Degraus semiparalelos				
	20. Cristas meandrantas				
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX		
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX			
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX		
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX	XXXX	

R= raras (<25%)
C= comuns (50 a 75%)

P= presentes (25 a 50%)
F= frequentes (>75%)

sença de sulcos retos, encurvados e indentações em "v". De forma idêntica a amostra I, há algumas evidências de uma fase eólica, porém do mesmo modo não totalmente demonstráveis; b) ação química relativamente intensa, que teria provocado a destruição das feições mecânicas, que aparecem em número reduzido.

AMOSTRA III. Os grãos examinados nesta amostra exibem, claramente, uma grande extensão dos efeitos de corrosão química. Há uma destruição generalizada das feições mecânicas pré-exis-tentes. Restam, dentre estas últimas, poucos blocos, algumas fraturas concóides, ou mesmo em arco, raríssimos sulcos retos e encurvados e cristas meandrantas. As placas salientes e as indentações em "v", também, quase não são observadas. Os depósitos de sílica são, facilmente, notados sobre fraturas concóides e os efeitos de corrosão química, como já mencionado anteriormente, são bastante extensos.

O acima exposto permite deduzir a seguinte sequên-cia de condições geológicas que afetaram os grãos examina-dos: a) ação de processos capazes de imprimir as feições interpretadas como de origem mecânica, não havendo elementos suficientes para elucidar se, em ambiente eólico ou subaquoso; b) ação diagenética que condicionou a deposição de sílica; c) ação química, através de corrosão, levando à destruição

TABELA Nº 3

AMOSTRA Nº III

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	24%			
	4. Contorno arredondado			72%	
	5. Contorno bem arredondado	4%			
	6. Relêvo alto	X			
	7. Relêvo médio	XXXX	XX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XXXX			
	10. Blocos pequenos	XXXX	X		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX			
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XX		
	13. Fraturas em crescente coaxiais	X			
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	X		
	15. Degraus em arco				
	16. Sulcos retos	XX			
	17. Sulcos encurvados	XX			
	18. Sulcos em crescente	X			
	19. Degraus semiparalelos				
	20. Cristas meandranes	XX			
	21. Placas salientes	XXXX			
	22. Indentações em "v"	XXXX			
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XX			
	24. Incisões curtas em séries	X			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	27. Corrosão e precipitação	XX			
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)				
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX	XXXX	

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

ção das feições mecânicas pré-existent; não há elementos para esclarecer qual dos dois processos teria ocorrido primeiro.

AMOSTRA IV. Dentre as feições mecânicas identificadas nos grãos dessa amostra nota-se um nítido predomínio das fraturas concóides grandes sobre as demais texturas. Blocos e fraturas concóides pequenas, degraus em arco, sulcos retos e encurvados estão presentes em 25 a 50% dos grãos. As fraturas em arco isoladas, os sulcos em crescente, os degraus semiparalelos, as indentações em "v" e as cristas meandran-tes são feições raras nestes grãos.

Em relação às texturas de origem química, destacam-se a micropontuação, os depósitos de sílica e as superfícies "desgastadas", como mais frequentes. As feições produzidas por corrosão química estão presentes em alguns grãos, porém de maneira muito dispersa. As texturas de sobrecrecimento cristalino são também raras.

A disposição e distribuição das feições texturais nos grãos levou-me a diagnosticar para os mesmos a sequência de eventos geológicos que se segue: a) ação mecânica de ambiente de alta energia, possivelmente eólico; fraturas concóides grandes são raras em grãos de quartzo de ambiente subaquoso de alta energia, nos quais ocorre, normalmente, uma

TABELA Nº 4

AMOSTRA Nº IV

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	17%			
	4. Contorno arredondado				80%
	5. Contorno bem arredondado	3%			
	6. Relêvo alto	X			
	7. Relêvo médio	XXXX	XXX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX	XXXX		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXXX	XXXX	X
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XXXX		
	13. Fraturas em crescente coaxiais				
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX			
	15. Degraus em arco	XXXX	XX		
	16. Sulcos retos	XXXX	XX		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XX		
	18. Sulcos em crescente	X			
	19. Degraus semiparalelos	XX			
	20. Cristas meandantes	XX			
	21. Placas salientes	XX			
	22. Indentações em "v"	XXXX			
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	X			
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XX		
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)				
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	X
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX	XXXX	

R= raras (<25%)

C= comuns (50 a 75%)

P= presentes (25 a 50%)

F= frequentes (>75%)

maior frequência de sulcos retos e encuvados, associados a uma maior densidade de indentações em "v". A ação eólica poderia explicar a ausência quase total de blocos sobre os grãos desta amostra; b) condições diagenéticas que permitiram a deposição de sílica e o sobrecrecimento orientados cristalográficamente; e/ou c) fase intempérica na qual a ação química, evidenciada pela micropontuação, teria destruído as feições pré-existentes.

AMOSTRA V. Ocorre aqui um conjunto bastante expressivo de feições mecânicas, acompanhadas de feições de origem química.

As feições mecânicas mais comuns sobre os grãos, são as fraturas concóides e as em arco, estando entre as mais frequentes, as indentações em "v". Em apenas 50% dos grãos foram identificados blocos grandes e pequenos, sulcos retos e encurvados e as placas salientes. As demais feições mecânicas existentes são de ocorrência rara.

A micropontuação é dentre as feições químicas, a mais abundante em todos os grãos. Os efeitos de corrosão química e os depósitos de sílica são bastante comuns. Distinguem-se ainda, marcas triangulares isorientadas e superfícies "desgastadas". As texturas mais raras são as derivadas de fenômenos de sobrecrecimento cristalino.

TABELA Nº 5

AMOSTRA Nº V

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	21%			
	4. Contorno arredondado				77%
	5. Contorno bem arredondado	2%			
	6. Relêvo alto	XX			
	7. Relêvo médio	XXXX	XXXX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XXXX	XXXX		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXXX	XXXX	
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XXXX	XXXX	
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX			
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX		
	18. Sulcos em crescente	XX			
	19. Degraus semiparalelos	XX			
	20. Cristas meandrantas	XX			
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	X
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXXX		
	24. Incisões curtas em séries	XX			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXXX	
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX		
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)				
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX		

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

O exame das texturas sugere a sua formação através da seguinte sequência de processos: a) ação mecânica em ambiente de alta energia, possivelmente subaéreo (eólico), evidenciado pela presença de grandes fraturas concóides; b) recorrência de fase de ação mecânica atestada pelas fraturas em crescente coaxiais, sulcos retos e encurvados implantados sobre as texturas da fase anterior, porém em ambiente subaquoso, de energia moderada a alta; c) posteriormente, ocorreram fenômenos de corrosão química e deposição de sílica, não tendo, ainda, sido encontradas situações conclusivas sobre a sua ordem de aparecimento.

AMOSTRA VI. Conforme já haviam notado *Krauspenhar & Rocha-Campos* e *Rocha-Campos & Krauspenhar (no prelo)*, cerca de 50% dos grãos examinados dessa amostra exibem uma associação característica de feições de origem mecânica.

Dentre essas, destacam-se numerosos conjuntos coaxiais de fraturas semicirculares, às quais se associam, ainda, com maior frequência, fraturas em arco isolados, sulcos retos, indentações em "v", sulcos encurvados e fraturas concóides.

As fraturas coaxiais foram, anteriormente, interpretadas por (*Folk (1975;1977)*) no geral, como privativas de grãos de granada trabalhados em ambiente glacial e por *Bull*

(1977), como decorrentes de processos intempéricos espélicos. Com base em observações feitas em grãos da presente amostra, Rocha-Campos & Krauspenhar e Krauspenhar & Rocha-Campos (no prelo) optaram por uma interpretação mecânica da origem das duas feições mencionadas, que não seriam também restritas a qualquer ambiente sedimentar. Os dados derivados da observação de grãos adicionais da mesma amostra vieram a confirmar essa opinião.

Notou-se, além disso, a ocorrência mais frequente de marcas triangulares isorientadas, micropontuação, corrosão química e mais rara de incisões curtas, sobrecrecimento cristalino e superfícies "desgastadas", todas texturas de origem química, que se sobrepõem às de origem mecânica. As feições de origem química parecem corresponder, contudo, a duas ou três fases distintas de ação química.

A sequência multicíclica reconstituída abrangeria:

- a) fase de ação mecânica em ambiente subaquoso de energia moderada e alta;
- b) a possibilidade de ação eólica precedente, concomitante ou sucessiva, evidenciada pela ocorrência comum e rara, respectivamente, de grandes fraturas concóides e cristas meandantes;
- c) fase diagenética posterior, diagnosticada pelo sobrecrecimento cristalino e corrosão química orientados cristalográficamente;
- d) deposição de sílica e/ou ação intempérica (corrosão) propiciando a destruição das

TABELA Nº 6

AMOSTRA Nº VI

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado		31%		
	4. Contorno arredondado			56%	
	5. Contorno bem arredondado	3%			
	6. Relêvo alto	XX			
	7. Relêvo médio	XXXX	XX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	X
	9. Blocos grandes	XXXX	XXXX		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXXX	XXXX	
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XXXX	XXXX	
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX	XXXX	XXXX	
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	X
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	18. Sulcos em crescente	XXXX	XX		
	19. Degraus semiparalelos	XXX			
	20. Cristas meandrantas	XXXX	XX		
	21. Placas salientes	XXXX	XXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	XX
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXXX	XXXX	X
	24. Incisões curtas em séries	XXXX			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXXX	X
	27. Corrosão e precipitação	XX			
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XXX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XX	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XX		

R= raras (<25%)

C= comuns (50 a 75%)

P= presentes (25 a 50%)

F= frequentes (>75%)

feições anteriores.

AMOSTRA VII. Os grãos examinados nesta amostra apresentam feições mecânicas associadas a feições químicas. As primeiras encontram-se bem representadas pela significativa frequência das fraturas em arco isoladas e das indentações em "v". As fraturas concóides pequenas são feições comuns nestes grãos. Dentre as feições presentes tem-se: blocos pequenos, fraturas em crescente coaxiais, sulcos retos, sulcos em crescente, placas salientes, fraturas concóides grandes e sulcos encurvados. As feições mecânicas mais raras são os blocos grandes, degraus em arco e degraus semiparalelos.

Mais uma vez, a micropontuação representa a feição química mais frequente. A seguir ocorrem as marcas triangulares isorientadas, corrosão química e as superfícies "desgastadas". Dentre as feições mais raras tem-se as incisões curtas em série, depósitos de sílica e fenômenos de sobre-crescimento, orientado cristalograficamente.

A sequência de eventos geológicos exposta a seguir parece-me a mais lógica para os grãos desta amostra: a) ação eólica evidenciada, principalmente, pelo sugestivo número de fraturas concóides pequenas, associadas a fraturas concóides grandes, com feições de comprovada origem suba-

TABELA Nº 7

AMOSTRA Nº VII

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	9%			
	4. Contorno arredondado				83%
	5. Contorno bem arredondado	8%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio	XXXX			
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX			
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concôides grandes	XXXX	XX		
	12. Fraturas concôides pequenas	XXXX	XXXX	XXXX	
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX	XXX		
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	15. Degraus em arco	XXX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX		
	18. Sulcos em crescente	XXXX	XXXX		
	19. Degraus semiparalelos	XXX			
	20. Cristas meandrantas				
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	XX
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXXX	X	
	24. Incisões curtas em séries	XX			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXX	
	27. Corrosão e precipitação	XXXX			
	28. Sobrecrecimento cristalino(não prismático)	X			
	29. Sobrecrecimento cristalino(padão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX			
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX		

R= raras (< 25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (> 75%)

quosa superpondo-se; b) ação mecânica subaquosa, em ambiente de energia moderada a alta, diagnosticada pela frequência elevada de fraturas em arco isoladas e indentações em "v"; c) ação química diagenética, estabelecida através dos depósitos de sílica e feições de sobrecrecimento cristalino e/ou d) ação química intempérica, evidenciada pelas feições de corrosão química e micropontuação.

AMOSTRA VIII. A característica mais notável dos grãos examinados é a extrema abundância das fraturas em crescente coaxiais, associadas a sulcos retos, fraturas em arco isoladas e, em menor quantidade, sulcos encurvados e indentações em "v". A frequência das três primeiras texturas não encontra paralelo em nenhuma das demais amostras. Os blocos grandes e pequenos, fraturas concôides e placas salientes também estão presentes. Apenas os degraus em arco e os semiparalelos são feições mecânicas raras.

Micropontuação, corrosão química e depósitos de sílica aparecem em 50 a 90% dos grãos. Poucas marcas triangulares isorientadas foram observadas, assim como as texturas de sobrecrecimento cristalino.

Deduzi, para os grãos desta amostra, a sequência de eventos exposta a seguir: a) exposição a ambiente subaquoso, de energia moderada a alta, indicado pela ocorrên-

TABELA Nº 8

AMOSTRA Nº VIII

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	17%			
	4. Contorno arredondado				82%
	5. Contorno bem arredondado	1%			
	6. Relêvo alto	X			
	7. Relêvo médio	XXXX	XX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX	X		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXX		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	X		
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX	XXXX	XXXX	XXX
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX	XXXX	X
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX		
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos	XX			
	20. Cristas meandrantas				
	21. Placas salientes	XXXX	X		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX		
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXX			
	24. Incisões curtas em séries	XXXX			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	X	
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	XXX	
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XX		

R= raras (<25%)
C= comuns (50 a 75%)

P= presentes (25 a 50%)
F= frequentes (>75%)

cia de conjuntos de fraturas em crescente coaxiais, fraturas em arco, sulcos retos e indentações em "v" ; b) condições ambientais que permitiram deposições de sílica e fenômenos de corrosão química, sem que se consiga determinar qual teria sido a fase preliminar.

AMOSTRA IX. Fraturas em crescente coaxiais, fraturas em arco isoladas, sulcos retos e indentações em "v" são as feições mecânicas mais comuns nos grãos desta amostra. Por sua vez, blocos pequenos, fraturas concóides grandes, sulcos encurvados, placas salientes também estão presentes, porém em menor número. Blocos grandes, fraturas concóides pequenas, degraus em arco, cristas meandrantas, são feições mais raras.

Dentre as feições texturais de origem química, a micropontuação é a única feição comum a todos os grãos desta amostra. Os depósitos de sílica, superfícies de corrosão e precipitação são comuns em menos que 74% dos grãos. As superfícies "desgastadas" e feições de corrosão química estão apenas presentes. Já as marcas triangulares isorientadas e os padrões de sobrecrecimento cristalino são mais raros.

Os grãos da amostra em estudo estiveram, provavelmente, sujeitos aos seguintes eventos geológicos: a) ação

TABELA Nº 9

AMOSTRA Nº IX

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	8%			
	4. Contorno arredondado				84%
	5. Contorno bem arredondado	4%			
	6. Relêvo alto	X			
	7. Relêvo médio	XXXX	XX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX			
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	XXXX		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX			
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX	XXXX	XXXX	
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX	XXXX	
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX		
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos				
	20. Cristas meandranes	XX			
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX			
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	XXXX	
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX		

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

mecânica de alta energia, provavelmente em ambiente eóli-
co, evidenciada pela presença de fraturas concóides gran-
des; b) posterior ação mecânica em ambiente subaquoso ates-
tado pela densidade de sulcos retos e encurvados, indenta-
ções em "v" e fraturas em crescente coaxiais; c) ação dia-
genética e/ou intempérica diagnosticada pela presença de
depósitos de sílica, sobrecrecimento cristalino, corrosão
química e micropontuação.

AMOSTRA X. As feições mecânicas desta amostra são, no geral,
raras e poucos nítidas. As feições químicas, por sua vez,
são frequentes e exibem grande uniformidade de aspecto, su-
gerindo igualdade de condições ambientais.

Em relação às feições de origem química, a micro-
pontuação, os depósitos de sílica e os fenômenos de corro-
são e precipitação atingem mais de 90% dos grãos. As mar-
cas triangulares isorientadas aparecem em 40% dos grãos, se-
guidas das texturas de sobrecrecimento cristalino.

A sequência de eventos geológicos, a que foram sub-
metidos os grãos desta amostra, parece ser a abaixo descri-
ta: a) fase de ação mecânica, altamente energética, pro-
vavelmente subaérea (eólica), com a formação de feições me-
cânicas (fraturas concóides grandes); b) nova fase de ação
mecânica, possivelmente em ambiente subaquoso (eviden

TABELA Nº 10

AMOSTRA Nº X

FEIÇÕES

R

P

C

F

MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	14%			
	4. Contorno arredondado				84%
	5. Contorno bem arredondado	2%			
	6. Relêvo alto	XX			
	7. Relêvo médio	XXXX	XXXX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXX	
	9. Blocos grandes	XXXX			
	10. Blocos pequenos	XXXX			
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	X		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX			
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XXXX			
	14. Fraturas em arco isoladas	XXX			
	15. Degraus em arco	XX			
	16. Sulcos retos	XXXX			
	17. Sulcos encurvados	XXXX			
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos	X			
	20. Cristas meandranes				
	21. Placas salientes	XXX			
	22. Indentações em "v"	XXXX			
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXX		
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX			
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XXXX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXXX	XX		
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	XXX
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX	XX	

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

ciado por fraturas em crescente coaxiais, fraturas em arco, sulcos retos e encurvados); c) destruição parcial das feições mecânicas por fenômenos de deposição de sílica e corrosão química, talvez em uma única etapa ou em etapas consecutivas, cuja sequência não pode ser determinada.

AMOSTRA XI. Os grãos desta amostra ressaltam-se caracteristicamente em relação a todas as outras estudadas, em razão do predomínio, quase que exclusivo, de feições de origem química.

Dentre as raras feições mecânicas existentes foram observados alguns blocos, fraturas concóides e poucas indentações em "v".

As feições químicas de corrosão, micropontuação e deposição de sílica são muito abundante. Existem, também, algumas marcas triangulares isorientadas e feições de sobre crescimento cristalino, aparentemente, condicionados à estrutura cristalina dos grãos.

A provável sequência geológica a que os grãos estiveram submetidos é a seguinte: a) ambiente subaquoso de baixa energia, que possibilitaria a formação de feições mecânicas; b) efeitos diagenéticos evidenciados por corrosão química, aparentemente, isorientada; não ocorrem, entretanto, situações que esclareçam a ordem cronológica destes fe-

TABELA Nº 11

AMOSTRA Nº XI

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	23%			
	4. Contorno arredondado			73%	
	5. Contorno bem arredondado	41%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio				
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XXX			
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX			
	12. Fraturas concóides pequenas	XXX			
	13. Fraturas em crescente coaxiais				
	14. Fraturas em arco isoladas				
	15. Degraus em arco				
	16. Sulcos retos				
	17. Sulcos encurvados				
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos				
	20. Cristas meandrantas				
	21. Placas salientes				
QUÍMICAS	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX		
	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX			
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	X
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	XXXX	X
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	X			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	X	
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX	XXXX	X

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

nômenos, em relação aos efeitos mecânicos; c) quase total destruição das feições anteriores por ação de corrosão química, possivelmente, em ambiente eólico (situação geológica atual da amostra).

AMOSTRA XII. Os grãos de quartzo da amostra exibem um conjunto de feições características de ambiente subaquoso de energia média, associadas a outras de natureza química, indicativas de ação diagenética e/ou intempérica.

Dentre as feições mecânicas, somente as indentações em "v" são frequentes em todos os grãos desta amostra. As demais, tais como, fraturas em arco, fraturas concóides, sulcos retos e encurvados, placas salientes e blocos estão apenas presentes.

As texturas químicas são, portanto, as mais abundantes, predominando a micropontuação esparsa, os depósitos de sílica e as feições químicas de corrosão e deposição, na maioria dos grãos.

Os efeitos de corrosão química sugerem certo padrão isorientado, evidenciado pela disposição das marcas triangulares, às quais se associam o sobrecrecimento cristalino e ravinamento químico (sulcos).

As interrelações entre as feições examinadas sugerem a seguinte sequência de eventos: a) formação das

TABELA Nº 12

AMOSTRA Nº XII

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	2%			
	4. Contorno arredondado				77%
	5. Contorno bem arredondado	2%			
	6. Relêvo alto	X			
	7. Relêvo médio	XXXX	XXXX	XX	
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX	XX		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XXX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	X		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	X		
	13. Fraturas em crescente coaxiais				
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX		
	15. Degraus em arco	X			
	16. Sulcos retos	XXXX	X		
	17. Sulcos encurvados	XXXX	X		
	18. Sulcos em crescente	X			
	19. Degraus semiparalelos	X			
	20. Cristas meandranes				
	21. Placas salientes	XXXX	XXXX		
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	X
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXXX	XXXX	
	24. Incisões curtas em séries	X			
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	X
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	X		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	X	
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	X			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXXX	XXXX		
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	X
	31. Superfície "desgastada"	XXX			

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

feições mecânicas, próprias de ambiente subaquoso de energia moderada; b) segue-se uma fase de ação química abrangendo fenômenos de sobrecrecimento cristalino orientado, e/ou ravinamento químico, não havendo contudo, situações diagnósticas, capazes de elucidar qual dos fenômenos ocorreu primeiro; c) em uma etapa seguinte, tem-se uma fase de ação química sob a forma de micropontuação, sobre antigas feições mecânicas (sulcos e fraturas) interrompendo, inclusive, as próprias ravinas; d) associada a esse fenômeno, haveria aparentemente a ação corrosiva e deposição secundária de sílica, sob a forma de "crostas". Estas formam zonas amplas que se assemelham muito às superfícies micropontuação de grãos de quartzo de dunas tropicais (*Krinsley & Donahue, 1968, estp.4*).

AMOSTRA XIII. As feições químicas predominam sobre as feições mecânicas nesta amostra.

Realmente, dentre as feições mecânicas examinadas somente indentações em "v", sulcos retos e encurvados são comuns na amostra, Este aspecto, segundo *Krinsley & Donahue (1968)* evidenciaria que os grãos estiveram sujeitos a ambiente subaquoso de energia moderada a alta. As demais feições mecânicas (blocos, fraturas concóides, fraturas em arco, degraus em arco e semiparalelos, placas salientes e

TABELA Nº 13

AMOSTRA Nº XIII

FEIÇÕES		R	P	C	F
MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado	6%			
	4. Contorno arredondado				92%
	5. Contorno bem arredondado	2%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio	XXXX			
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	9. Blocos grandes	XXXX	X		
	10. Blocos pequenos	XXXX			
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	X		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX			
	13. Fraturas em crescente coaxiais				
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX			
	15. Degraus em arco	XXX			
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX	XX	
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX	XXX	
	18. Sulcos em crescente	XX			
	19. Degraus semiparalelos	XX			
	20. Cristas meandantes				
	21. Placas salientes	XXX			
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	XXXX	
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	X		
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX		
	27. Corrosão e precipitação	XXXX	XXXX	X	
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXXX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	X
	31. Superfície "desgastada"	XXXX	XXXX		

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

cristas meandrantas) restringem-se a um pequeno número de grãos.

As feições químicas, por sua vez, podem ser comuns (marcas triangulares isorientadas, sobrecrecimento cristallino, superfícies "desgastadas" e feições de corrosão química), ou, até mesmo frequentes (micropontuação e depósitos de sílica).

Em virtude do acima exposto, auxiliado pela relação das feições entre si, supõe-se que a amostra em pauta, tenha estado sujeita à seguinte série de condições ambientais: a) formação de feições mecânicas em ambiente subaquoso de energia moderada a alta; b) em ambiente de alta energia (provavelmente eólico), evidenciado por grandes fraturas concóides, configurando a nova fase mecânica; c) posteriormente a esta fase, estiveram os grãos, ainda mais uma vez submetidos a agentes mecânicos (ocorrem feições de origem mecânica sobre as fraturas concóides); d) as evidências de corrosão química, obedecendo a estrutura cristalina do grão encontradas, não ocorrem em condições que permitam determinar se foram formadas anterior, concomitante, ou posteriormente, à última das três fases mecânicas; a esta corrosão química, contudo, segue-se; e) fase de deposição de sílica e/ou de corrosão química, sob a forma de micropontuação.

AMOSTRA XIV. Nesta amostra as feições mecânicas têm menor expressão em relação as feições químicas. Fraturas em arco isoladas, sulcos retos e encurvados, e indentações em "v" , embora sejam as feições mecânicas mais comuns nos grãos desta amostra, não chegam porém a serem frequentes em todos eles. Os blocos, fraturas concôides, fraturas em crescente coaxiais, placas salientes e cristas meandantes, estão presentes em menos de 50% dos grãos examinados.

Dentre as feições químicas destacam-se, como mais frequentes, as marcas triangulares isorientadas, depósitos de sílica e corrosão química. A micropontuação é comum, mas os fenômenos de sobrecrecimento cristalino e as superfícies "desgastadas" são bastante subsidiárias.

A sequência de eventos a que esta amostra esteve sujeita parece ter sido a seguinte: a) ação mecânica originando indentações em "v" e sulcos, facilmente evidenciados e cuja frequência sugere terem estado os grãos sujeitos a ambiente de energia média a alta; b) há indícios de corrosão (?) controlada pela estrutura cristalina; c) finalmente ocorreram deposição de sílica e corrosão química, formando áreas relativamente extensas cobertas de uma corrugação característica que interpretei como de provável origem eólica.

TABELA Nº 14

AMOSTRA Nº XIV

- 87 -

FEIÇÕES

R

P

C

F

MECÂNICAS	1. Contorno angular				
	2. Contorno subangular				
	3. Contorno subarredondado		30%		
	4. Contorno arredondado			61%	
	5. Contorno bem arredondado	9%			
	6. Relêvo alto				
	7. Relêvo médio	XXXX	XX		
	8. Relêvo baixo	XXXX	XXXX	XXXX	
	9. Blocos grandes	XXXX	XXXX		
	10. Blocos pequenos	XXXX	XX		
	11. Fraturas concóides grandes	XXXX	X		
	12. Fraturas concóides pequenas	XXXX	XXXX		
	13. Fraturas em crescente coaxiais	XX			
	14. Fraturas em arco isoladas	XXXX	XXXX	XXXX	
	15. Degraus em arco				
	16. Sulcos retos	XXXX	XXXX	XXXX	
	17. Sulcos encurvados	XXXX	XXXX	XXXX	
	18. Sulcos em crescente				
	19. Degraus semiparalelos				
	20. Cristas meandranes	X			
	21. Placas salientes	XX			
	22. Indentações em "v"	XXXX	XXXX	X	
QUÍMICAS	23. Marcas triangulares isorientadas	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	24. Incisões curtas em séries				
	25. Micropontuação	XXXX	XXXX	XX	
	26. Corrosão química (sulcos irregulares anastomosados)	XXXX	XXXX	XXXX	XX
	27. Corrosão e precipitação	XXXX			
	28. Sobrecrecimento cristalino (não prismático)	XX			
	29. Sobrecrecimento cristalino (padrão prismático)	XXXX			
	30. Depósitos de sílica	XXXX	XXXX	XXXX	XXX
	31. Superfície "desgastada"	XXXX			

R= raras (<25%)

P= presentes (25 a 50%)

C= comuns (50 a 75%)

F= frequentes (>75%)

7. HISTÓRIA AMBIENTAL

O presente capítulo encerra uma tentativa de síntese da história deposicional das amostras estudadas, com base no estudo das texturas identificadas, levando-se ainda em conta, o seu contexto geográfico (localização) e estratigráfico geral.

Na primeira parte da discussão, pretendo apresentar algumas conclusões preliminares sobre uma possível sucessão estratigráfica (idade relativa) das amostras, dentro de cada formação, deduzida com base, exclusivamente, no comportamento e proporção entre os tipos de texturas. Nessa mesma linha de raciocínio, discutirei a seguir, a história ambiental evidenciada pela análise das texturas superficiais.

E por último, procurarei examinar, comparativamente, os dados acima com as evidências geológicas disponíveis para a área.

SUCESSÃO DE EVENTOS. A Fig. 12 resume as conclusões atingidas sobre a sucessão de eventos que afetaram os grãos de quartzo das amostras estudadas das formações cenozóicas da Província Costeira. As fases mencionadas nesta figura referem-se a sequência de processos predominantes, de natureza meccânica e química, e sua interpretação provável, em termos de

ambientes sedimentares. O exame superficial da Fig. 12 já permite verificar, claramente, que os sedimentos estudados estiveram submetidos a um conjunto de fatores ambientais com plexos, cuja sequência de ação pode ser, em grande parte, re conhecida. Somente em alguns casos, conforme já comentado anteriormente, não consegui reconhecer a natureza das inter relações de texturas do que decorrem algumas dúvidas existen tes quanto à origem de aparecimento das feições. Enquadram-se aqui, especialmente, as feições, secundárias, de nature za química.

As conclusões de ordem estratigráfica, discutidas primeiramente, obedecem os critérios discutidos por *Krinsley & Coch (1971)*. *Krauspenhar & Rocha-Campos (no prelo)* já haviam notado essa possibilidade para amostras examinadas de outros locais da Província Costeira, sem especificar, con tudo, detalhes sobre a aplicação.

No presente caso, embora, sem dúvida, especulativas, julguei interessante expor as conclusões estratigráficas principais, por se tratar de um aspecto, em potencial, inte ressante e complementar para o estudo de áreas costeiras, como a que está em foco, normalmente, com problemas estrati gráficos complexos (*Jost, 1971, Jost et al, 1971, Villwock, 1972, Zeltzer, 1976*). Como todas as amostras, dentro de cada unidade tratada, foram coletadas junto à superfície, não

IDADE	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	AMOSTRA	HISTÓRIA AMBIENTAL EVIDÊNCIAS TEXTURAIS					HISTÓRIA AMBIENTAL EVIDÊNCIAS GEOLÓGICAS	
					1ª FASE	2ª FASE	3ª FASE	4ª FASE	5ª FASE		
H O L O C E N O	P A T O S	Q U I N T A		XIV						SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS RECENTES. (DEPÓSITOS LAGUNARES, EÓLICOS E PRAIAIS)	
				XI							
				XII							
				XIII							
P L E I S T O C E N O		I T A P O Á		X						CORDÕES DE DUNAS ORIGEM EÓLICA	
				II							
				I							
		C H U Í	TAIM SANTA VITÓRIA		IX						SUCESSÃO DE DEPÓSITOS LITORÂNEOS DEPÓSITOS LAGUNARES
					VIII						
					VII						
					VI						
					V						
					IV						
					III						

Fig. 12 Quadro comparativo entre a história ambiental deduzidas a partir das texturas superficiais e dados geológicos. Explicação: pontilhado= subaquoso; linhas onduladas=eólico; reticulado=diagenético; linhas= intempérico. As setas indicam imprecisão no estabelecimento da sequência exata.

dispuz de controle estratigráfico independente (sondagens), o que permitiria se verificar o acerto das conclusões, que pretendo executar a seguir. Considero, contudo, as deduções atingidas interessantes e promissoras, razão pela qual passarei a expô-las.

Tomando conjuntamente, as evidências fornecidas pelas feições de todas as amostras referentes à Formação Chuí (III, IV, V, VI, VII, VIII e IX) cheguei às seguintes conclusões:

a) as amostras III, IV, V, VI e VII correspondentes a depósitos lagunares, apresentam como feições primárias (mecânicas), ou mais antigas, as fraturas concóides, grandes e pequenas e cristas meandранtes, sugerindo ação de uma fase eólica. Por outro lado, as amostras VIII e IX, pertinentes a depósitos litorâneas, possuem como feições primárias mais antigas, texturas superficiais de origem subaquosa, tais como, fraturas em crescente coaxiais, fraturas em arco isoladas, indentações em "v", sulcos retos e encurvados e blocos grandes e pequenos.

Tentando estabelecer uma sequência de eventos com base nessas feições, considero a amostra III, como estratigráficamente mais antiga, devido a uma aparente maior destruição por fenômenos diagenéticos/intempéricos, das feições mecânicas pré-existentes. Saliento que esse aspecto foi de-

duzido a partir da comparação com as demais amostras do conjunto, não havendo contudo, argumentos totalmente comprobatórios, por ora, para essa conclusão.

Segue-se na sucessão, provavelmente, a amostra IV. Levaram-me a concluir, assim, suas feições mecânicas primárias destruídas também por fenômenos diagenéticos e intempéricos, porém menos intensas que os da amostra III.

As amostras V, VI, VIII e IX com base nesses aspectos parecem ser coevas.

Assim, baseada, nos mesmos argumentos oferecidos pelas texturas superficiais, consideraria a amostra VII como a mais jovem dessa formação. Suas feições mecânicas, embora, menos numerosas que as das demais, estão muito melhor preservadas, ou seja, menos atacadas quimicamente.

Analisando, agora, o conjunto de evidências fornecidas pelas feições das amostras referentes à Formação Itapoã (I, II e X) cheguei as conclusões que se seguem:

a) as amostras I e II, pertencentes a depósitos eólicos, exibem como feições primárias mais antigas, texturas de origem subaquosa. Embora essas amostras façam parte dos depósitos eólicos atuais da Formação Itapoã, feições correspondentes a esse ambiente não estão expostas na superfície de seus grãos, levando-se a pensar que, ou teriam sido, completamente, destruídas por fenômenos químicos subsequentes, ou

não chegaram a ser impressas, dado o caráter pouco intenso ou curto do fenômeno geológico mais recente.

A amostra X, também concernente a depósitos eólicos, apresenta como feições primárias mais antigas, as eólicas sobrepostas por feições subaquosas. O último evento eólico que a atingiu deixou impresso na superfície de seus grãos, apenas, texturas de corrosão e precipitação, químicas, típicas desse ambiente, faltando-lhe as mecânicas.

Considerando, globalmente as evidências fornecidas pelas feições de todas as amostras referentes a Formação Quinta (XI, XII, XIII e XIV), cheguei as seguintes conclusões:

a) a amostra XIII pertence, possivelmente, aos sedimentos mais antigos dessa sequência, visto apresentar cinco fases de impressões de texturas (subaquosa, eólica, subaquosa, diagenética e intempérica) sobre a superfície de seus grãos, sendo que, apenas, as três últimas parecem ter sido registradas nos sedimentos correspondentes às demais amostras dessa formação.

HISTÓRIA DEPOSICIONAL. De conformidade com o já discutido, a Província Costeira do Rio Grande do Sul esteve sujeita, pelo menos durante o fim do Pleistoceno e Holoceno, a oscilações do mar, transgressivas e regressivas, que influenciaram fundamentalmente a sua formação.

Durante o Neopleistoceno ou Holoceno (*Jost, 1971; Jost, et al., 1971* e *Soliani Junior, 1973*), cada ciclo transgressivo-regressivo do mar corresponderia a uma deposição praial e marinha rasa, constituída de um pacote de areias quartzosas, incluídas nas Formações Chuí e Itapoã. No Holoceno, as oscilações do nível marinho teriam sido menos expressivas, limitando-se a formar delgadas deposições ao longo das margens, atualmente, emersas, compreendidas na Formação Quinta.

A Fig. 13 sintetiza os aspectos principais da história deposicional que se desenrolou como já visto, sob a influência de fenômenos cíclicos de variação eustática positivas e negativas. A história sedimentar deduzida permitiu, como veremos, detalhar alguns aspectos dos eventos geológicos que, contudo, são, consistentes com as evidências geológicas.

Com base nestes dados, combinados com as informações obtidas do exame das texturas superficiais dos grãos de quartzo das amostras coletadas na Província Costeira, creio ser possível propor a seguinte história deposicional:

a) em um tempo T_1 , no qual estaria se formando a segunda barreira (*Villwock, 1972*), teríamos a linha de costa no pontilhado demarcado na Figura 13 (A). Nesta situação, as amostras VIII e IX corresponderiam a depósitos de praia, cujas características são evidenciadas pelas feições de

A

B

C

ESCALA
0 8 16 24 32
Km

D

E

F

Fig.13 Evolução paleogeográfica da área estudada. Explicação: linha pontilhada: posição aproximada da linha de costa; A = Tempo 1; B = Tempo 2; C e D = Tempo 3; E = Tempo 4; F = Tempo 5. (Mapa base seg. Villwock, 1972).

fraturas de crescente coaxiais, fraturas em arco isoladas, sulcos retos e encurvados e indentações em "v", atualmente muito apagadas por outros eventos que se sucederam, posteriormente, como veremos logo abaixo. As amostras V e VI constituiriam, provavelmente, dunas semelhantes às existentes hoje, no litoral sul riograndense, cuja identificação é fornecida por feições texturais, tais como, numerosas fraturas concóides grandes e cristas meandranes. As amostras III e IV, estariam, possivelmente, sob ação eólica, neste extenso campo de dunas, conforme demonstram as numerosas fraturas concóides grandes associadas a ausência de blocos, e pequena densidade de sulcos retos e encurvados. Cumpre notar que, em relação a amostra III, os efeitos de corrosão química são muito intensos, não permitindo elucidar, totalmente, este aspecto;

b) em um tempo T_2 , um evento transgressivo marinho faria com que a região a que correspondem as amostras V e VI, ficasse submersa. Assim, os sedimentos correspondentes às amostras V, VI e VIII permaneceriam em ambiente marinho, enquanto os depósitos referentes às amostras III e IV, em ambiente eólico. Realmente, as feições texturais existentes nas amostras V (fraturas em crescente coaxiais, sulcos retos e encurvados sobre as texturas da fase anterior) e VI (grande número de conjuntos de fraturas em crescente coaxiais) comprovam este evento, (Fig. 13B);

c) em um tempo T_3 , um evento regressivo de maior intensidade, possivelmente, teria ocorrido, submetendo as regiões referentes às amostras I, II, III, IV, V, VI, VIII e IX a um ambiente subaéreo. A linha de costa corresponderia ao limite atual entre a terceira e quarta barreira. Portanto, nesta ocasião originar-se-ia a terceira barreira. A amostra X, estaria, então, sofrendo ação eólica, possivelmente, constituindo dunas, evidenciadas pelas fraturas concóides grandes existentes nos seus grãos. Nessa mesma fase mais para o interior do continente em um ambiente igualmente eólico, estaria sendo depositada a amostra VII (grande número de fraturas concóides sobre a superfície de seus grãos); (Fig. 13C). Este evento regressivo teria progredido até a exposição da região correspondente à amostra XIII, o que é depreendido da presença de grandes fraturas concóides de origem eólica superpostas as feições mecânicas de ambiente subaquoso (sulcos retos e encurvados e indentações em "v"); (Fig. 13D).

d) em um tempo T_4 , numa fase transgressiva, o mar teria invadido a região ocupada por esses depósitos eólicos de dunas, como é sugerido na amostra X, por fraturas em crescente coaxiais, fraturas em arco isoladas, sulcos retos e encurvados (feições de ambiente subaquoso sobre as fraturas concóides grandes da fase anterior, e na amostra XIII, também, por sulcos retos e encurvados (ambiente su-

baquoso) sobre as mesmas fraturas concóides grandes. (Fig. 13E).

e) em um tempo T_5 , um último evento regressivo teria exposto as areias que constituem a atual falésia junto a praia (amostra XIII), assim como a amostra X. Este evento regressivo, provavelmente, em continuidade hoje, estaria propiciando a formação de dunas atuais (amostra XI) e deposi-
ção da atual praia (amostras XII e XIV). (Fig. 13F).

8. CONCLUSÕES

O exame de grãos de quartzo de sedimentos cenozóicos da Província Costeira do Rio Grande do Sul, ao microscópio eletrônico, permitiu atingir as seguintes conclusões:

a) Os sedimentos cenozóicos da área prestam-se muito bem ao estudo de texturas superficiais ao microscópio eletrônico, por não exibirem feições oriundas de fenômenos diagenéticos e intempéricos em grau muito elevado, que obstruam as demais feições mecânicas anteriores, possivelmente existentes, como também pela facilidade de sua preparação para exame.

b) O estudo quantitativo de conjuntos de feições mecânicas examinadas em grãos de quartzo de uma determinada amostra, permite deduzir as diversas etapas geológicas pelas quais estes grãos passaram. Assim, exemplificando, um certo conjunto esclarece uma fase, as interrelações deste conjunto com um outro grupamento de feições, indicativas do mesmo ou de outro ambiente, evidenciam uma nova fase e assim por diante. Um máximo de 5 fases mecânicas ou químicas foi identificado nas amostras estudadas indicando história deposicional complexa.

c) O comportamento dos tipos de texturas e suas proporções

relativas constituem, possivelmente, um indicador da idade relativa das amostras. No presente caso, esse conceito foi utilizado na determinação da antiguidade relativa de amostras, dentro da mesma unidade estratigráfica, porém o teste final só poderá ser feito analisando-se amostras de testemunhos, que forneceriam um controle estratigráfico independente.

d) A conclusão de *Villwock (1977)* de que durante a sedimentação a nordeste da Lagoa dos Patos, próximo à área abrangida por esse estudo, "quantidade de energia do novo ambiente é mais baixa do que a que ali atuava anteriormente" é também evidenciada pelo exame das texturas superficiais dos grãos. As amostras da Formação Chuí estratigraficamente mais velhas (III, IV, V, VI, VII e VIII), embora com suas feições mecânicas muito destruídas, em algumas delas, por intemperismo e/ou diagênese, apresentam estas feições bem mais impressas e em maior número por área, que as amostras mais novas.

e) O estudo de diversas amostras de uma formação capacita-nos a evidenciar seus diversos subambientes ou as variações ambientais às quais a formação em estudo esteve submetida, permitindo deduções de ordem paleogeográfica. No presente caso, a evolução da área teria abrangido 5 fases principais de variação cíclica da linha de praia, prova

velmente relacionadas e consistentes com as mudanças eustáticas já estabelecidas com base nas evidências geológicas. As evidências obtidas do exame de texturas superficiais de grãos de sedimentos da Província Costeira do Rio Grande do Sul, forneceram mais um argumento favorável para a hipótese apresentada por *Jost(1971); Jost et al.(1971)*, *Soliani Junior (1973)* e *Soliani Junior & Jost (1976, apud Zeltzer, 1976)* de que as formações Chuí, Itapoã, e Quinta teriam se formado a partir de condições deposicionais surgidas de ciclos transgressivos-regressivos do nível do mar, durante o Pleistoceno e Holoceno. Realmente, a história ambiental elaborada, através do exame minucioso das texturas superficiais exibidas pelo conjunto de grãos que compõem cada amostra, fornece dados consistentes com aqueles obtidos de evidências geológicas e indicando, além disso história deposicional mais complexa.

9. BIBLIOGRAFIA

- BAKER, H.W., Jr. - 1976 - Environmental sensitivity of submicroscopy surface textures on quartz sand grains. A statistical evaluation. Jour.Sed.Petrol., vol. 46, n° 4, p. 871-880.
- BARBAROUX, L.; BOUSQUET, B.; BROUSSE, R.; DA NOBREGA COUTINHO, P. & JOVIC, P. - 1972 - Examen au microscope électronique à balayage de grains de sable de diverses origines. Essai de typologie, signification environnementale. Bull. du B.R.G.M., 2^e Ser., section IV, n° 4, p. 3-31.
- BIEDERMAN, E.W., Jr. - 1962 - Distinction of shoreline environments in New Jersey. Jour.Sed.Petrol., vol. 32, n° 3, p. 181-200.
- BLACKWELDER, P.L. & PILKEY, O.H. - 1972 - Electron microscopy of quartz grain surface textures : The U.S. Eastern Atlantic Continental Margin. Jour. Sed. Petrol., vol. 42, n° 3, p. 520-526.
- BROWN, J.E. - 1973 - Depositional histories of sand grains from surface textures. Nature, vol. 242, n° 5397, p. 396-398.

- BULL, P.A. - 1977 - Glacial deposits identified by chatter mark trails in detrital garnets: comment. *Geology*, vol. 5, nº 6, p. 248.
- BUSSON, G. - 1968 - Des sables ronds mats, émoussés-luisants et non-usés observés au microscope électronique à balayage (Stereoscan). *Bull. Mus. Nat. d'Histoire Nat.*, vol. 40, p. 850-856.
- CAILLEUX, A. - 1942 - Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mém. Soc. géol. France*, vol. 21, p. 1-176.
- CAYEUX, L. - 1929 - Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. Carte Géol. France*, 696 p.
- COCH, N.K. & KRINSLEY, D.H. - 1971 - Comparison of stratigraphic and electron microscopic studies in Virginia Pleistocene coastal sediments. *Jour. Geol.*, vol. 79, nº 4, p. 426-437.
- DELANEY, P.J.V. - 1965 - Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação especial da Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre*, vol. 6, p. 1-105.
- DOORNKAMP, J.C. & KRINSLEY, D.H. - 1971 - Electron microscopy applied to quartz grains from a tropical environment. *Sedimentology*, vol. 17, nº 1, p. 89-101.

- FOLK, R.L. - 1975 - Glacial deposits identified by chatter-mark trails in detrital garnets. *Geology*, vol. 3, n° 8, p. 473-475.
- FOLK, R.L. - 1977 - Glacial deposits identified by chatter-mark trails in detrital garnets: reply. *Geology* vol. 5, n° 6, p. 249.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. - 1957 - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour Sed. Petrol.*, vol. 27, n° 1, p. 3-27.
- FOLK, R.L. & WEAVER, C.E. - 1952 - A study of the texture and composition of chert. *Am. Jour. Sci.*, vol. 250, n° 7, p. 498-510.
- HAMILTON, W. & KRINSLEY, D.H. - 1967 - Upper Paleozoic glacial deposits of South Africa and southern Australia. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 78, n° 6, p. 783-799.
- HILLMAN, D.B.; FYEE, S.W.; STARKEY, J. & LEONARDOS, O. H. 1975 - Etch features in quartz: A possible method for determination of source of quartz grains. *An. Acad. Bras. Ciên.*, vol. 47, n° 3/4, p. 421-430.
- HODGSON, A.V. SCOTT, W.B. - 1970 - The identification of ancient beach sands by the combination of size analyses and electron microscopy. *Sedimentology*,

vol. 14, nº 1, p. 67-75.

- HORNBY, M.R. & SCOTT, W.B. - 1969 - A surface replica technique for the examination of quartz sand grains in the electron microscope. Jour. Sed. Petrol. vol. 39, nº 4, p. 1608-1609.
- INGERSOLL, R.V. - 1974 - Surface textures of first cycle quartz sand grains. Jour. Sed. Petrol., vol. 44 , nº 1, p. 151-157.
- JOST, H. - 1971 -O Quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul - Brasil. An. XXV Congr. Bras. Geol., vol. 1, p. 53-62.
- JOST, H.; PINTO, J.F. & LOSS, E.L. - 1971 - Novas informações estratigráficas sobre o quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul -Brasil. An. XXV Congr. Bras. Geol., vol. 1, p. 49-52.
- KRAUSPENHAR, E.B.; VILLWOCK, J.A. & ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1976 - Evidências texturais de retrabalhamento de grãos de areia da Provincia Costeira do Rio Grande do Sul. Res. XXIX Congr. Bras. Geol., p.54.
- KRAUSPENHAR, E.B. & ROCHA-CAMPOS, A.C. - no prelo - Marcas em crescente coaxiais ("chattermark trails") em grãos de quartzo da Província Costeira do Rio Grande do Sul. - Brasil. An. Acad. Bras. Ciên..

- KRINSLEY, D.H. & DONAHUE, J.- 1968 a - Methods to study surface textures of sand grains: a discussion . Sedimentology, vol. 10, n° 3, p. 217-221.
- KRINSLEY, D.H. & DONAHUE, J. - 1968 b -Diagenetic surface textures on quartz grains in limestones. Jour.Sed. Petrol., vol. 38, n° 3, p. 859-862.
- KRINSLEY, D.H. & DONAHUE, J. - 1968 c -Environmental interpretation of sand grain surface textures by electron microscopy. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 79 , n° 6, p. 743-748.
- KRINSLEY, D.H. & DOORNKAMP, J.C. - 1973 - Atlas of quartz sand surface textures.Cambridge Univ. Press, 91 p.
- KRINSLEY, D.H. & FUNNELL, B.M. - 1965 -Environmental history of quartz sand grains from the Lower and Middle Pleistocene of Norfolk, England.Quart.Jour. Geol . Soc. London, vol. 121, n° 484, p. 435-461.
- KRINSLEY, D.H. & NEWMAN, W.S. -1965-Pleistocene glaciation: a criterion for recognition of its onset. Science vol. 149, n° 3682, p. 442-443.
- KRINSLEY, D.H. & SMALLEY, I.J. - 1973 - The shape and nature of small sedimentary quartz particles.Science vol. 180, p. 1277-1279.

- KRINSLEY, D.H. & TAKAHASHI, T. - 1962 a - Surface textures of sand grains: an application of electron microscopy. Science, vol. 135, n° 3483, p. 923-925.
- KRINSLEY, D.H. & TAKAHASHI, T. - 1962 b - Surface textures of sand grains: an application of electron microscopy: glaciation. Science, vol. 138, n° 3546, p. 1262-1264.
- KRINSLEY, D.H. & TAKAHASHI, T. - 1964 - A technique for the study of surface textures of sand grains with electron microscopy. Jour. Sed. Petrol., vol. 34, n° 2, p. 423-426.
- KRINSLEY, D.H.; TAKAHASHI, T.; SILBERMAN, M.L. & NEWMAN, W.S. - 1964 - Transportation of sand grains along the Atlantic shore of Long Island, New York: an application of electron microscopy. Marine Geol., vol. 2, n° 1/2, p. 100-120.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J. - 1938 - Manual of Sedimentary Petrology. New York, Appleton Century Crofts Inc. 549 p.
- KUENEN, Ph. H. - 1960 - Experimental abrasion 4 : Eolian action. Jour. Geol., vol. 68, n° 4, p. 427-449.
- KUENEN, Ph. H. & PERDOK, W.G. - 1962 - Experimental abrasion 5. Frosting and defrosting of quartz grains. Jour. Geol., vol. 70, n° 6, p. 648-658.

- LANDIM, P.M.B. - 1970 - Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. Tese de Livre-Docência. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Rio Claro (inédita).
- LANDIM, P.M.B. & BARROS, M.B.R. - 1972 - Distinção de tilitos dentre os mistitos do Subgrupo Itararé. Rev. Soc. Bras. Geol., vol. 2, nº 4, p. 270-274.
- LANDIM, P.M.B.; CRUZ-LANDIM, C.D.A. & KITAJIMA, E.W. - 1975 - Observações de texturas superficiais em grãos de areia da Formação Aquidauana (Neopaleozóico) com microscopia eletrônica. An. Acad. Bras. Ciênc., vol. 47, nº 2, p. 243-250.
- LAUDERMILK, J.D. - 1931 - On the origin of desert varnish. Am. Jour. Sci., ser. 5, vol. 21, nº 1, p. 51-66.
- LE RIBAUT, L. - 1975 - L'exoscopie méthode et applications. Cie. Française des Pétroles. Notes et Memoires, nº 12, 231 p.
- MARGOLIS, S.V. - 1966 a - Electron micrography of modern and ancient quartz sand grains. Coastal Res. Notes, vol. 2, p. 7-8.
- MARGOLIS, S.V. - 1966 b - Quartz sand surface textures as an indicator of shoreline energy levels. Coastal Res. Notes, vol. 2, p. 13-14.

- MARGOLIS, S.V. - 1968 - Electron microscopy of chemical solution and mechanical abrasion features on quartz sand grains. *Sed. Geol.*, vol. 2, p. 243-256.
- MARGOLIS, S.V. & KENNETH, J.P. - 1971 - Cenozoic paleoglac-
cial history of Antarctica recorded in subantarctic deep-sea cores. *Jour. Amer. Sci.*, vol. 271, n^o 1, p. 1-36.
- MARGOLIS, S.V. & KRINSLEY, D.H. - 1971 - Submicroscopic frosting on eolian and subaqueous quartz sand grains. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 82, n^o 12, p. 3395-3406.
- MARGOLIS, S.V. & KRINSLEY, D.H. - 1974 - Processes of formation and environmental occurrence of microfeatures on detrital quartz grains. *Jour. Amer. Sci.*, vol. 274, n^o 5, p. 449-464.
- MATHER, T. - 1965 - Electron microscopy of terrace deposits and modern coastal sands. *Coastal Res. Notes*, vol. 2, p. 22-23.
- MULLER, G. - 1967 - Methods in sedimentary petrography (part 1). New York, Hafner Publishing Co., 283 p.
- NORDSTROM, C.E. & MARGOLIS, S.V. - 1972 - Sedimentary history of central California shelf sand as revealed by scanning electron microscopy. *Jour. Sed. Petrol.* 42, n^o 3, p. 527-536.

- PETTIJOHN, F.J. - 1957 - Sedimentary Rocks. 2^a ed. Harpers and Bros., Publ., 718p.
- PITTMAN, E.D. - 1972 - Diagenesis of quartz in sandstones as revealed by scanning electron microscopy. Jour. Sed. Petrol., vol. 42, nº 3, p. 507-519.
- PORTER, J.J. - 1962 - Electron microscopy of sand surface texture. Jour. Sed. Petrol., vol. 32, nº 1, p. 124-135.
- READE, T.M. - 1892 - Shape of sand grains. Geol. Mag., N. Ser., vol. 3, nº 9, p. 478-479.
- REX, R.W. & MARGOLIS, S.V. - 1969 - Surface features on sand grains from Antarctic continental shelf and deep-sea cores. Jour. Antarctic, vol. 4, nº 5, p. 168-169.
- REX, R.W.; MARGOLIS, S.V. & MURRAY, B. - 1970 - Possible interglacial dune sands from 300 meters water depth in the Weddell Sea, Antarctica. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 81, nº 11, p. 3465-3472.
- RIEZEBOS, P.A. & VAN DER WAALS, L. - 1974 - Silt-sized quartz particles: a proposed source. Sed. Geol., vol. 12, p. 279-286.
- ROCHA-CAMPOS, A.C.; FARJALLAT, J.E.S. & YOSHIDA, R. - 1967 - Fotomicrografia eletrônica de texturas superficiais de grãos de areia indicativas de origem glacial para os sedimentos do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Bol. Par. Geoc., nº 26, p. 36.

- ROCHA-CAMPOS, A.C. & KRAUSPENHAR, E.B. - no prelo- Glacial deposits identified by chattermark trails in detrital detrital garnets: comment. Geology.
- ROCHA-CAMPOS, A.C.; YOSHIDA, R. & FARJALLAT, J.E.S. - 1968a Texturas superficiais de grãos de areia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) examinadas ao microscópio eletrônico . Res.Com.XXII Congr.Bras.Geologia, p.65.
- ROCHA-CAMPOS, A.C.; YOSHIDA, R. & FARJALLAT, J.E.S. -1968b- Texturas superficiais de grãos de areia da Formação Botucatu (Cretáceo Inferior) examinados ao microscópio eletrônico. Res. Com. XXII Congr. Bras.Geologia , p. 66.
- ROTH, R. - 1932 - Evidence indicating the limits of triassic in Kansas, Oklahoma and Texas. Jour. Geol., vol.40 nº 8 , p. 688-725.
- SANDBERG, P.A. & HAY, W.W. - 1968 - Application of scanning electron microscopy in paleontology and geology. Proc. Symp. Scanning E.Microscope- The Instrument and its application, II T.Res. Inst., Chicago, p.29-38.
- SETLOW, L.W. & KARPOVICH, R.P. - 1972- "Glacial" micro-textures on quartz and heavy mineral sand grains from the littoral environment. Jour. Sed. Petrol., vol. 42, nº 4, p. 864-875.
- SILBERMAN, M.L.- 1969 - Preliminary report on electron micros-

- copy examination of surface textures of quartz sand grains from Bering shelf. Geol. Surv. Res.; Prof. Paper, 650 C: C 33-C 37.
- SLATT, R.M. - 1973 - Frosted beach-sand grains on the New foundland continental shelf. Bull. Geol. Soc. Am. , vol. 84, nº 5, p. 1807-1812.
- SMALLEY, I.J. & CABRERA, J.C. - 1970 - The shape and surface textures of loess particles. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 81, nº 4, p. 1591-1596.
- SOLIANI, JR., E. - 1973 - Geologia da região de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul, e a posição estratigráfica dos fósseis de mamíferos pleistocênicos. Dissertação de Mestrado, Inst. Geoc. UFRGS, (inédita).
- SORBY, H.C. - 1880 - On the structure and origin of non-calcareous stratified rocks. Quart. Jour. Geol. Soc. London vol. 36, p. 46-92.
- SOUTENDAM, C.J.A. - 1967 - Some methods to study surface textures of sand grains. Sedimentology, vol. 8, p. 281-290.
- STIEGLITZ, R.D. - 1969 - Surface textures of quartz and heavy mineral grains from fresh-water environments an application of scanning electron microscope. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 80, nº 10, p. 2091-2094.
- SUBRAMANIAN, V. - 1975 - Origin of surface pits on quartz as

- revealed by scanning electron microscopy. Jour. Sed. Petrol., vol. 45, n° 2, p. 530-534.
- THOULET, M.J. - 1881 - Étude minéralogique d'un sable du Sahara. Bull. Soc. Mineral. France, vol. 4, n° 8, p. 262-268.
- VILLWOCK, J.A. - 1972 - Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil. Dissertação Mestrado. Inst. Geoc. UFRGS. (inédita)
- VILLWOCK, J.A. - 1977 - Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa do Casamento e Saco do Cocucuto - Rio Grande do Sul - Brasil. Tese de Doutorado, Inst. Geociências UFRGS (inédita)
- WENTWORTH, C.K. - 1936a - An analysis of the shape of glacial cobbles. Jour. Sed. Petrol., vol. 6, n° 2, p. 85-96.
- WENTWORTH, C.K. - 1936b - The shape of glacial and ice jam cobbles. Jour. Sed. Petrol., vol. 6, n° 2, p. 97-108.
- WHALLEY, W.B. & KRINSLEY, D.H. - 1974 - A scanning electron microscope study of surface textures of quartz grains from glacial environments. Sedimentology, vol. 20, n° 1, p. 87-105.
- WOLFE, M.H. - 1967 - An electron microscope study of the surface texture of sand grains from a basal conglomerate. Sedimentology, vol. 8, n° 2, p. 239-247.

ZELTZER, F. - 1976 - Geologia e Paleogeografia da Restinga da Laguna dos Patos - Rio Grande do Sul - Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências UFRGS (inédita).

ESTAMPA I

Amostra I

Fotomicrografia 1

Notar fratura concóide grande (A), fratura concóide pequena (B) preservadas em superfície com micropontuação (C) muito densa.

Fotomicrografia 2

Blocos grandes (D) e blocos pequenos (E) são perfeitamente delimitáveis neste grão.

Fotomicrografia 1

Fotomicrografia 2

ESTAMPA II

Amostra I

Fotomicrografia 3

Observar depósitos de sílica (F), sobre su
perfície de fratura concóide grande, e super
fícies afetadas por corrosão química (G).

Fotomicrografia 4

Degraus em arco (H), sobre fratura concóide
grande, preservados dos efeitos de corro
são química neste grão.

Fotomicrografia 3

Fotomicrografia 4

ESTAMPA III

Amostra II

Fotomicrografia 5

Notar superfície muito desgastada exibindo micropontuação (A) e depósitos de sílica (B), em forma de pequenos tubos.

Fotomicrografia 6

Observar pequenos depósitos de sílica isolados (C), associados a micropontuação, sobre superfície desgastada.

Fotomicrografia 5

Fotomicrografia 6

ESTAMPA IV

Amostra II

Fotomicrografia 7

Observar placas salientes (D), sobre anti
ga superfície do grão preservada de cor-
rosão química.

Fotomicrografia 8

Vestígios de uma fratura concóide grande
(E), muito destruída por micropontuação e
corrosão química.

Fotomicrografia 7

Fotomicrografia 8

ESTAMPA V

Amostra III

Fotomicrografia 9

Notar fratura concóide grande (A), com sulco encurvado sobre sua superfície (B), sendo destruída por corrosão química (C).

Fotomicrografia 10

Observar blocos pequenos (D), blocos grandes (E) e crista meandrante (F) preservados de corrosão química, muito desenvolvida neste grão.

Fotomicrografia 9

Fotomicrografia 10

ESTAMPA VI

Amostra III

Fotomicrografia 11

Observar vestígios de fratura em arco iso
lada (G), sobre superfície quase totalmente
corroída.

Fotomicrografia 12

Ressaltam-se os amplos efeitos da corrosão
química sobre os grãos desta amostra.

Fotomicrografia 11

Fotomicrografia 12

ESTAMPA VII

Amostra IV

Fotomicrografia 13

Notar fratura concóide grande (A), com de
pósitos de sílica sobre sua superfície (B).

Fotomicrografia 14

Fraturas em arco isoladas (C) bastante des
gastadas e bloco pequeno (D).

Fotomicrografia 13

Fotomicrografia 14

ESTAMPA VIII

Amostra IV

Fotomicrografia 15

Corrosão química (E) sobre superfície des
gastada. Exibe, também, fratura concóide gran
de, com depósitos de sílica sobre sua super-
fície.

Fotomicrografia 16

Pequenas fraturas concóides (F). associadas
a sulcos em crescente (G), em uma superfí-
cie desgastada. Parece ocorrer também crista
meandante inicial (H).

Fotomicrografia 15

Fotomicrografia 16

ESTAMPA X

Amostra V

Fotomicrografia 19

Depósitos de sílica (H) e degraus em arco (I) são observadas sobre superfície de fratura concóide grande.

Fotomicrografia 20

Exibe corrosão química (J) destruindo a superfície do grão.

Fotomicrografia 19

Fotomicrografia 20

ESTAMPA XI

Amostra VI

Fotomicrografia 21

Notar fraturas em arco isoladas (A), conjuntos de fraturas em crescente coaxiais, com disposição concêntrica (B), sulcos retos (C), depósitos de sílica (D) e placas salientes (E).

Fotomicrografia 22

Esta fotomicrografia apresenta feições, já descritas na figura anterior (A, B e C), sendo destruídos por corrosão química.

Fotomicrografia 21

Fotomicrografia 22

ESTAMPA XII

Amostra VI

Fotomicrografia 23

Exibe marcas triangulares isorientadas (F), sobrecrecimento cristalino, padrão prismático (G) e fratura concóide grande (H).

Fotomicrografia 24

Blocos grandes (I) e demais feições mecânicas primárias (B,C) destruídas por corrosão química (J).

Fotomicrografia 23

Fotomicrografia 24

ESTAMPA XIII

Amostra VII

Fotomicrografia 25

Notar fraturas em arco isoladas (A), fratu
ras em crescente coaxiais (B), fratura
concóide pequena (C).

Fotomicrografia 26

Observar sulcos retos (D), sulcos encur
vados (E), micropontuação (F).

Fotomicrografia 25

Fotomicrografia 26

ESTAMPA XIV

Amostra VII

Fotomicrografia 27

Fraturas concóides grandes (G) com sulcos encruvados sobre sua superfície. Observar igualmente indentações em "v" (H), depósitos de sílica (I).

Fotomicrografia 28

Exibe superfície do grão com pequenas indentações em "v" e blocos pequenos (I) destruídos, parcialmente, por micropon-tuação.

Fotomicrografia 27

Fotomicrografia 28

ESTAMPA XV

Amostra VIII

Fotomicrografia 29

Notar numerosos conjuntos de fraturas em crescente coaxiais (A), destruídos, em pontos isolados, por corrosão química (B).

Fotomicrografia 30

Observar blocos pequenos (C), blocos grandes (D), fraturas concóides pequenas (E) e micropontuação (F).

Fotomicrografia 29

Fotomicrografia 30

ESTAMPA XVI

Amostra VIII

Fotomicrografia 31

Feições mecânicas primárias (fraturas em crescente coaxiais) sendo, paulatinamente, destruídas por corrosão química posterior.

Fotomicrografia 32

Feições mecânicas primárias destruídas por corrosão química.

Fotomicrografia 31

Fotomicrografia 32

ESTAMPA XVII

Amostra IX

Fotomicrografia 33

Notar conjuntos em crescente coaxiais (A), fraturas em arco isoladas (B), parcialmente, destruídas por corrosão (C).

Fotomicrografia 34

Observar indentações em "v" (D) e demais feições mecânicas (A,B) sobre superfície "alisada" do grão, sendo destruídas por corrosão química (E).

Fotomicrografia 33

Fotomicrografia 34

ESTAMPA XVIII

Amostra IX

Fotomicrografia 35

Micropontuação (F) e "superfície desgastada" (G). Superfície "alisada" com feições mecânicas (B,D) parcialmente destruídas por corrosão química.

Fotomicrografia 36

Superfície do grão afetada, por corrosão química. Vestígios de fratura concóide grande (H).

Fotomicrografia 35

Fotomicrografia 36

ESTAMPA XIX

Amostra X

Fotomicrografia 37

Notar indentações em "v" (A), sulcos retos (B), sulcos encurvados (C), fraturas em arco isoladas (D), depósitos de sílica (E), fraturas em crescente coaxiais (F).

Fotomicrografia 38

Observar fratura concóide grande (G) cortada por sulco reto. Ocorre micropontuação (H), sobre a superfície desgastada do grão.

Fotomicrografia 37

Fotomicrografia 38

ESTAMPA XX

Amostra X

Fotomicrografia 39

Observar fratura concóide pequena (I) e so
brecrecimento cristalino (K) destruídos
por superfície de corrosão (J).

Fotomicrografia 40

Superfície de corrosão e precipitação (L)
são, facilmente, observadas.

Fotomicrografia 39

Fotomicrografia 40

ESTAMPA XXI

Amostra XI

Fotomicrografia 41

Notar fraturas concôides pequenas (A), com depósitos de sílica (B) sobre sua superfície. Estas feições estão destruídas, parcialmente, por corrosão química (C).

Fotomicrografia 42

Observar marcas triangulares isorientadas (D) e sobrecrecimento cristalino, padrão prismático (E).

Fotomicrografia 41

Fotomicrografia 42

ESTAMPA XXII

Amostra XI

Fotomicrografia 43

Exibe ampla superfície de corrosão e precipitação, existente no grão.

Fotomicrografia 44

Evidencia igualmente superfície de corrosão e precipitação.

Fotomicrografia 43

Fotomicrografia 44

ESTAMPA XXIII

Amostra XII

Fotomicrografia 45

Notar indentações em "v" (A), sulcos retos (B), sulcos encurvados (C), fraturas em arco isoladas (D), micropontuação (E) e superfície de corrosão e precipitação (F).

Fotomicrografia 46

Depósitos de sílica (G) e feições descritas, na fotomicrografia acima (A, E e F), ocorrem associadas.

Fotomicrografia 45

Fotomicrografia 46

ESTAMPA XXIV

Amostra XII

Fotomicrografia 47

Observar fratura concóide grande (H), com depósito de sílica sobre sua superfície; estão, parcialmente, destruídas por superfície de corrosão e precipitação.

Fotomicrografia 48

Ravinamento químico (I), marcas triangulares isorientadas (J) e sobrecrecimento cristalino com padrão prismático (K).

Fotomicrografia 47

Fotomicrografia 48

ESTAMPA XXV

Amostra XIII

Fotomicrografia 49

Notar fraturas concóides grandes (A), sulcos retos (B), sulcos encurvados (C), dep_ositos de sílica (D), micropontuação (E) e degraus em arco (F).

Fotomicrografia 50

Associada a numerosas indentações em "v" (G) ocorre crista meandrante (H). Exibe ainda micropontuação.

Fotomicrografia 49

Fotomicrografia 50

ESTAMPA XXVI

Amostra XIII

Fotomicrografia 51

Sulcos retos isorientados (I) sendo, par_ cialmente, destruidos por deposições de sílica (J) e corrosão química.

Fotomicrografia 52

Feições mecânicas primárias (sulcos re_ tos, indentações em "v", destruidas por corrosão química (K). Observa-se, ainda, sobrecrecimento cristalino (L).

Fotomicrografia 51

Fotomicrografia 52

ESTAMPA XXVII

Amostra XIV

Fotomicrografia 53

Notar indentações em "v" (A), sulcos retos (B), sulcos encurvados (C), depósitos de sílica (D), micropontuação (E).

Fotomicrografia 54

Marcas triangulares isorientadas (F), observadas sobre superfície desgastada. Ocorrem também feições já descritas na fotomicrografia anterior (A, D e E).

Fotomicrografia 53

Fotomicrografia 54

ESTAMPA XXVIII

Amostra XIV

Fotomicrografia 55

Indentações em "v", sulcos encurvados e depósitos de sílica, destruídos por superfície de corrosão e precipitação (G).

Fotomicrografia 56

Feições primárias destruídas por ampla faixa de corrosão química (H).

Fotomicrografia 55

Fotomicrografia 56