

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Petrografia e Microscopia Eletrônica de Varredura de Diferentes Gerações de
Peledunas Eólicas Quaternárias do Morro de Santa Maria,
Município de Laguna, SC**

Caroline Thaís Martinho, Paulo César Fonseca Giannini
Pesquisas em Geociências, 28 (2): 53-66, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20268>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Petrografia e Microscopia Eletrônica de Varredura de Diferentes Gerações de Paleodunas Eólicas Quaternárias do Morro de Santa Marta, Município de Laguna, SC

CAROLINE THAÍS MARTINHO & PAULO CÉSAR FONSECA GIANNINI

Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental – Instituto de Geociências,
Universidade de São Paulo – Rua do Lago, 562, São Paulo, SP – CEP 05508-000.

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - Four stratigraphic units of Quaternary sands, interpreted as generations of eolian deposits, are recognized in the Santa Catarina mid-south coast (generations 1, 2, 3 and 4). In previous studies, the distinction of these units with base in grain-size and heavy minerals data presented limitations. In this paper, the units 1, 2 and 3, outcropping in the Santa Marta hill (to south from Laguna town), were compared by petrographic and SEM-EDS analyses, what made possible a better characterization and differentiation among these units. These analyses evidenced differences as for the cement texture and to the abundance of predominantly intraclastic lithic components. In general, the units of studied paleodunes are composed by quartzous sands, cemented by caulinitic-organic-ferruginous material. In the unit 1 the cementation degree is higher, the cement possesses colloidal precipitate aspect and meniscus texture. The higher mineralogical maturity and lower textural maturity of this unit are coherent with the supposition of older depositional age. The unit 2, supposedly younger, has lower cementation degree, higher textural maturity and lower mineralogical maturity. It could be, partly, product of the reworking of older eolian generations. The existence of glauconite clasts in the two older generations (units 1 and 2) would attest the influence of coastal sedimentary supply to the eolian deposits. The unit 3 is in consolidated, with only a fine cement coating involving the grains, what confirms its character of younger generation.

Keywords - Eolian dunes, Quaternary, coastal geology.

INTRODUÇÃO

Objetivos

Estudos prévios na região de Laguna-Imbituba, costa centro-sul de Santa Catarina (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994; Giannini *et al.*, 1997), têm permitido a distinção de pelo menos quatro unidades estratigráficas de areias quaternárias, interpretadas como gerações de depósitos eólicos (da mais antiga para mais nova, gerações 1, 2, 3 e 4). Através dos resultados destes estudos, dispõe-se de um conjunto de critérios, analíticos e de campo, para a identificação destas unidades. A comparação sedimentológica entre elas, em trabalhos anteriores, contemplou aspectos granulométricos e mineralógicos, com ênfase aos minerais pesados da fração detrítica. Em alguns locais, como nas paleodunas empoleiradas sobre o morro Santa Marta, no limite sul do município de Laguna, o estudo destes aspectos não foi suficiente para contrastar claramente a sedimentologia das quatro unidades, principalmente no que se refere às duas supostas gerações mais antigas. O objetivo deste trabalho é a caracterização petrográfica das paleodunas do morro Santa Marta, com ênfase a textura e quimismo do cimento. O intuito é o de explorar a possibilidade de critérios

adicionais para reconhecimento e caracterização das diferentes unidades de depósitos eólicos quaternários no centro-sul catarinense.

Unidades eólicas no centro-sul catarinense

A distinção de quatro unidades de depósitos eólicos quaternários na costa catarinense entre Jaguaruna e Imbituba baseia-se no uso combinado de critérios sedimentológicos e morfoestratigráficos (Giannini, 1993 e Giannini & Suguio, 1994).

Na unidade 1, predominam areias de aspecto maciço, com cimentação argilo-limonítica generalizada e ocorrência freqüente de grânulos e/ou pequenos seixos dispersos. A dissecação é profunda, com ravinas de drenagem em V, transversais à costa. A unidade 2 apresenta cimentação pedogenética heterogênea, a qual pode formar manchas e bandas nodulares onduladas (bandas de infiltração *sensu* Pye 1983). A cor mais comum é o pardo escuro a amarelo-alaranjado. Sob o aspecto textural, caracteriza-se pela presença freqüente de grânulos e seixos concentrados em paleopavimentos e paleocanais. Seu aspecto geomorfológico mais marcante é a dissecação fluvial controlada por vales entre braços de dunas parabólicas alongadas segundo SW-NE. A unidade 3 constitui-se de areias branco-amareladas ou cinza claro incoesas,

Em respeito ao meio ambiente, este número foi impresso em papel branqueado por processo parcialmente isento de cloro (ECF).

colonizadas por vegetação, com sinais extensivos de pedogênese incipiente. Apresenta-se sob a forma de dunas parabólicas alongadas, imbricadas, ou como rastros lineares residuais de deflação, resultantes de deslocamento de dunas atuais. A unidade 4 corresponde a dunas total ou parcialmente desvegetadas, constituídas por areias de coloração esbranquiçada (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994).

No modelo evolutivo da área, as gerações eólicas 1 e 2 foram correlacionadas aos máximos transgressivos do Pleistoceno superior e do Holoceno, respectivamente, enquanto a geração eólica 3 teria sido formada no últimos séculos (Giannini, 1993; Giannini *et al.*, 2001a,b). A geração eólica 4 corresponde a dunas ativas.

Paleodunas de Santa Marta

O cabo de Santa Marta é um elemento importante na morfologia do litoral sul brasileiro, pois marca a passagem de costa de orientação WSW, a sul, para NE, a norte. Esta mudança é acompanhada também nas características fisiográficas da plataforma adjacente (Giannini, 1993; Angulo *et al.*, 1999). O cabo possui duas elevações maiores. A primeira, de menor altitude (48m), ocupa sua parte sudeste, mais proeminente, onde se localiza o farol de Santa Marta. Nesta área, o embasamento aparece muitas vezes exposto. A segunda elevação (79m), ou morro Santa Marta, situa-se na porção norte-nordeste do cabo, e apresenta-se mais intensamente encoberta por depósitos eólicos de diversas gerações. Por ocupar a parte mais interior do promontório, o morro Santa Marta permaneceu presumivelmente por mais tempo sujeito à deposição de areias eólicas com fonte na praia vizinha a NE (praia Grande do Norte), mesmo sob contextos de nível relativo do mar mais alto que o atual.

Ravinas pluviais de profundidade métrica no flanco sudeste do morro Santa Marta contêm, em suas paredes subverticais, exposições de areias eólicas subconsolidadas, maciças, de cor pardo-avermelhada, sob areias cinza escuro com bandamento nodular ligeiramente irregular. Este empilhamento de unidades eólicas foi interpretado como geração 1 sob geração 2.

No flanco noroeste do morro Santa Marta, podem-se observar escarpas irregulares, onde gerações eólicas mais antigas são colmatadas e “abraçadas” por gerações mais novas, gerando assim inversões estratigráficas aparentes em escala de afloramento. Arenitos pardacentos de aspecto maciço, interpretados como geração eólica 1, aparecem sobre areias e

arenitos estratificados de cor mais clara, reconhecidos como geração 2. Analogamente, paleodunas da geração 3 podem preencher depressões métricas esculpidas nas gerações mais antigas.

As amostras de areias subconsolidadas das unidades 1 e 2 analisadas neste trabalho foram coletadas nos flancos noroeste e sudeste do morro Santa Marta, enquanto as areias inconsolidadas da unidade 3 foram amostradas no flanco noroeste do mesmo morro.

MÉTODOS

Análise petrográfica

Cinco amostras das unidades 1 e 2, previamente impregnadas com resina colorida (azul), foram submetidas a estudo petrográfico, realizado em sete passos. A finalidade dessa organização em passos foi a de disciplinar as escalas e enfoques de exame da amostra. Desse modo, partiu-se do geral para o particular, das feições deposicionais para as diagenéticas, e dos aspectos descritivos para os interpretativos. Os passos seguidos foram:

1. Estimativa modal percentual de componentes petrográficos deposicionais (arcabouço e matriz) e diagenéticos (cimento e porosidade secundária).

2. Descrição dos aspectos deposicionais do arcabouço, isto é, mineralogia, textura e petrotrama. No estudo da textura, procurou-se avaliar a granulação modal, o desvio-padrão e o grau de seleção granulométricos de acordo com a tabela de estimativa visual de Pettijohn *et al.* (1972), e os parâmetros de forma (esfericidade e arredondamento) segundo a escala de Powers (1953). No estudo da petrotrama, atentou-se para orientação, imbricação e empacotamento, bem como para segregação granular gerada por diferenças de textura, mineralogia ou pelo arranjo espacial.

3. Tentativa de identificação de protomatriz e matriz falsa (pseudo e epimatriz), seguindo critérios de Dott (1964) e Dickinson (1970).

4. Descrição da mineralogia e textura do cimento, com indicação de possíveis gerações.

5. Descrição de tipos de contato intergranular e de feições de quebra ou deformação de grãos, e avaliação de seu significado enquanto indícios de compactação química e mecânica, respectivamente.

6. Descrição do tipo de porosidade secundária segundo a classificação de Schmidt *et al.* (1977).

7. Avaliação da maturidade mineralógica do arenito, segundo classificação de Folk (1968).

8. Avaliação da maturidade textural do arenito, segundo o critério triplo escalonado de Folk (1968).

Análise ao sistema MEV-EDS

Uma amostra de areia de cada unidade (1, 2 e 3) foi analisada ao sistema MEV-EDS (microscopia eletrônica de varredura com espectrometria de energia dispersiva). O equipamento utilizado para as análises foi o Leo 440I do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do IG-USP. Detectores de elétrons secundários, elétrons retroespalhados e energia dispersiva (EDS) foram utilizados, cada qual visando analisar determinadas características das amostras. O detector de elétrons secundários foi aplicado em superfícies de fratura natural das amostras (ou sobre grãos soltos, no caso da unidade 3), com a finalidade de caracterizar a morfologia do cimento nas diferentes unidades. O detector de elétrons retroespalhados permitiu avaliar a variação de peso atômico médio em superfícies de fratura natural, assim como em seções delgadas. O EDS foi usado para microanálises químicas qualitativas, em superfícies de fratura natural ou sobre grãos, e semiquantitativas, em pontos previamente localizados das lâminas delgadas das gerações eólicas 1 e 2. Os alvos principais das microanálises químicas foram o cimento e os clastos de argila. Na unidade 3, devido à escassa quantidade de cimento, foi possível realizar via EDS apenas análises qualitativas.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Análise petrográfica

Os depósitos eólicos de diferentes unidades do morro Santa Marta possuem em comum, do ponto de vista petrográfico, as seguintes características: granulometria modal areia fina a areia muito fina, ausência de protomatriz, cimento constituído essencialmente por argilominerais, empacotamento aberto, compactação mecânica não evidente e contato pontual entre os grãos.

As areias da unidade 1 são compostas principalmente por quartzo (87 a 91 %), seguido de fragmentos líticos (6 a 10%) e feldspatos (cerca de 2%). Dentre os componentes líticos, os intraclastos de argila aparecem em maior quantidade que os clastos de silexito (Fig. 1). A maioria dos clastos de argila possui baixa birrefringência (cor de interferência cinza de

primeira ordem), com aspecto sugestivo de caulinita. Alguns clastos exibem propriedades ópticas como coloração esverdeada e birrefringência ligeiramente mais alta (cor de interferência laranja), mais característicos de composição esmectítica ou glauconítica. Os clastos de argila, bem arredondados, aparecem sempre não deformados, sem evidenciar portanto efeitos de compactação mecânica. A seleção granulométrica do arcabouço é moderada, a esfericidade média a alta, e os grãos de quartzo são subarredondados a arredondados, sem orientação aparente. O cimento perfaz em volume cerca de 7% da amostra, e aparece em alguns locais com coloração avermelhada, o que pode ser atribuído à transformação superficial em óxidos/hidróxidos de ferro ou à ligeira impregnação por este tipo de material. A textura em menisco foi amplamente observada no cimento das areias da unidade 1, podendo ser considerada feição diagnóstica desta unidade (Fig. 4). A porosidade móldica e os poros ampliados com grãos flutuantes são os tipos predominantes de porosidade secundária. Quanto à maturidade mineralógica, os sedimentos da unidade 1 variam de supermaturos a maduros, e, quanto à maturidade textural, de maduros a submaturos.

Nas areias da unidade 2, o cimento e os poros ocorrem em porcentagens relativas ligeiramente menores que na unidade 1. O arcabouço, como na unidade 1, é composto principalmente por quartzo (83 a 89%), componentes líticos extra e intraclásticos (totalizando 8 a 13 %), e raros grãos de feldspato (cerca de 2%). Dentre os componentes líticos, a quantidade de fragmentos de silexito aumenta nesta geração, porém os clastos de argila arredondados permanecem predominantes. Estes últimos possuem, aparentemente, a mesma composição dos intraclastos da unidade 1 (Figs. 2 e 3). Os grãos são bem selecionados, com esfericidade mediana. O grau de arredondamento varia de bem arredondado, nos grãos maiores, a subarredondado, nos menores. O cimento exibe propriedades ópticas análogas às do cimento da unidade 1, do qual difere porém na textura fragmentada, ou aglutinada (Fig. 5). A porosidade é do tipo poros ampliados e grãos flutuantes, com tipo móldico em menor quantidade. Mineralogicamente, as areias desta unidade são maduras, e texturalmente, supermaturos.

Em ambas as unidades, parte do cimento composto por argilominerais pode confundir-se com os clastos de argila presentes no arcabouço, seja pela similaridade óptica seja pela tendência a formar concentrações nodulares.

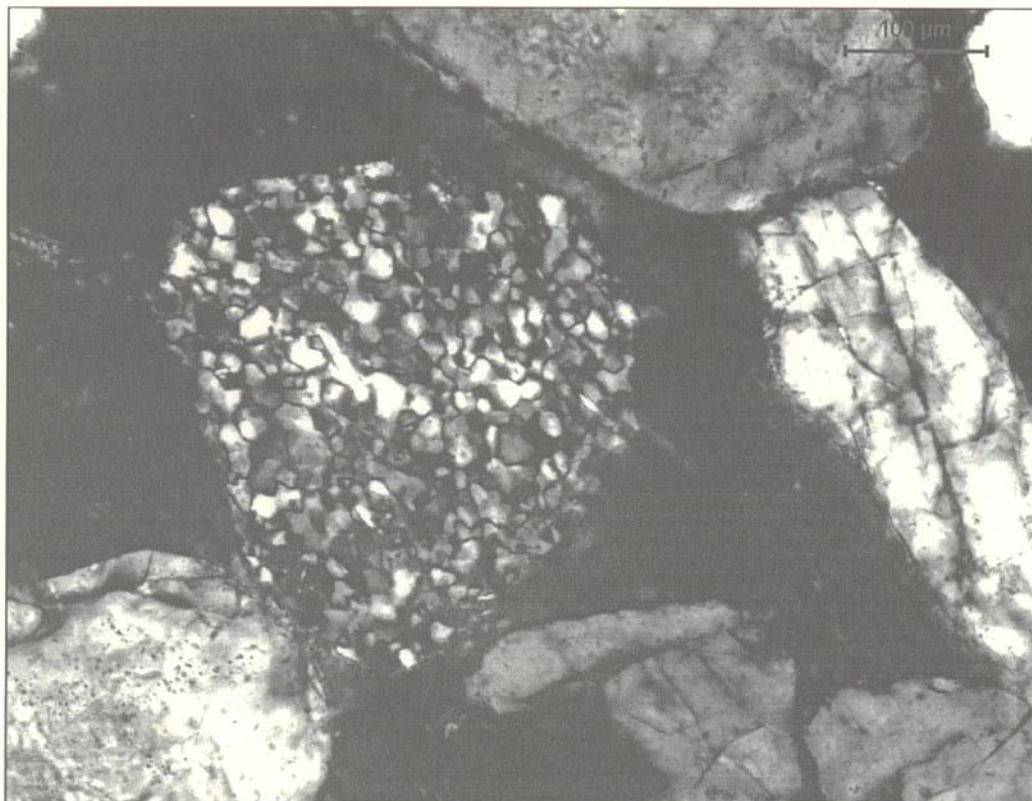


Figura 1 - Detalhe de fragmento lítico de silexite observado em areia da geração eólica 1. Microscópio óptico petrográfico, nicóis cruzados. O lado maior da imagem equivale a 0,73 mm.

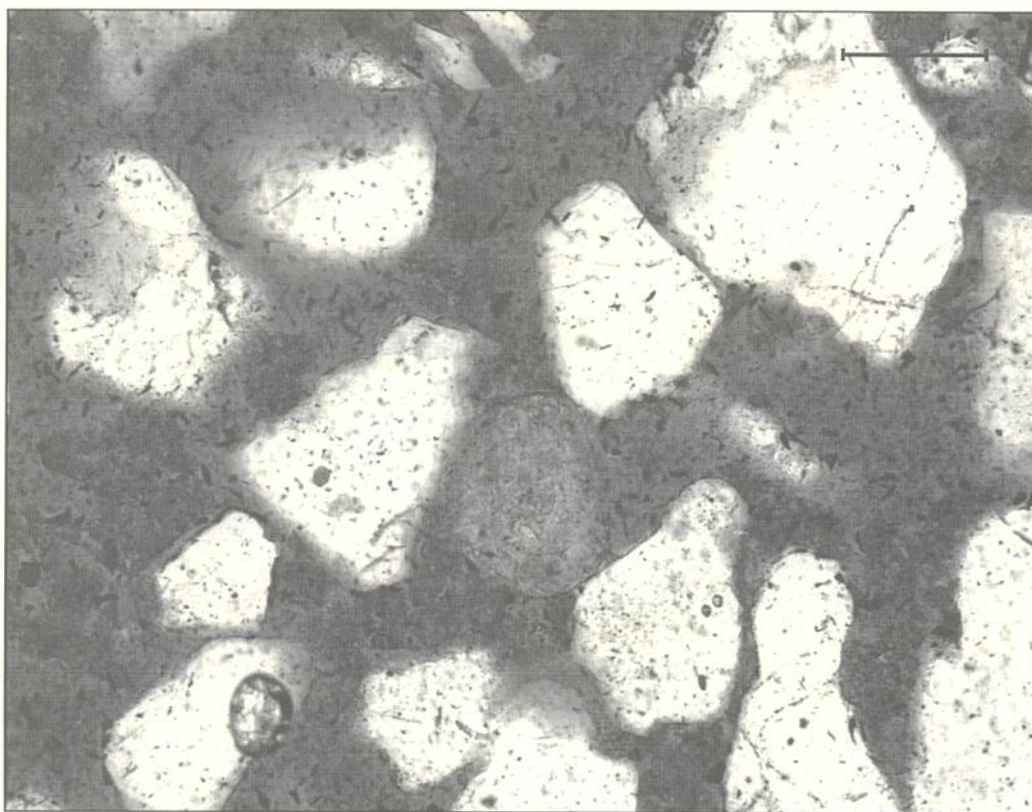


Figura 2 - Detalhe de clasto de argila indeformado, evidenciando baixa compactação mecânica, em areia da geração eólica 2. A coloração esverdeada e a composição química detectada ao EDS convergem para a possibilidade de tratar-se de glauconita. Microscópio óptico petrográfico, nicóis paralelos. O lado maior da imagem equivale a 1,46 mm.



Figura 3 - Mesmo clasto de argila da figura anterior, observado a nicóis cruzados. A cor de interferência argilomineral é amarelada, compatível com a birrefringência da glauconita. O lado maior da imagem equivale a 1,46 mm.

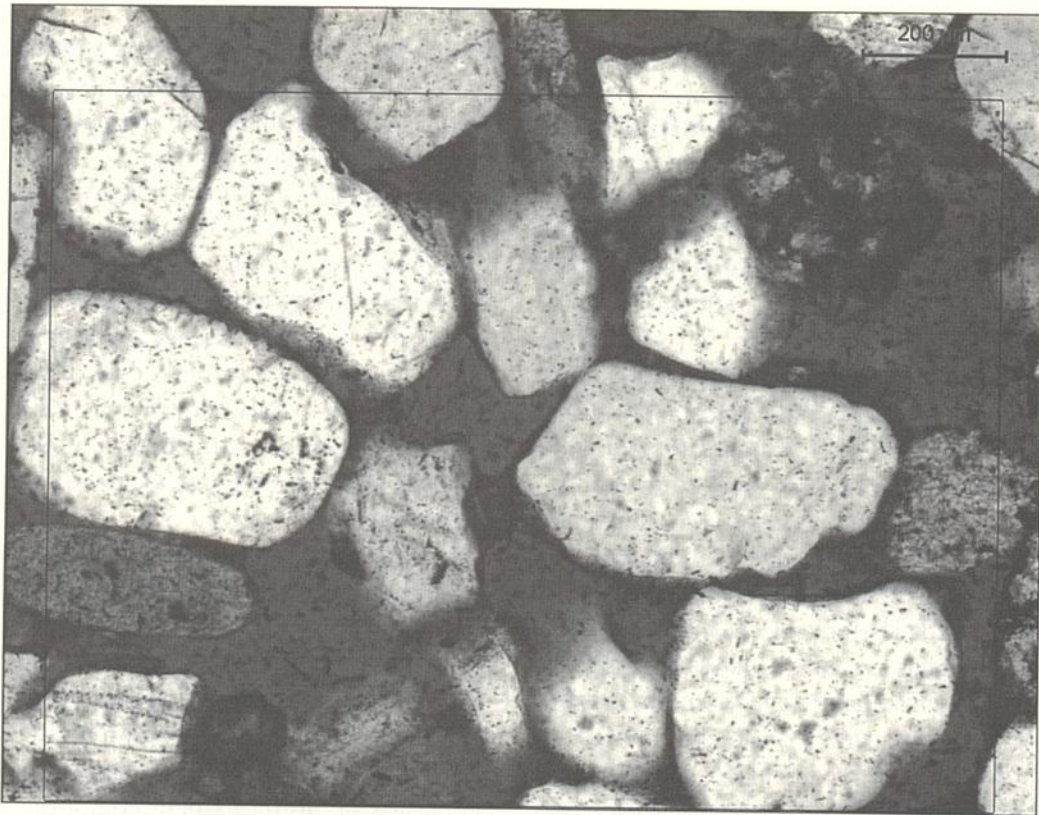


Figura 4 - Clastos de argila (grão escuros) e cimento filossilicático com textura em menisco, em areia da geração eólica I. Microscópio óptico petrográfico, nicóis paralelos. O lado maior da imagem equivale a 1,46 mm.

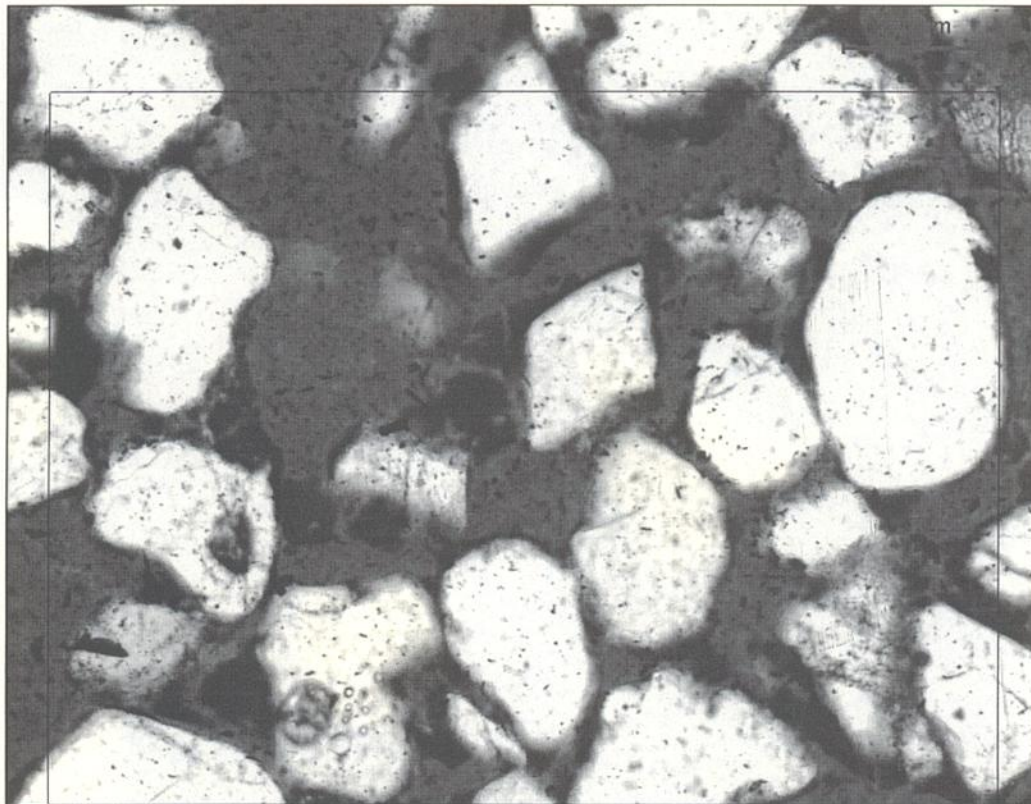


Figura 5 - Cimento com aspecto fragmentado, em areia da geração eólica 2. Microscópio óptico petrográfico, nicóis paralelos. O lado maior da imagem equivale a 1,46 mm.

Análise ao sistema MEV-EDS

Ao comparar-se as imagens de MEV das unidades 1 e 2, quanto à morfologia do cimento, é possível reconhecer diferenças texturais nítidas. O cimento da unidade 1 aparece em maior quantidade, sob forma de massa homogênea de argilominerais muito finos (menor que 1 mm) e sem geometria definida, o que lhe confere aspecto de precipitado coloidal. A relação deste cimento com o arcabouço dá-se de três formas simultâneas: encobrendo grãos, ligando grãos sob a forma de meniscos, e preenchendo interstícios (Figs. 6 a 8). Na unidade 2, o cimento aparece com aspecto particulado. Encobre parcialmente os grãos, em quantidade relativa inferior à da unidade 1, sem chegar a formar meniscos (Figs. 9 a 11). Ao comparar-se as imagens de ambas as unidades, torna-se evidente que as areias da unidade 1 são mais cimentadas que as da unidade 2. Na unidade 3, o cimento aparece apenas como fina película sobre os grãos de quartzo, e não chega a ligar os grãos entre si. Exibe aspecto particulado, conferido pela presença de placas irregulares de argilominerais (Figuras 12 a 14). Morfologias típicas de argilomineral autígeno não foram encontradas. Nas micronálises químicas

qualitativas via EDS, o aspecto comum aos cimentos das três unidades foi a presença essencial de Si, Al e O, o que permite atribuir-lhes composição mineralógica predominantemente caulínítica.

Nas análises semiquantitativas do cimento das unidades 1 e 2, Si, Al e O ocorrem em proporções compatíveis com a composição da caulinita. Detectou-se também carbono, sempre em altos teores (12 a 35%), provavelmente associado à presença de matéria orgânica.

A presença eventual de até 18% em massa de Fe_2O_3 (admitindo que todo o Fe da análise é Fe^{3+}) permite interpretar que o cimento caulínítico estaria, pelo menos localmente, impregnado por óxidos/hidróxidos deste elemento, ou ainda, que o carbono estaria presente sob a forma de complexos organo-ferruginosos. A caulinita presente no cimento das duas unidades (1 e 2) apresenta teor de K_2O variável entre 1,1 a 1,3%. De acordo com Weaver (1989), esta ordem de grandeza de teores de K_2O é normalmente admissível na estrutura da caulinita. O cimento da unidade 2 possui teor de sílica ligeiramente mais alto que o da unidade 1. Os clastos de argila exibem composição presumida variada, ora illítica, ora caulínítica, ora glauconítica (Figuras 15 a 18).

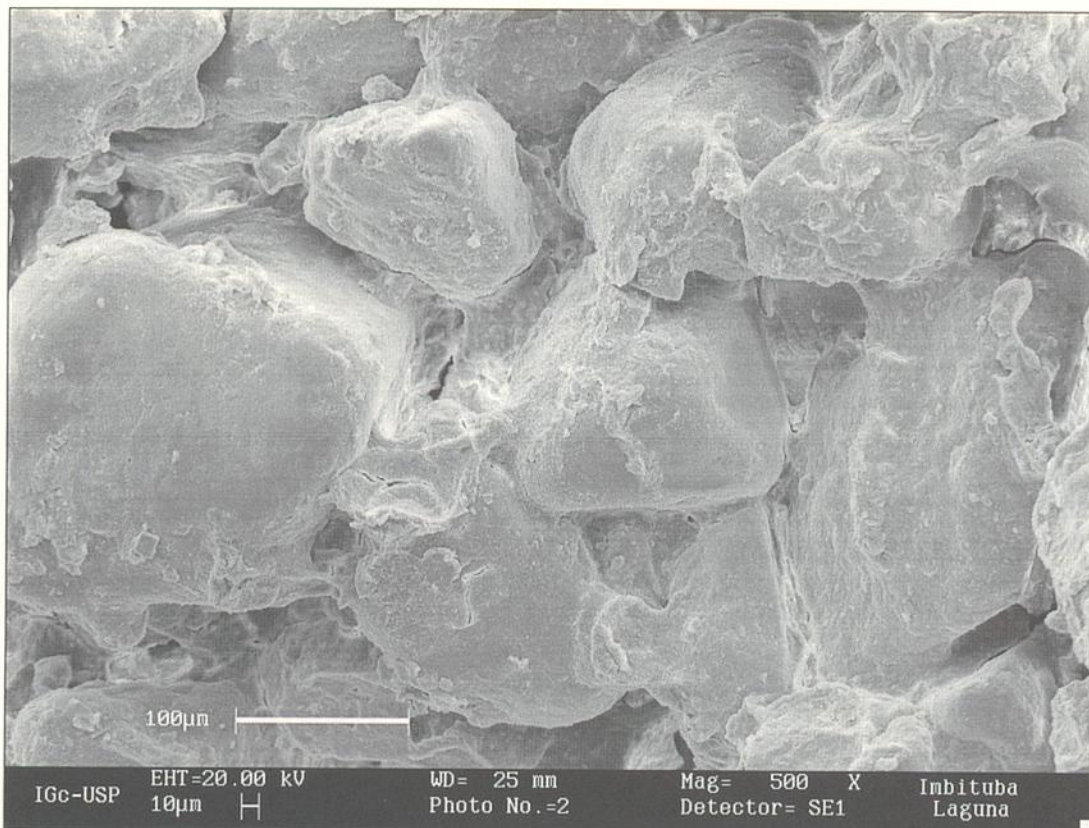


Figura 6 - Areia da geração eólica 1 ao MEV, em detalhe da figura anterior. Aumento 500 x, detector de elétrons secundários. Notar relação de contato, aparentemente flutuante, do grão em relação à massa de cimento.

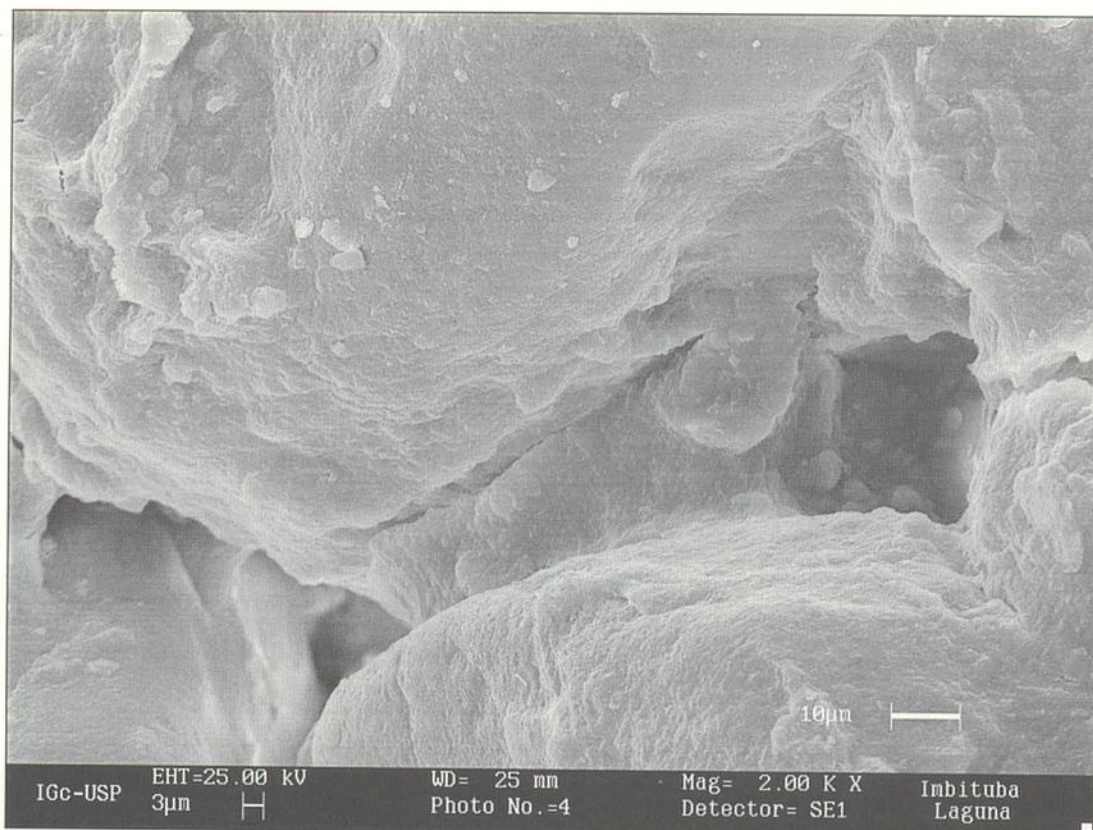


Figura 7 - Cimento em menisco, característico da geração eólica 1, observado ao MEV. Aumento 2000 x, detector de elétrons secundários. Observar a má formação dos argilominerais do cimento, com aspecto de massa coloidal.

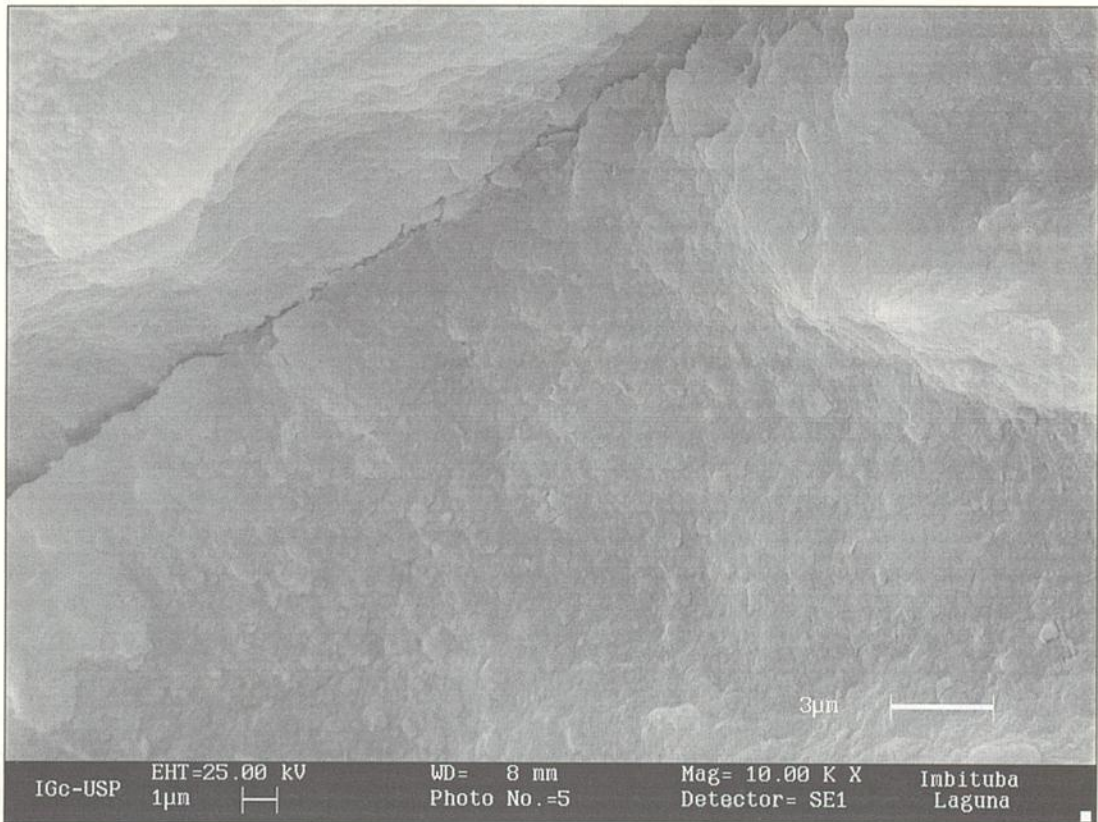


Figura 8 - Areia da geração eólica 1, em imagem de MEV aproximada da figura anterior. Aumento 10.000 x, detector de elétrons secundários. O cimento aparece como um agregado de pequenas placas anédricas, irregulares.

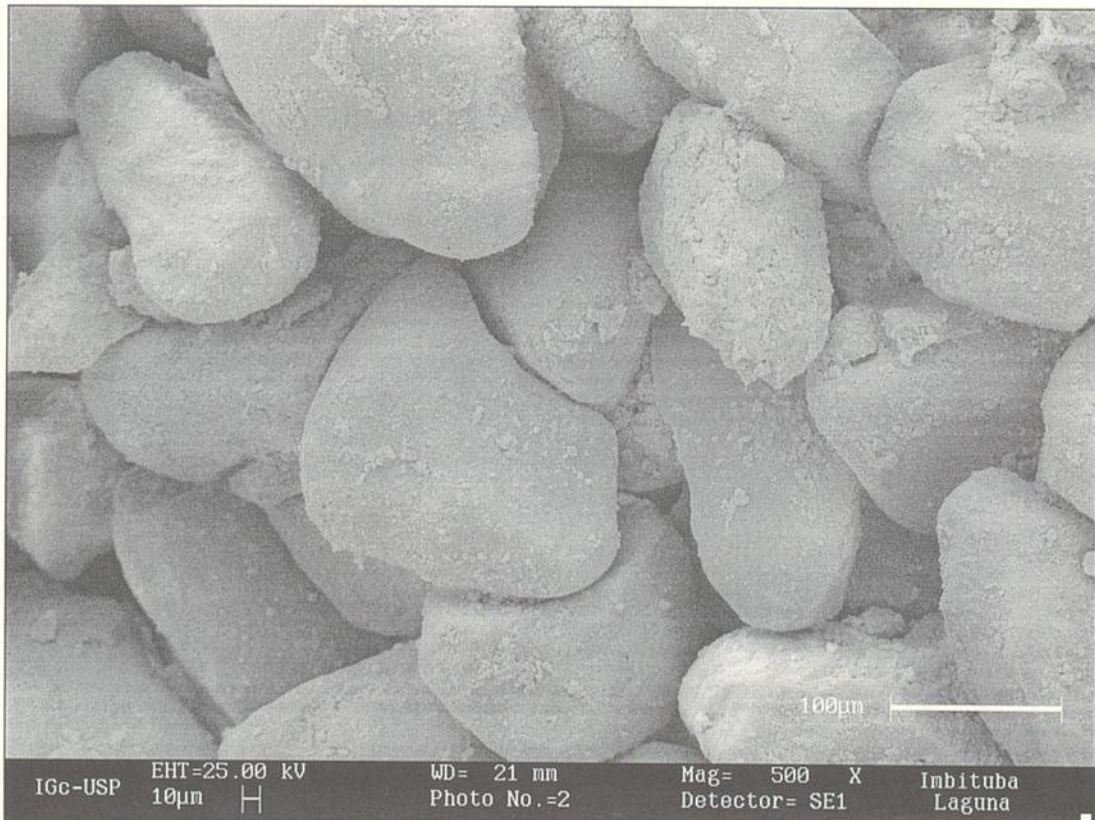


Figura 9 - Areia da geração eólica 2 ao MEV, em detalhe da figura anterior. Aumento 500 x, detector de elétrons secundários. Observar que os grãos aparentam estar soltos, pouco cimentados.

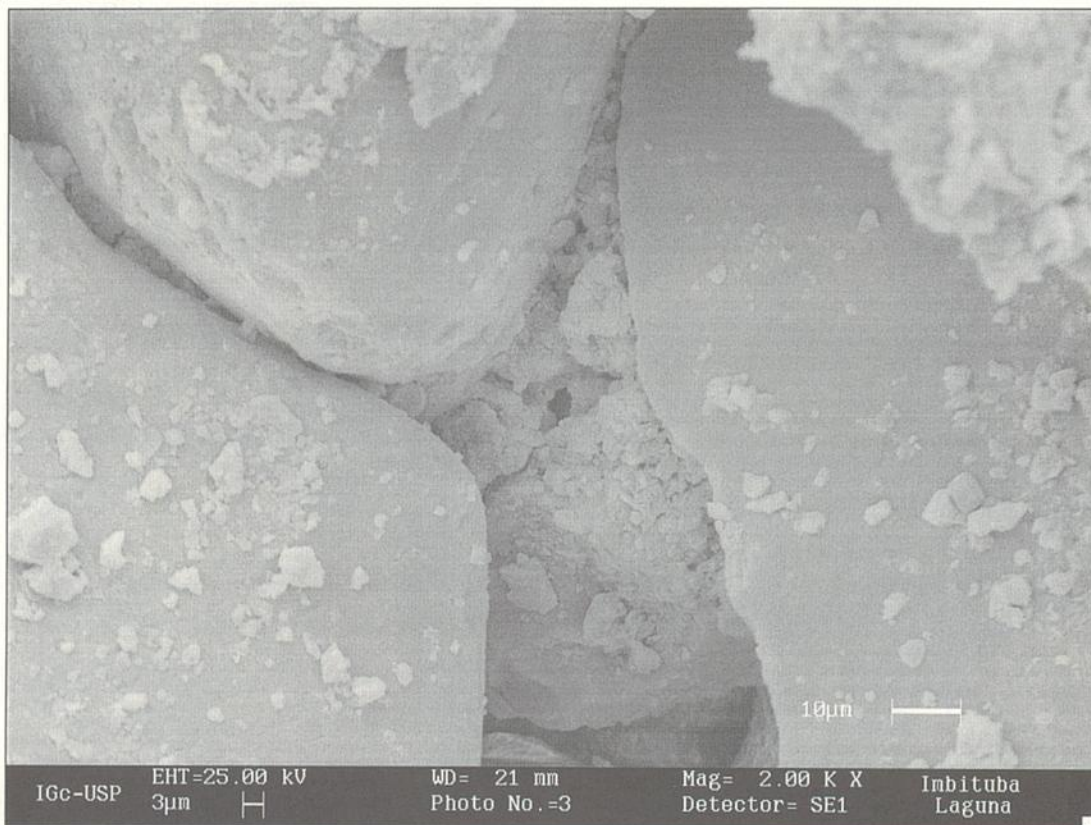


Figura 10 - Cimento filossilicático entre grãos de quartzo, em areia da geração eólica 2. Notar maior granulação das placas e agregados, em comparação ao cimento da geração eólica 1. Imagem de MEV, aumento 2.000x, detector de elétrons secundários.

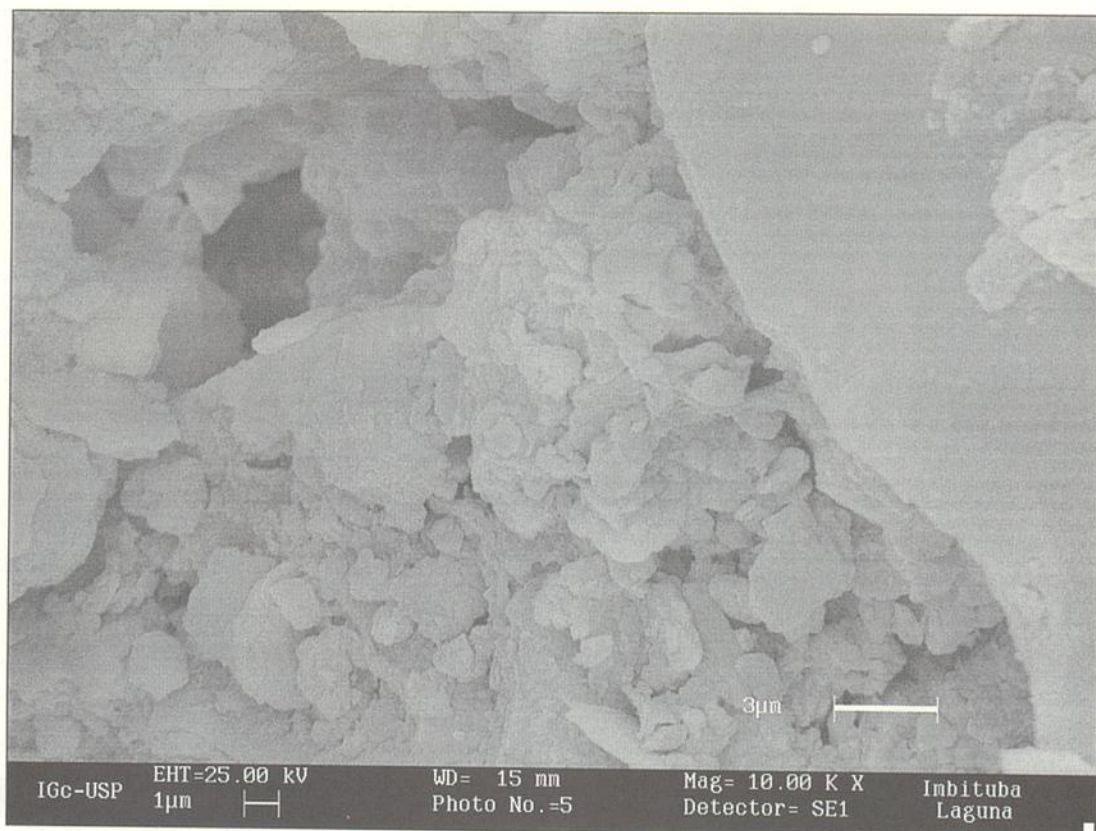


Figura 11 - Areia da geração eólica 2 ao MEV, em imagem aproximada da anterior. Aumento 10.000x, detector de elétrons secundários. Notar aspecto particulado do cimento, com placas de argilominerais de granulometria argila a silte fino.

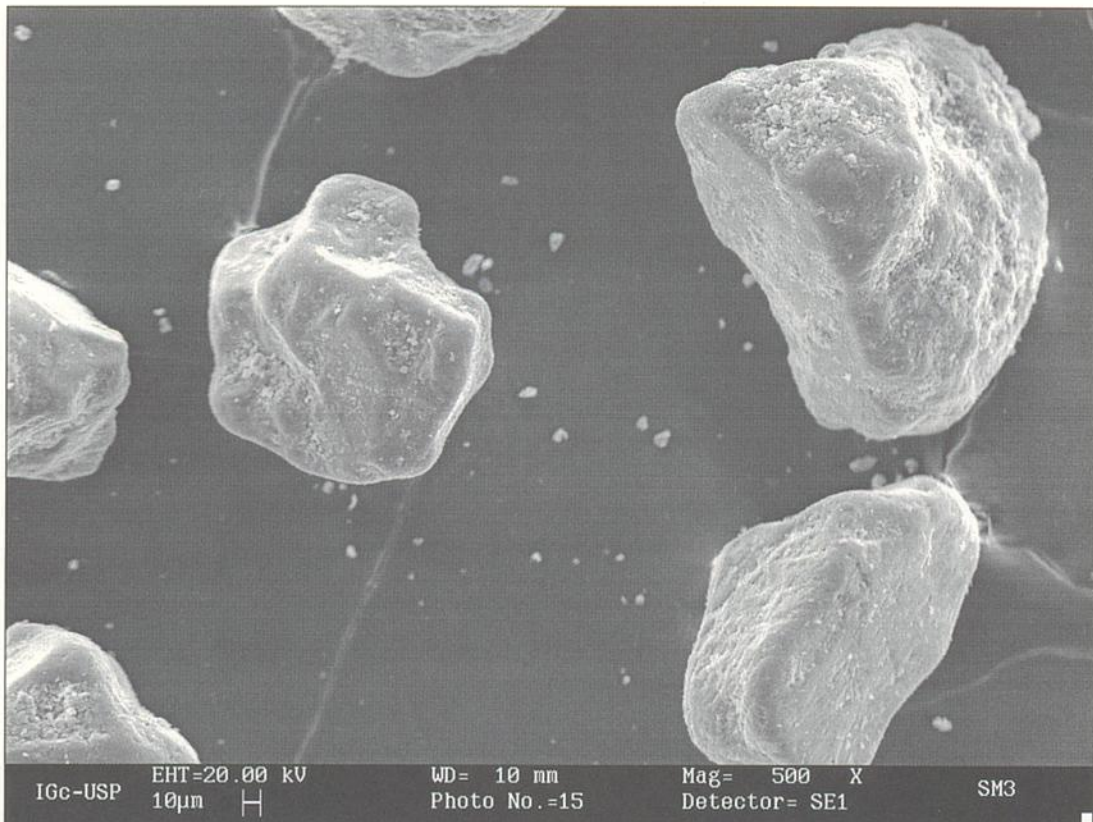


Figura 12 - Areia da geração eólica 3, ao MEV. Aumento 500x, detector de elétrons secundários. O cimento é tão escasso que não chega a unir o arcabouço, aparecendo apenas como fina película sobre os grãos.

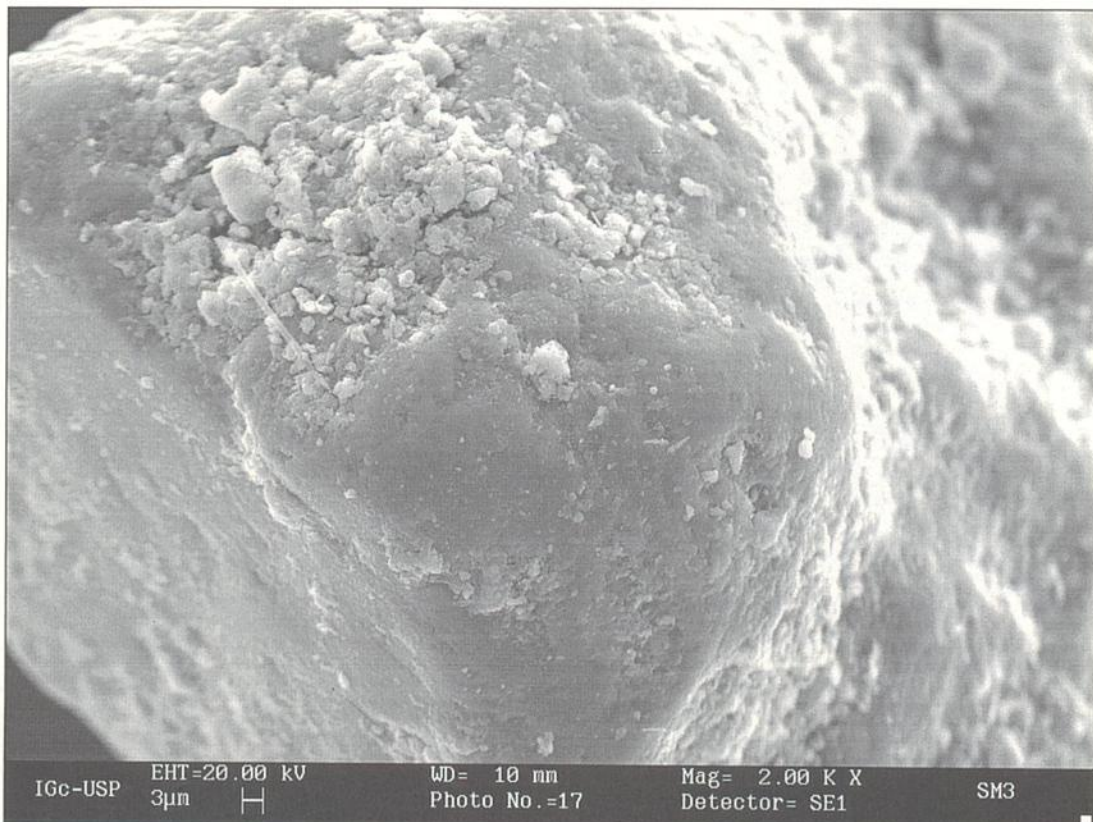


Figura 13 - Pequena quantidade de cimento sobre grão de quartzo da geração eólica 3. Imagem de MEV, aumento 2.000 x, detector de elétrons secundários.

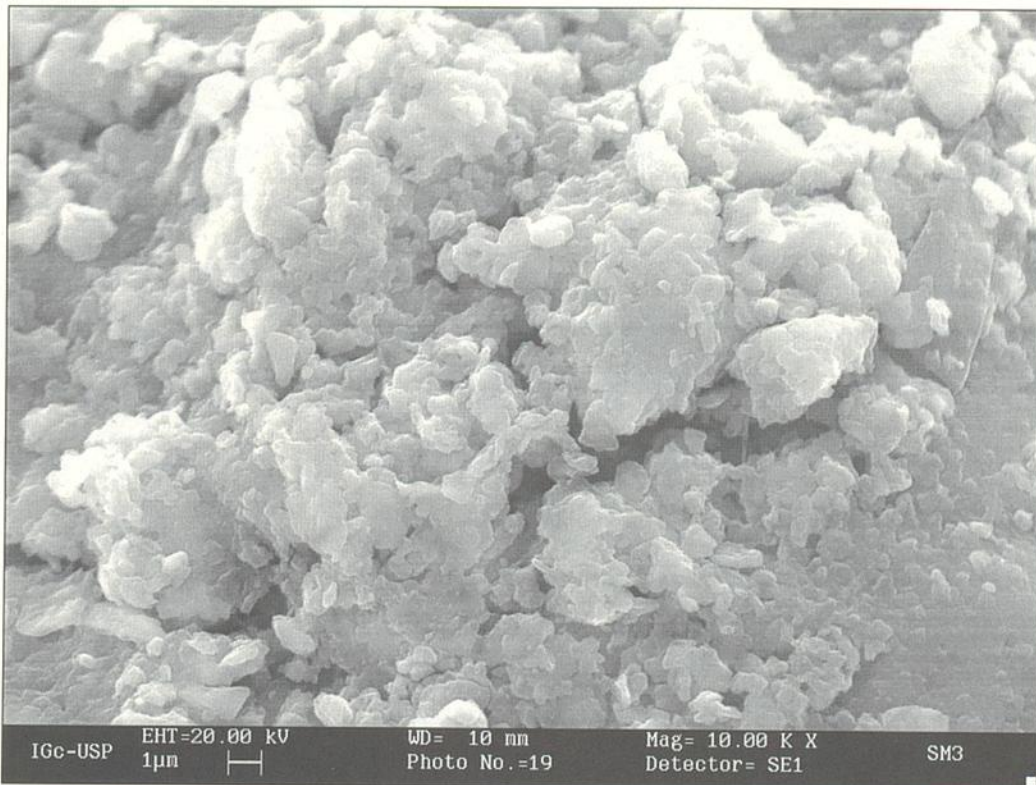


Figura 14 - Areia da geração eólica 3, ao MEV, em imagem aproximada da figura anterior. Aumento 10.000 x, detector de elétrons secundários. Notar pequena quantidade de cimento filossilicático sobre o grão de quartzo, na forma de placas irregulares.

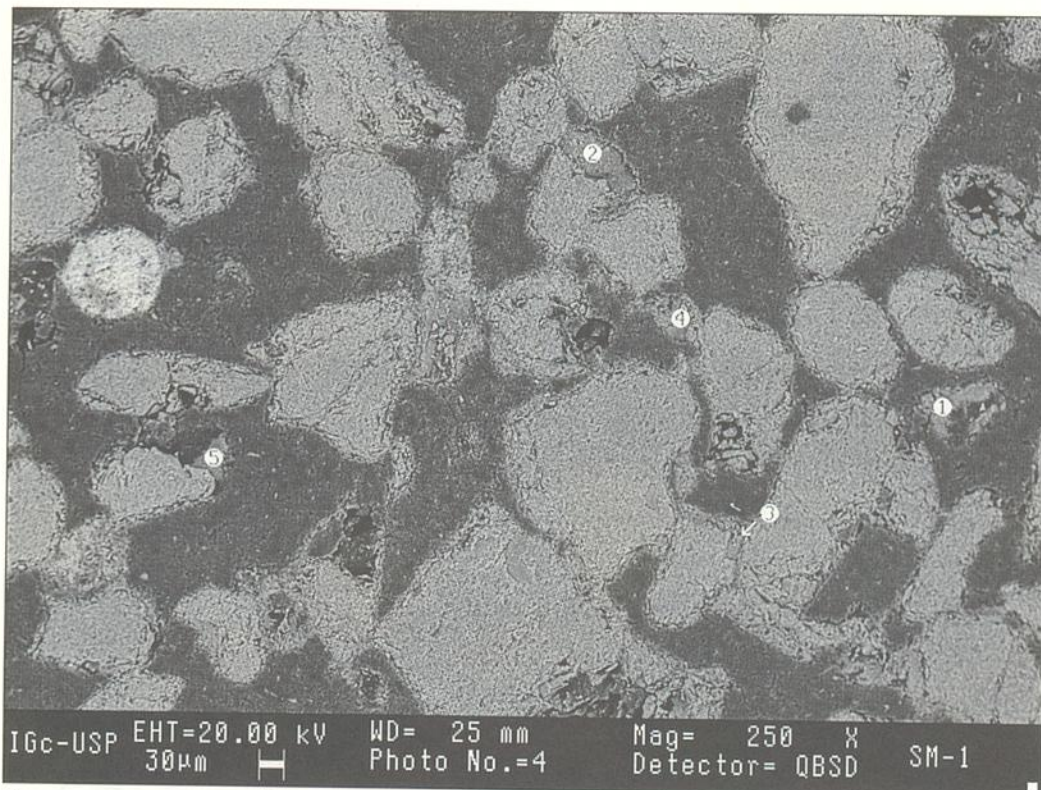


Figura 15 - Lâmina de areia da geração eólica 1, observada ao MEV. Aumento 250 x, detector de elétrons retroespalhados. Nos pontos 1, 3 e 5, os elementos químicos detectados pelo EDS (Si, Al, O) indicaram composição caulínica; no ponto 2, com Si, Al, O e K, o argilomineral interpretado foi illita; e no ponto 4, com Si, Al, O e Fe, caulinita impregnada por óxido de ferro. Elementos químicos listados em ordem de abundância em massa.

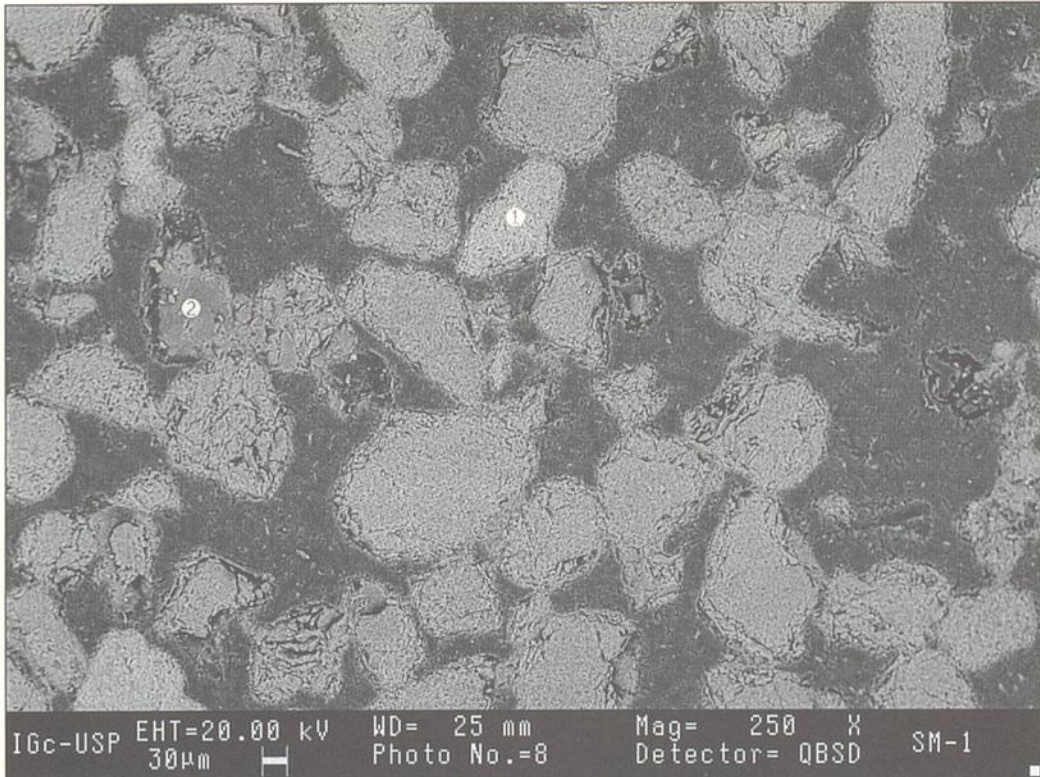


Figura 16 - Lâmina de areia da geração eólica 1, observada ao MEV. Aumento 250 x, detector de elétrons retroespalhados. No ponto 1, os elementos químicos detectados pelo EDS (Si, O, K, Al,) permitiram indicar presença de feldspato potássico; no ponto 2, com Si, Al, O, o mineral interpretado foi caulinita. Elementos químicos listados em ordem de abundância em massa.

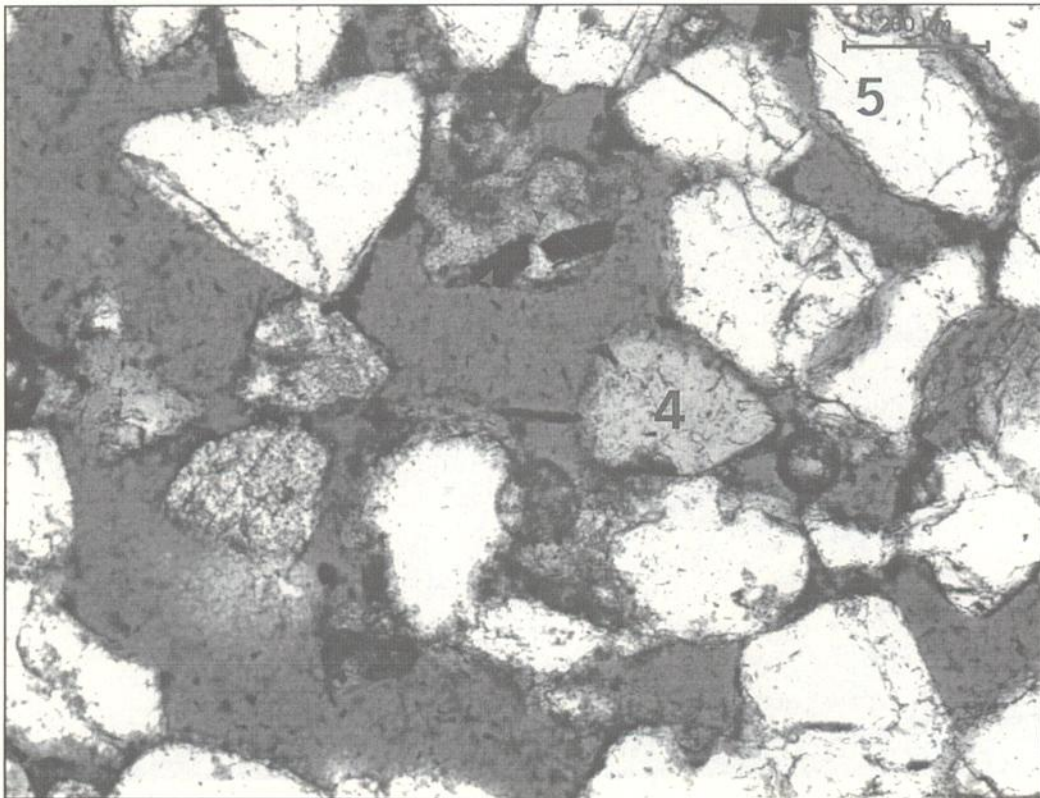


Figura 17 - Fotomicrografia ao microscópio petrográfico da lâmina de areia da geração eólica 2 utilizada na análise ao sistema MEV-EDS. Nicóis paralelos. O lado maior da imagem equivale a 1,46 mm. Os números 1, 2, 3, 4 e 5 demarcam os pontos escolhidos para realização de microanálises químicas semiquantitativas.

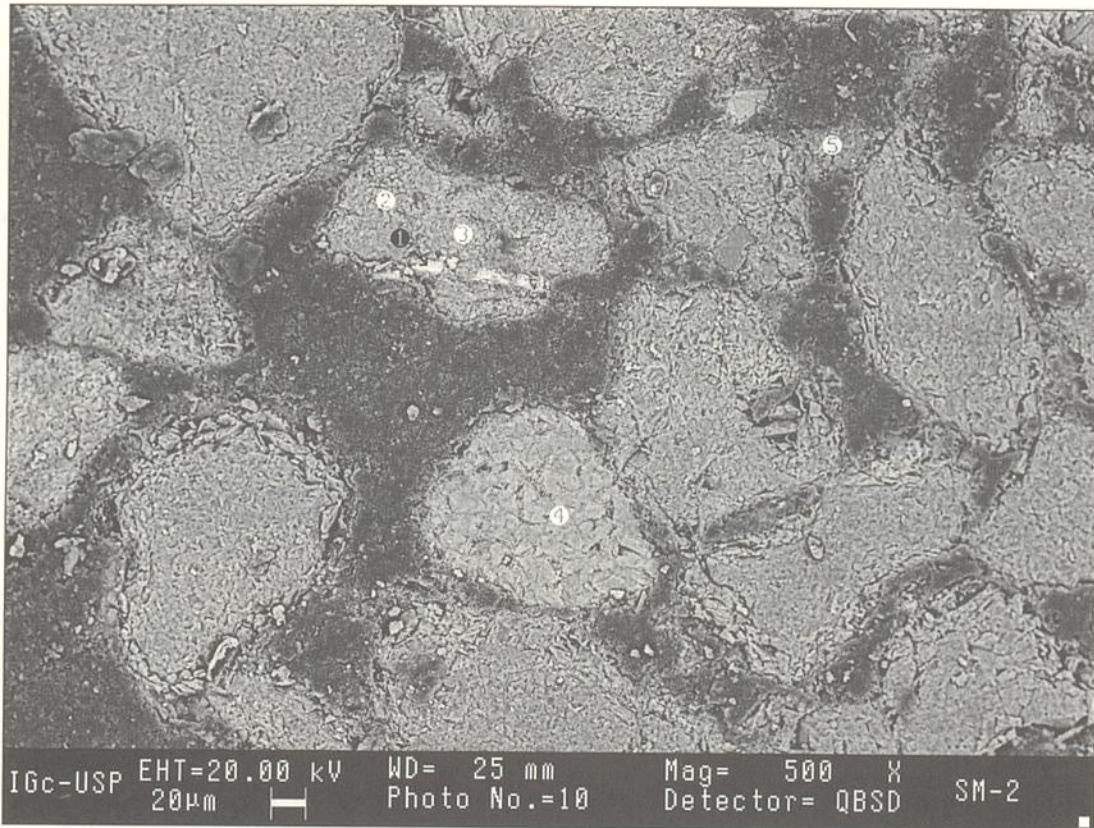


Figura 18 - Imagem ao MEV de lâmina de areia da geração eólica 2, com os mesmos pontos da figura anterior. Detector de elétrons retroespalhados, aumento 250 x. O ponto 1, com presença essencial, ao EDS, de Fe, Ti e O, foi interpretado como ilmenita; o clasto do ponto 2, com Si, Al, O, Mg, Fe, K, como argilomineral do grupo da glauconita-celadonita; o ponto 3, com Si, O, Fe, como grão de quartzo impregnado por óxido de ferro; o ponto 4, com Si, O, Al, Fe, K, Mg, como glauconita; e o ponto 5, com Si, Al, O, como caulinita. Elementos químicos listados em ordem de abundância em massa.

CONCLUSÕES

As diferentes unidades de paleodunas, no morro Santa Marta, são formadas por areias quartzosas, cimentadas por material argilo-orgânico-ferruginoso, tendo como filossilicato a caulinita. Apesar de haver dificuldades de separação entre as unidades pelos métodos sedimentológicos clássicos (granulometria e minerais pesados), a análise petrográfica, principalmente ao MEV-EDS, evidencia diferenças quanto à textura do cimento e à abundância de componentes líticos, predominantemente intraclásticos. O cimento tende a ser mais abundante, com aspecto de precipitado coloidal e textura em menisco, na unidade 1, em contraste ao cimento particulado das gerações mais novas. No que se refere ao arcabouço, a presença de fragmentos líticos é pouco mais marcante na unidade 2. A existência de clastos de glauconita nas duas gera-

ções mais antigas confirmaria a influência de aporte sedimentar costeiro durante sua deposição.

O grau mais elevado de cimentação na geração 1, associado à maior maturidade mineralógica e à menor maturidade textural, refletiria menor duração ou intensidade de transporte seletivo e maior tempo de atuação de dissolução, cimentação e processos pedogenéticos/diagenéticos em geral. Este último aspecto é coerente com a suposição de idade deposicional mais antiga.

O menor grau de cimentação, a maior maturidade textural e a menor maturidade mineralógica da geração eólica 2 decorreriam do tempo reduzido de atuação dos processos diagenéticos, compatível com sua idade supostamente mais nova. A maior maturidade textural reforça a tese, levantada em estudos anteriores, de que esta geração seria, em parte, o produto do retrabalhamento de gerações eólicas mais antigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, R. J.; Giannini, P. C. F.; Suguio, K. & Pessenda, L.C.R. 1999. Relative sea level changes during the last 5500 years in the Laguna-Imbituba region (Santa Catarina, Brazil), based on vermetid radiocarbon ages. *Marine Geology* **159**(1999):323-339.
- Dickinson, W. R. 1970. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, **40**(1/2):695-707.
- Dott, R. H., Jr. 1964. Wacke, graywacke and matrix - what approach to immature sandstone classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, **34**(3):625-632.
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Texas, Hemphill's Publish. Co., 1980. 185p.
- Giannini, P. C. F. 1993. *Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba*, SC. São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado (ined.). 2v, 439 p., 2 mapas.
- Giannini, P. C. F. & Suguio, K. 1994. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários na costa centro-sul de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário Camboriú, SC. *Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG. p. 402-403.
- Giannini, P. C. F.; Suguio, K.; Santos-Giannini, E. R. & Kogut, J. S. 1997. Gerações de areias eólicas na escarpa de Guaiúba, Imbituba, SC. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6., 1997, Curitiba. *Resumos Expandidos...* Curitiba, Abequa. p. 63-67.
- Pettijohn, F. J.; Potter, P.E. & Siever, R. 1972. *Sand and Sandstone*. Heidelberg, Springer-Verlag. 618p.
- Powers, M. C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, **23**:117-119..
- Pye, K. 1983. *Early post-depositional modification of eolian dune sands*. In: Brookfield, M. E. & Ahlbrandt, T. S. eds. *Eolian Sediments and Processes*. Amsterdam, Elsevier. p. 197-221. (Developments in Sedimentology. 38).
- Schmidt, V; McDonald, D. A. & Platt, R.L. 1977. Pore geometry and reservoir aspects of secondary porosity in sandstones. *Bulletin Canadian of Petrology and Geology*, **25**: 271-290.
- Weaver, C. E. 1989. *Clays, Muds and Shales*. Amsterdam, Elsevier. 819 p.