

Capítulo 5

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS

A partir das metodologias empregadas foram atingidas conclusões em 4 níveis de aproximação distintos:

5.1. A PAISAGEM.

Os estudos da paisagem caracterizaram grandes domínios texturais do relevo associados a modelado de superfícies aplainadas e modelado de morros de topo plano e vales em U, entre Vacaria (RS) e Lagoa Vermelha (RS) e entre Vacaria (RS) e Lages (SC), correlacionáveis à superfície Sul-Americana (Terciário inferior a médio) (King, 1962) ou Superfície de Vacaria (Ab'Saber, 1969), de altitudes, entre 950 a 1000m.

Nos morros testemunhos da superfície Sul-Americana, aparecem os perfis de alteração laterítica. Portanto, critérios de análise geomorfológica, situam a alteração laterítica das rochas básicas da borda sudeste da Bacia do Paraná entre o Terciário inferior e Terciário médio. Esta idade coincide com a datada por Valetton (1985), utilizando raciocínio geomorfológico, para as bauxitas de Lages (SC) desenvolvidas sobre rochas alcalinas ao norte do Rio Pelotas, na mesma borda da Bacia do Paraná.

A evolução da paisagem laterítica se deu a partir da atuação dos processos geomorfológicos terciários: intemperismo e pedogênese lateríticos, gerando espessos perfis de alteração e superfícies aplainadas.

Movimentos neotectônicos quaternários arquearam a superfície Sul-Americana individualizando núcleos de soerguimento (Schuck *et al.* 1991) e testemunhos aplainados a diferentes níveis de altitude (Ab'Saber, 1969). Estes movimentos aceleraram os processos erosivos que dissecaram as superfícies aplainadas pela etchplanação terciária e removeram grande parte dos perfis lateríticos, resultando na formação dos modelados intensamente dissecados das encostas do Planalto das Araucárias.

5.2. O PERFIL

Os perfis lateríticos fósseis, situados nos morros testemunhos da superfície Sul-Americana, apresentam as características do intemperismo tropical: um nível heterogêneo de alteritos com separação de argilominerais (fácies argilosa), constituintes ferruginosos (fácies esferoidal), e fácies "tacheté" (manchada), resultantes da alternância de condições úmidas e secas (bem drenadas) do clima Terciário.

Sobre o conjunto de alteritos, aparecem coberturas pedológicas (oxissolos), constituídas por um material uniforme (vermelho ou marrom avermelhado), caracterizado pela pedoplasmação, com o estabelecimento de associações hidróxidos de ferro - argilominerais, sugerindo posterior mudança para um clima mais úmido e permanentemente percolado (Pedro & Melfi, 1983).

A observação dos perfis permite identificar como a sequência mais completa para o manto de alteração de rochas básicas da borda Sudeste da Bacia do Paraná os seguintes conjuntos, da base, para o topo: saprólito; alterito argiloso ("litomarga" na base e fácies "tacheté" no topo) ou alterito esferoidal (fácies "pain d'épice"); "stoneline" descontínua; coberturas móveis e solo atual.

Comparando estes perfis com os estudados por Gonçalves (1987), no norte da Bacia do Paraná, chega-se as seguintes considerações:

Os saprólitos (este trabalho) ou nível de alteração com estruturas originais gradativamente desmanteladas (Gonçalves, 1987) apresentam fraturamento secundário provocado pela ação intempérica. Os núcleos centrais de rocha são envolvidos por um córtex de alteração. Os fragmentos de rocha apresentam um halo periférico cinza em torno do núcleo de rocha escura, reflexo de episódios anteriores de alterações hidrotermais.

No conjunto dos alteritos, Gonçalves (1987) descreve uma fácies "em bolas" de alteração que obedecem as "disjunções e fissuras poliédricas do substrato original". No interior das "bolas", estão preservados núcleos de rocha sã ou pouco alterada. Esta fácies corresponde à "fácies esferoidal" descrita nesta tese, com blocos arredondados que se caracteriza pela cor laranja amarelada escura (10YR 6/6) e pela estrutura concêntrica, esferoidal de um córtex em torno de núcleos de rocha.

Uma fácies de alteritas "intermediárias" marca a passagem gradativa da fácies em "bolas" para níveis de estruturas originais modificadas, no Perfil Cravinhos (Ribeirão Preto, SP), caracterizado por um sistema estrutural complexo de pequenas fissuras que se entrecruzam em grade, sustentada por argilomateriais compactos (Gonçalves, 1987). Nas lateritas do sul da Bacia do Paraná, observa-se uma passagem abrupta da fácies esferoidal à facies argilosa, constituída por material argiloso intensamente cortado por fissuras planares multidirecionais, preenchidas por argilas brancas entremeadas a películas pretas de brilho untuoso. A cor do conjunto é variada: laranja acinzentada, laranja amarelada escura, vermelha pálida.

A observação de vários perfis mostrou que encontra-se a sequência: saprólito-alterito esferoidal- alterito argiloso, como observado na parte Norte da bacia do Paraná, mas também é encontrada a sequência saprólito-alterito argiloso-alterito esferoidal.

Em alguns perfis lateríticos da borda sudeste da bacia do Paraná, foi identificada, no topo do alterito argiloso, uma fácies “tachteté” em que aparecem manchas vermelhas e canais de 2 a 3 cm de largura de bordas não conformes, preenchidos por materiais vermelhos das coberturas móveis superiores, que apresentam algumas das características das Aloteritas descritas por Gonçalves (1987).

O conjunto glebular, de espessura de aproximadamente 2 m, no Perfil Vereador (Ribeirão Preto, SP), correspondentes a prováveis couraças lateríticas, anteriormente contínuas (Gonçalves, 1987), é pouco expressivo na borda sudeste da bacia do Paraná, onde é representado por “stone lines” de pedaços de alteritos e geodos de sílica.

Finalmente, existe correlação entre as coberturas móveis descritas nesta tese, e o conjunto de acumulações móveis superior (Gonçalves, 1987), caracterizados por uma evolução pedológica com fundo matricial argiloso ferruginoso, esqueleto de quartzo, opacos e microglébulas ferruginosas.

Os dados geoquímicos globais caracterizam quimicamente os produtos de alteração intempérica dos basaltos como “lateritas”, segundo definição de Schellmann (1981). Apresentam enriquecimento em Fe_2O_3 e H_2O e TiO_2 ; apresentam perdas em SiO_2 , FeO , MgO , CaO , Na_2O e K_2O ; o Al_2O_3 apresenta prováveis pequenas perdas.

5.3- A PETROLOGIA (fig.100a e b).

5.3.1.MICROSSISTEMAS DE ALTERAÇÃO.

As alterações hidrotermais principalmente refletidas nas paragêneses dos sítios intersticiais, no saprólito, são constituídas por materiais criptocristalinos e materiais cristalinos .

Os minerais destes sítios são, respectivamente, esmectitas trioctaédricas e cristobalita (perfil 1); camadas mistas esmectita - glauconita, mistura de cristobalita e zeolitas e feldspato potássico (perfil 2). A identificação de agulhas de apatita junto aos argilominerais intersticiais do perfil 1 sugerem origem à partir de fluidos hidrotermais, em vazios miarolíticos, previamente ocupados por minerais ígneos (Bohlke *et al.*1980, Ildfonse, 1987). A cristalização tardia em vesículas também foi observada.

Nos núcleos dos “corestones” do alterito esferoidal, foram encontrados materiais intersticiais criptocristalinos ricos em Fe. O zoneamento de cor, segundo halos concêntricos na rocha, alternadamente amarelados (com teores baixos de Fe), e alaranjados (ricos em Fe), se deve à mobilização centrípeta do Fe (abundante nos materiais intersticiais) devido à alternância de condições de circulação da água (foto 45). Este início da alteração intempérica

é observado nos sítios mais abertos à circulação de fluidos na rocha, a porosidade primária, correspondente aos sítios intersticiais. O tipo de alteração destes materiais é semelhante às alterações oxidantes pervasivas de baixa temperatura ($<100^{\circ}\text{C}$) de vidros basálticos pela água do mar (Bohlke *et al.* 1980)

Os fenocristais e micrólitos de plagioclásios e piroxênios, nos estágios de alteração inicial, no saprólito, apresentam figuras de corrosão, observadas ao MEV, que evidenciam uma forte dissolução, e encontram-se fissurados.

Os blocos de rocha do saprólito apresentam-se recortados por poros fissurais. Os minerais destes poros indicam avançado estado de intemperismo porque derivam de horizontes superiores, em zonas de grande fluxo de água. As fissuras são finas e sómente visíveis em escala microscópica. A composição química destes plasmas apresenta teores mais elevados em SiO_2 e Fe_2O_3 sugerindo uma mistura de fases, halloysitas, esmectitas, e óxidos de ferro, com o predomínio de halloysitas de 10 \AA a 7 \AA .

Nas paredes dos poros fissurais do alterito argiloso, os plasmas secundários apresentam dois zoneamentos distintos: 1- vertical: plasmas silico-aluminosos nas partes baixas do conjunto e plasmas opacos no topo. 2- horizontal: variação de cores desde bege clara a laranja -amarelada e à preta, junto à parede do alterito. A análise do pó da fração total destes plasmas revela a presença de halloysita 7 \AA , litioforita, goethita e maghemita (para o perfil 1); e halloysita 7 \AA , goethita, maghemita e plasma manganesífero não definido pela DRX, no perfil 2. Observa-se que o ferro aumenta da borda do vazio para as zonas internas, como foi demonstrado por Nahon e Bocquier (1983). Existe também concentração dos teores de Mn na zonas intermediárias dos vazios. A microdistribuição do Fe nestes plasmas é atribuída a uma deferruginização da parte externa do vazio, migração e acumulação do ferro nas partes internas. Esta transferência intraplasmática do ferro pode ser resultante de condições redutoras temporárias na borda do vazio quando ocupado por água (Nahon e Bocquier, 1983). Nesta porosidade fissural herdada, a acumulação absoluta de plasmas silico -aluminosos e manganês (litioforita) - ferruginosas (principalmente goethita) reflete um aumento na atividade da água.

O alterito argiloso é sede de processos de alteração que ocorrem, inicialmente, com algum controle dos minerais primários sobre as fases secundárias de pseudomorfose. Os sítios intersticiais, preservados pela alteração isovolume, apresentam esmectitas dioctaédricas (nontronitas), resultantes da transformação das camadas mistas glauconita-esmectita sob condições intempéricas e caracterizando microssistema fechado, de baixa atividade da água. Os minerais ígneos estão completamente substituídos por plasmas de pseudomorfoses. Os plagioclásios são substituídos por plasmas constituídos predominantemente por halloysita 7 e 10 \AA . Os piroxênios são substituídos por plasmas silico-ferruginosos em que aparecem

pequenas quantidades de goethita. Os fenocristais automorfos do saprólito ("iddingsitas") apresentam-se totalmente substituídos por hematita.

O processo de alteração no alterito esferoidal, inicia-se pelos sítios intersticiais (colmatados por materiais criptocristalinos de composição variada, quanto à concentração de Fe_2O_3); ele instabiliza, dissolvendo, simultaneamente, todos os minerais e gera uma forte porosidade relacionada aos vazios de dissolução de plagioclásios, piroxênios, e titanomaghemita. Cristais de gibbsita formam-se nos bordos dos grandes poros deixados pela dissolução dos fenocristais de labradorita. Revestindo os pequenos poros de dissolução de plagioclásios da rocha subafírica, aparecem plasmas constituídos por misturas de halloysita e óxidos de ferro, mas não aparece gibbsita. A goethita aluminosa predomina nestes plasmas intersticiais, que sustentam a rede de poros. Alguns restos de materiais intersticiais persistem no córtex do alterito esferoidal, assim como, os materiais silicosos: cristobalita e restos de K-feldspatos.

A goethita aluminosa (mineral hidratado, 10% H_2O) predomina nos córtex de alteração do alterito esferoidal, acompanhada pela gibbsita (35% H_2O), no perfil de rocha porfirítica e acompanhada pela halloysita 7Å e 10Å, no perfil de rocha sub-afírica. A halloysita 7Å e 10Å (14 e 25 % de H_2O) predomina no alterito argiloso, acompanhada pela hematita e goethita, no perfil 1 (rocha porfirítica) e pela goethita no perfil 2 (rocha subafírica).

Nas duas fácies, aparecem ainda a titanomaghemita e a cristobalita, de origem hidrotermal.

No topo do alterito argiloso do perfil 1, verifica-se manchas e estruturas endurecidas por impregnação hematítica também predomínio de ferricaolinitas desordenadas sobre as halloysitas, caracterizando os processos de dissolução, redistribuição e transformação dos plasmas dos horizontes "tachetés" dos perfis lateríticos (Tardy, 1993). No perfil 2, esta fácies não foi identificada.

Evidenciam-se flutuações da atividade da água e variações de atividade de SiO_2 na origem destas fácies, nestes perfis. Verifica-se também o papel determinante da textura da rocha original na composição das fases dos plasmas de pseudomorfose e dos plasmas secundários.

5.3.2. ORGANIZAÇÕES PEDOLÓGICAS.

O conjunto médio de acumulação é pouco expressivo nestes perfis e ocorre principalmente de forma fragmentária, como "stone-lines" de pedaços de rocha alterada e geodos.

As coberturas móveis apresentam um fundo matricial constituído por um plasma isotrópico.

O esqueleto é essencialmente quartzoso, os grãos de quartzo, pouco abundantes e de formas variadas apresentam-se flutuantes, não ocupando o volume total da cavidade e apresentam figuras de dissolução. A coexistência com a cristobalita, também existente nos conjuntos do alterito, sugere a passagem cristobalita -quartzo que levaria de 4 a 5 milhões de anos a 50 °C segundo Ernst & Calvert (1969). A origem, alóctone, para o quartzo, não pode ser desconsiderada.

O plasma é caolinítico e rico em hematita e goethita; quando a hematita é mais abundante a cor do conjunto é avermelhada; quando a goethita é mais abundante, a cor é amarelada.

Aparecem vários tipos de tratos pedológicos: abundantes nódulos de hematita, alguns com feições de dissolução; grânulos com franjas de deferruginação, pisólitos de córtex externo goethítico e núcleo constituído de plasmas ferruginosos e argilosos organizados segundo textura dos alteritos.

Cavidades tubulo-alveolares nos alteritos e pequenas glébulas esparsas na base destas coberturas, sugerem atividades biológicas de escavação e remoção de fragmentos de material das partes baixas do perfil (alteritos) para as partes altas (coberturas móveis). Estes horizontes, teriam, uma origem alóctone na escala do perfil e autóctone, na escala da paisagem (Tardy, 1993).

Existe uma convergência, neste horizonte, de feições de degradação "in situ" de couraças antigas, de evolução final da fácies "tacheté" e de deslocamento ascendente de material dos alteritos.

5.4. A MINERALOGIA

As titanomaghemitas identificadas nos saprólitos das rochas básicas apresentam as características petrográficas do processo de maghemitização com manchas azuis irregulares que sugerem variações cristaloquímicas contínuas dentro de um mesmo cristal, independente de direções cristalográficas, diferentemente do processo de martitização. Em partes mais alteradas do saprólito, a cartografia de elementos (MEV) mostrou halos alaranjados ricos em Ti e pobres em ferro, dentro do grão de titanomaghemita sugerindo que a maghemitização avança pela retirada do ferro. Nos alteritos, os cristais de titanomaghemita apresentam intensificação destas características com forte fragmentação, segundo fraturas curvilíneas, típicas da maghemitização (Haggerty, 1991), devidas à mudança de volume na

transformação de um espinélio estequiométrico em um espinélio deficiente em cátions. Em alguns casos, perde-se a referência da forma do cristal parental, dando origem a uma granulação mais fina. Os grãos apresentam-se totalmente azulados, com alta reflectância à luz refletida. As observações petrográficas sugerem que a origem do processo de maghemitização está associado à alteração hidrotermal inicial.

A evolução química das titanomaghemitas nos saprólitos e alteritos (alteração laterítica) se caracteriza por uma diminuição da taxa $32(\text{Fe}+\text{Ti})/\text{O}$ (razão metal/oxigênio) e, conseqüente aumento de lacunas na malha cristalina, que se reflete numa diminuição do parâmetro a obtido das difrações de raios x da fração magnética. Os outros íons apresentam um comportamento distinto. Enquanto Mg diminui com o intemperismo, o Mn e Al aparentemente se concentram nas fases magnéticas dos alteritos, como íons menos móveis.

Todos os métodos empregados mostraram que os filossilicatos de origem laterítica dos alteritos são predominantemente halloysitas 7Å e 10Å. A caolinita predomina no horizonte “tacheté”.

No alterito esferoidal, os resultados do teste da formamida mostraram proporções de 25% de caolinita. O tratamento com etilenoglicol mostrou traços de esmectita “pura” no alterito esferoidal e no alterito argiloso.

As observações do MET revelaram 4 morfologias para as argilas halloysíticas: esferas, tubos, lamelas planares e cones. Os cones ainda não foram descritos na literatura e estudos adicionais são necessários para melhor caracterizar este tipo de morfologia de halloysita.

Os dados da literatura indicam que as diversas formas de partículas podem coexistir em uma mesma fração argilosa e que estas diferenciações se devem a estágios de intemperismo. Os resultados obtidos mostram que a halloysita forma-se preferencialmente à caolinita no córtex de alteração do alterito esferoidal e na fácies argilosa da alteração laterítica de rochas básicas, constituindo um primeiro estágio de intemperismo.

A espectroscopia infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) deu evidências de ferro estrutural nas halloysitas estudadas. De acordo com as observações prévias, os dados químicos das partículas mostraram que os tubos e cones têm os menores teores de Fe_2O_3 enquanto as halloysitas planares têm os mais altos teores de Fe_2O_3 .

A ocorrência de partículas de várias morfologias e composições químicas nas amostras estudadas indicam variações no microambiente de cristalização, especialmente no que se refere às concentrações de Fe nas soluções, o que reflete diferenças nos fatores espaciais e cinéticos durante o processo de cristalização.

Os óxidos e hidróxidos destes perfis caracterizaram variações de atividade da água, da atividade de sílica dissolvida, temperatura, e tamanho de partículas e textura da rocha original, que retratam as paleocondições de formação destas coberturas lateríticas.

A predominância de halloysita 7Å e 10Å (+ goethita a 18% de Al) sugere atividade da sílica alta, no alterito argiloso, relativamente à predominância de goethita aluminosa que sugere diminuição da atividade da sílica no alterito esferoidal. Estas oscilações da atividade da sílica, refletidas nas paragêneses dos minerais das fácies, caracterizam o pedoclima contrastante em que se formaram estas fácies, mas também uma menor (alterito argiloso) ou maior (alterito esferoidal) porosidade do material alterado.

Os solos ferralíticos de textura microgranular a goethita e hematita, apresentam, na base, um conjunto de glébulas de óxidos de ferro, alumínio e manganês que escasseiam em direção ao topo, e uma grande variação na substituição do Fe pelo Al nas goethitas destas glébulas e do plasma argilomorfo interglebular. Estes fatores morfológicos e químicos, indicam uma origem alóctone, no perfil, para alguns dos óxidos deste horizonte laterítico.

5.5 CONCLUSÕES FINAIS

As rochas vulcânicas básicas da borda sudeste da Bacia do Paraná sofreram vários episódios de alteração, após seu emplaçamento. Os minerais formados a partir destes episódios, e suas relações, permitem reconstituir a história complexa das interações entre estas rochas e as soluções hidrotermais e meteóricas.

1. Os perfis de alteração meteórica desenvolvem-se a partir destas rochas; eles subsistem associados a testemunhos de superfícies de aplainamento antigas (Terciárias) e são truncados ou ausentes em superfícies mais jovens; o início dos processos supergênicos pode ser considerado, portanto, Terciário.

2. Quando completos, estes perfis compreendem um conjunto inferior de alteritos, bem desenvolvido e podendo apresentar diversas fácies, um conjunto médio glebular fino e descontínuo, e um conjunto superior móvel. As características destes conjuntos permitem compará-los aos perfis de coberturas lateríticas.

3. As duas fácies de alterito à textura conservada: alterito esferoidal, em que domina a goethita, e alterito argiloso, em que domina a halloysita 7Å et 10Å, evidenciam as variações da atividade da sílica nestes perfis. Estas variações resultam de diferentes caminhos de circulação dos fluidos, determinados pela diversidade mineralógica e textural originais da rocha mãe; o papel das alterações hidrotermais que precederam as ações supergênicas é, aqui, fundamental. A fácies esferoidal corresponde as zonas em que o hidrotermalismo desenvolveu um material intersticial poroso e não identificável à DRX. A

fácies argilosa corresponde a zonas onde o hidrotermalismo se traduz por paragêneses intersticiais a esmectita, interestratificados e um fechamento da porosidade primária.

4. Na fácies esferoidal é a própria textura da rocha que orienta as neoformações supérgenas; a gibbsita se forma a partir dos fenocristais de plagioclásios, a halloysita aparece quando a textura é sub-afírica; a porosidade, induzida pela alteração meteórica, controla as condições de drenagem e a atividade da sílica em solução.

5. As soluções percolantes do sistema fissural controlam a mineralogia dos plasmas secundários que preenchem estes poros; ainda aqui, a textura da rocha mãe parece ter um papel essencial: nestes plasmas se associam a halloysita, a goethita e a lithiophorita se a textura da rocha é porfirítica; nos alteritos de rochas sub-afíricas (em que não aparece a gibbsita), os plasmas fissurais compreendem halloysita, goethita e óxidos de manganês não identificáveis por DRX.

6. O par halloysita - caolinita, presente nas partes superiores dos alteritos, caracteriza as variações de saturação das soluções de alteração: inicialmente mais saturadas e cristalizando halloysita; elas tornam-se mais diluídas no alto do perfil e cristalizam a caolinita.

7. Os polos minerais hematita (anidro) e goethita (hidratado) dominam respectivamente a facies "tacheté" e o alterito esferoidal. A estabilidade de um ou outro destes minerais é, em parte, controlada pelas condições de humidade (variações de atividade da água). O desenvolvimento de uma ou outra destas facies seria favorecido pelo tipo de clima: cronologicamente um paleoclima tropical com estações bem contrastadas, correspondente à facies argila tacheté, seguido por um paleoclima mais úmido, responsável da formação, mais recente, do alterito esferoidal.

8. Os nódulos de hematita, que revelam traços de dissolução, nas coberturas móveis em topo de perfil, assim como o desenvolvimento muito reduzido da facies "tacheté", são testemunhos da existência de antigas couraças, bem menos importantes que na parte norte da Bacia do Paraná, mas situadas, entretanto, bem mais ao sul do que é hoje admitido como limite dos paleoclimas tropicais e da lateritização. Estas antigas couraças estão quase totalmente desmanteladas nas condições climáticas subtropicais atuais.

9. Assim, a mineralogia, a organização estrutural e textural destes perfis marcam as paleocondições de formação destas coberturas fósseis: condições intrínsecas ao material inicial, como textura, porosidade ou história pré-meteorica; e condições morfo-climáticas, que sofreram modificações depois do Terciário, do tropical com estações contrastantes, em direção a condições inicialmente mais úmidas e atualmente subtropicais.

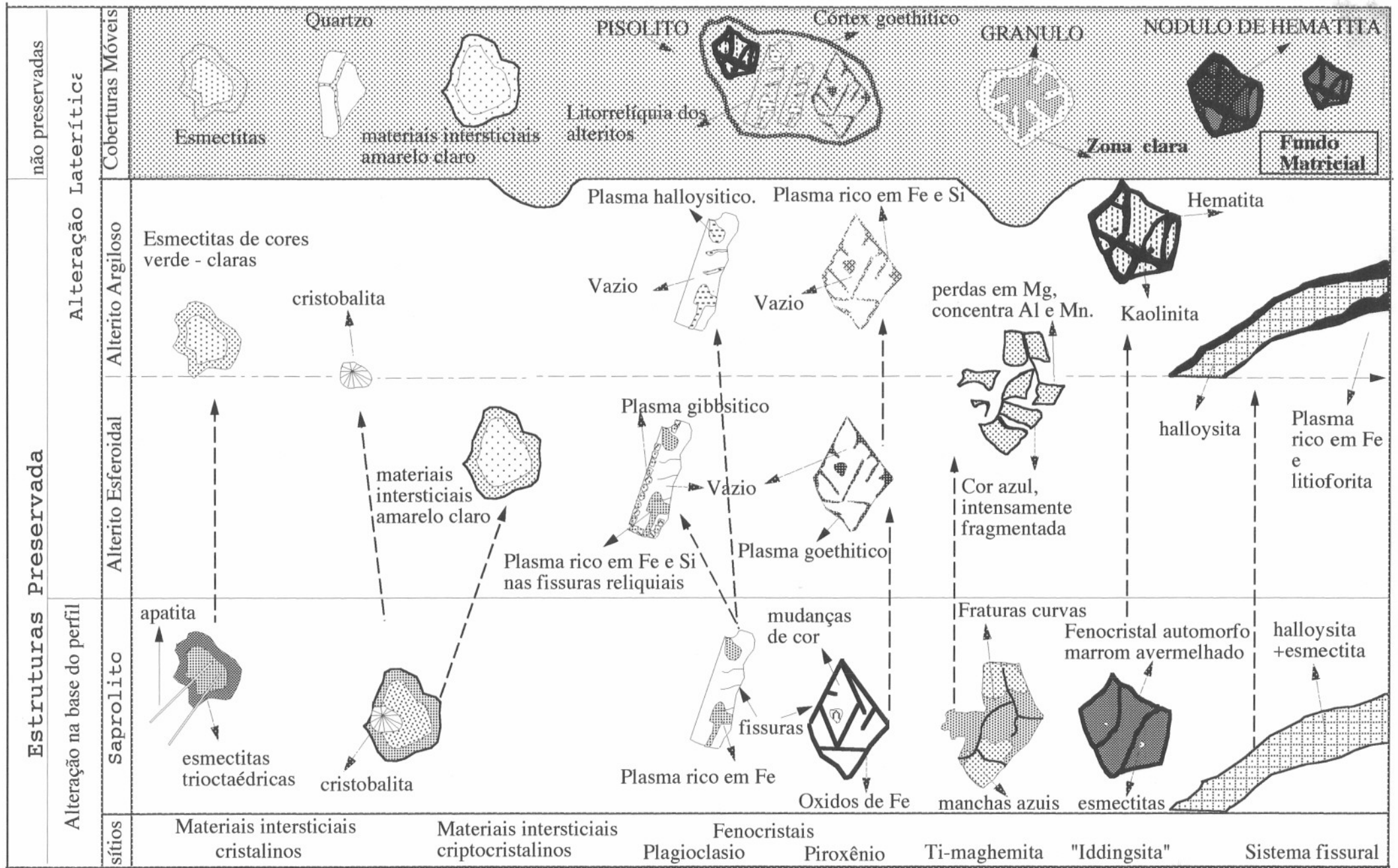


Figura 100. a. Representação esquemática da evolução dos minerais primários e fases minerais do sistema fissural em perfil de alteração laterítica de rocha porfírica básica da parte Sul da Bacia do Paraná, planalto das Araucárias.

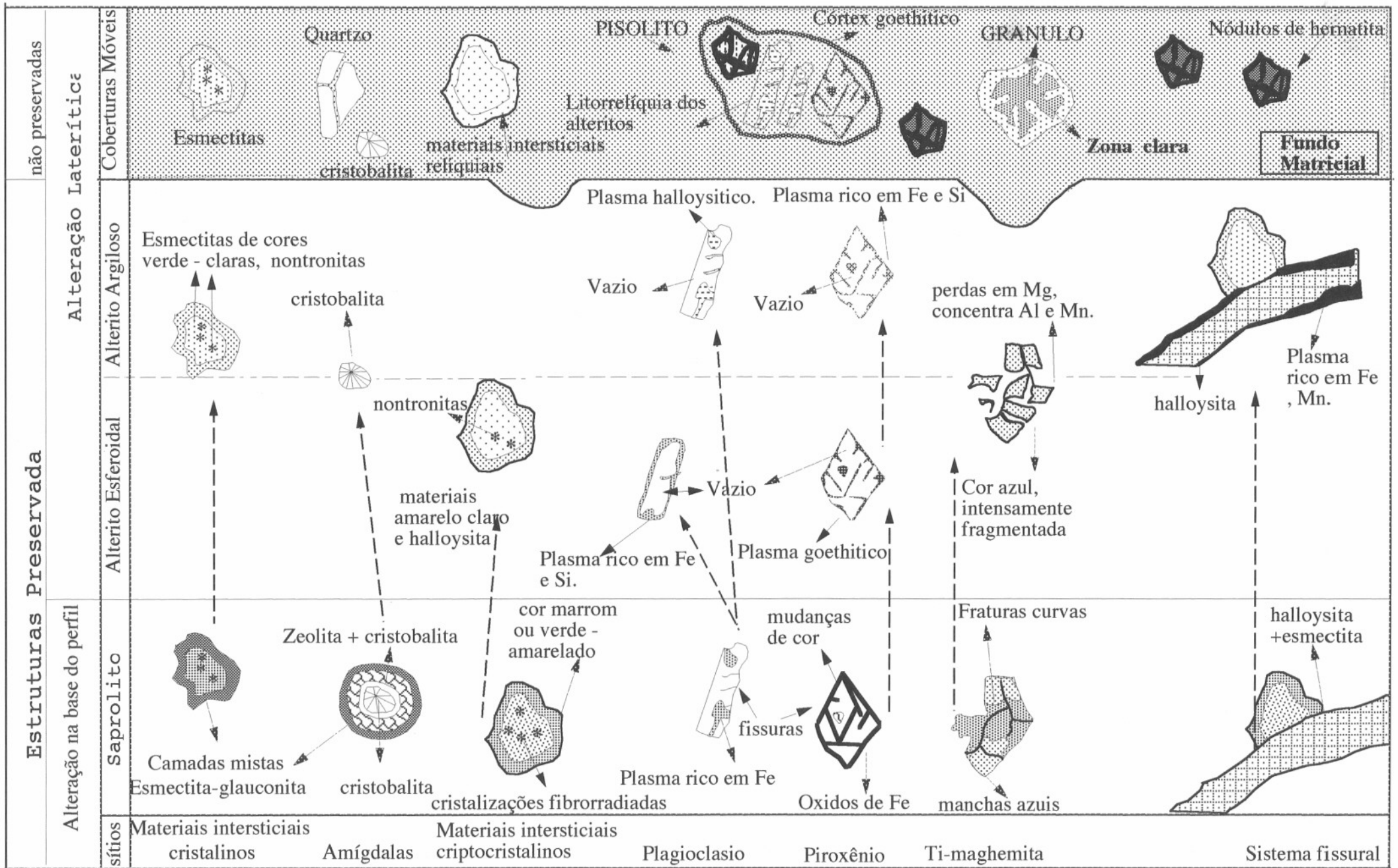


Figura 100.b. Representação esquemática da evolução dos minerais primários e fases minerais do sistema fissural em perfil de alteração laterítica de rocha sub-africana básica da parte Sul da Bacia do Paraná, planalto das Araucárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER A. N.(1969) - Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do rio Grande do Sul. *Geomorfologia* , São Paulo, **11**:1-18.
- AB'SABER A. N.(1973) - A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *Geomorfologia*, **41**:1-39.
- AB'SABER A. N.(1977) - Espaços Ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas*, São Paulo, **3**: 1-19.
- AKIMOTO S. & KATSURA T. (1959) - Magneto-chemical study of the generalized titanomagnetite in volcanic rocks, *J. Geomag. Geoelectr.*, **10**: 69-90.
- ALEVA ,G.J.J. (1981) - Essential Differences between the Bauxite Deposits along the Southern and Northern Edges of the Guiana Shield, South America. *Economic Geology*, **76**: 1142-1152.
- ALEVA, G.J.J. (1979) - Bauxitic and other duricrusts in Suriname: A review; - *Geologie en Mijnbouw* , **58** (3): 321-336.
- ALLAN J.E.M., J.M.D.COHEY, SANDERS, I.S., SCHWERTMANN U., FRIEDRICH G.& WIECHOWSKI A. (1989) - An occurrence of fully-oxidized natural titanomaghemite in basalt. *Mineralogicalmagazine*, **53**: 299-304.
- ALMEIDA F. F. M. (1966) - Origem e evolução da plataforma brasileira. In "Semana de estudos Geológicos 2". An. Univ. Fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 45-128.
- ALMEIDA J. A., KAMPF N.& KLAMT E. (1992) - Amidas e hidrazina na identificação de caulinita desordenada em solos brunos subtropicais do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, **16**: 169-175.
- ALMEIDA, F.F.M. DE; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.S & FUCK, R.A. (1981) - Brazilian structural provinces : an introduction. *Earth Sc.Rev.*, **17**:1-29.
- ANAND, R.R., GILKES,R.J.,ARMITAGE,T.M. & HILLYER,J.W. (1985) - Feldspar weathering in lateritic saprolite. *Clays & Clay Miner.*, **33**: 31-43.
- BAILEY, S.W. (1990) - Halloysite - a critical assessment. *Proc 9th Int.Clay Conf.*, Strassbourg, 89-98.
- BANERJEE S.(1991) - Magnetic properties of Fe-Ti Oxides in : Oxide minerals: petrologic and magnetic significance. *Reviews in Mineralogy* , **25**: 107-127.
- BASTA E. Z.(1959) - Some Mineralogical Relationships in the system Fe₂O₃-Fe₃O₄ and the composition of titanomaghemite. *Econ. Geol.* , **54**: 698-719.
- BATES T. F & COMER J. J (1958) - Further observations on the morphology of chrysotile and halloysite. *Clays & Clay Miner*, **6**: 237-248.
- BATES T. F. (1959) - Morphology and crystal chemistry of 1:1 layer lattice silicates. *Amer. Mineral.*, **44**, 78-114.
- BEAUVAIS, A.(1991) - Paleoclimats et dynamique d'un paysage cuirasse du centrafrique Morphologie, Pétrologie et Géochimie. Thèse Université de Poitiers.

- BELLIENI G.; BROTZU P.; COMIN -CHIARAMONTI P.; ERNESTO M.; MELFI A.; PACCA G.; PICCIRILLO E.M. & STOLFA D., (1984) - Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite Sequences of the Southern Parana basin (Brazil). *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **55**: 355-83.
- BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.; PACCA, I.G. & PICCIRILLO E. (1984) - Flood basalt to rhyolite suites in the southern Parana Plateau (Brazil): Paleomagnetism, petrogenesis, and geodynamic implications. *J. Petrol.*, **25**, 579-618.
- BESSON, G.; DECARREAU, A; MANCEAU, A SANZ, J. SUQUET, H. (1990) - Organization interne du feuillet p. 5-161. in DECARREAU, A. Matériaux argileux structure, propriétés et applications. Société Française de minéralogie et de Cristallographie, 586p.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS G.F.; 1994 - Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais, **1**. Florianópolis: Ed.UFSC.
- BOCQUIER G., MULLER, D & BOULANGE, B. (1984) - Les laterites: Connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. A.F.E. S. Livre Jubilaire du Cinquantenaire de l'AFES, Paris, p. 123-138.
- BOCQUIER, G., BOULANGE, B., ILDEFONSE, P., NAHON, D., MILLER, D. (1983) - Transfers, Accumulation modes, mineralogical transformations and complexity of historical development in lateritic profiles. Proc. of the II Intern Sem. on Later. Proces., São Paulo, Brazil,
- BOHLKE, J.K., HONNOREZ, J. HONNOREZ-GUERSTEIN, B.M. (1980) - Alteration of basalts from site 396B, DSDP: Petrographic and mineralogic studies. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **73**, 341-364.
- BONIFAS, M. (1959) - Contribution a l'étude géochimique de l'altération latéritique. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, Strasbourg, **17**, 159p.
- BOULANGÉ, B. (1984) - Les transformations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modèle. Thèse Doct. ès Sc., Paris 7. Travaux et documents de l'ORSTOM, 175, 341p.
- BOURMAN, R.P. (1993) - Perennial problems in the study of laterite: A review. *Australian Journal of Earth Sciences* , **40**: 387-401.
- BRAMAO L., CADY J. G., HENDRICKS S.B., SWERDLOW MAX. (1951) - Criteria for the characterization of kaolinite, halloysite, and a related mineral in clays and soils. *Soil Sci.* , **73**: 273.
- BREWER, ROY (1964) - Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley and sons, New York, 470 p.
- BREWER, ROY (1976) - Fabric and mineral analysis of soils (second printing). Robert E Krieger Publishing Company, Huntington, New York, 470p.

- BRINDLEY ,G.W. & BROWN ,G. (1980) - Crystal Structures of Clay Minerals and their x-ray identification. G. W. Brindley & G. Brown ed. Mineralogical Society, London, 495p.
- BRINDLEY ,G.W. & GOODYEAR J.(1948) - X-ray studies of halloysite and metahalloysite II. The transition of halloysite in relation to relative humidity, *Mineralog. Mag.*, **27**: 407-422.
- BRINDLEY G.W., SANTOS P. DE SOUZA & SANTOS HELENA DE SOUZA (1963) - Mineralogical studies of kaolinite-halloysite clays. I. Identification problems. *Am. Miner.* , **48**: 897-910.
- BÜDELL J. (1982) - Climatic Geomorphology, Princeton University Press New Jersey, 443p.
- CARVALHO A.; CHAUVEL A.& GONÇALVES N. M. M. (1983) - Alteration of basalt and Formation of kaolinitic and gibbsitic material in Region of Ribeirão Preto (SP), Brasil. *Proc. 2th Int. Sem. Lateritization Processes*. São Paulo, Brasil, p 477-489.
- CASES, J.M., LIETARD O., YVON J.& DELON J.F. (1982) - Etudes des propriétés cristalochimiques, morphologiques, superficielles de kaolinites désordonnés. *Bull. Minéral.*, **105**: 439-455.
- CHUKHROV F. V.& ZVYAGIN B.B. (1966) - Halloysite, a crystallochemically and mineralogically distinct species. *Proc. Int. Clay Conf.* 1966 Jerusalem, **1**: 11-25.
- CHUKHROV, F.V., GORSHKOV, A.I.; SIVTSOV, A.V. & BARESOVSKAYA, V.V.(1983) - On the Manganese mineralogy in the lateritic Weathering Crusts of Ultrabasic rocks. IN: *Proceedings Intern. Sem. Laterit. Processes*, 2', Melfi A.J.& Carvalho, A. ed. São Paulo, 147-158.
- CHUKHROV, F.V.; ZVYAGIN, B.B.; GORSKHOV, A.I.; ERMILOVA L.P.; & BALASHOVA V.V. (1973) - Ferrihydrite. *Izvest. Akad. Nauk. SSSR, Ser. Geol.*, **4**: 23-33.
- CHURCHMANN G.J.; WHITTON J.S.; CLARIDGE G.G.G. & THENG B.G.K. (1984) - Intercalation method using formamide for differentiating halloysite from kaolinite. *Clays & Clay Miner.*, **32**: 241-248.
- CHURCHMANN G.J.;& THENG B.G.K. (1984) - Interactions of halloysites with amides: mineralogical factors affecting complex formation. *Clay Min.*, **19**: 161-175.
- CLIFF G. & LORIMER G.W. (1975) : The quantitative analysis of thin specimens. *J. Microscopy*, **103**: 203-207.
- COLIN F. NOACK Y; TRESCASES, J.J .& NAHON D; (1985) L'altération latéritique débutante des pyroxénites de Jacuba, Niquelandia, Brésil. *Clay Minerals*, **20**: 93-113.
- COLLYER S., GRIMES N.W., VAUGHAN D.J., LONGWORTH G .(1988) - Studies of the crystal structure and crystal chemistry of titanomaghemite. *American Mineralogist*, **73**: 153-160.

- COMIN-CHIARAMONTI P.; BELLINI, G.; PICCIRILLO E.M. & MELFI, A.J.; (1988) - Classification and petrography of continental streptoid volcanics and related intrusives from the Paraná Basin (Brazil). in *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects*. Piccirillo E.M. & Melfi, A.J. ed. 599p.
- CORDANI, U.G., CIVETTA, L., MANTOVANI, M. S. M; PETRINI, R. KAWASHITA K.; HAWKESWORTH C.J.; TAYLOR, P., LONGINELLI, A., CAVAZZINI G. & PICCIRILLO E.M. (1988) - Isotope Geochemistry of flood volcanics from the Paraná basin (Brazil) in *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects*. Piccirillo E.M. & Melfi, A.J. ed. 599p.
- COX, K G (1989) - The role of mantle plumes in the development of continental drainage patterns. *Nature*, **342**: 21-28.
- COX, K.G. (1980) - A model for flood basalt volcanism. *J.Petrology*, **21**: 629-650.
- CREER, K. M. & IBBETSON, J.D. (1970) - . Electron microprobe analyses and magnetic properties of non-stoichiometric titanomagnetites in basaltic rocks, *Geophys.J. R. astr. Soc.*, **21**: 485-551.
- CREER, K. M. & PETERSEN, N., (1969) - .Thermochemical magnetization in basalts, *Z. Geophys.*, **35**: 501-516.
- DANI, N. (1988) - Alteração supergênica de rochas alcalinas na região de Lages Santa Catarina - formação de bauxita. Dissertação de mestrado; UFRGS - Curso de Pós - Graduação em Geociências. Porto Alegre.
- DE BARROS MACHADO A. (1983) - The contribution of Termites to the Formation of Laterites. *Proceedings of the International Seminar on Lateritisation Processes*, São Paulo, July, 1982. Melfi A.J. & Carvalho A. Eds.: 261-270.
- DE ENDREDDY, A. S. (1963) - .Estimation of free iron oxides in soils and clays by photolytic method. *Clay Miner.Bull.*, **5**: 209-217.
- DECARREAU, A.; GRAUBY, O.; PETIT, S. (1992) - The actual distribution of octahedral cations in 2:1 clay minerals: Results from clay synthesis. *Applied Clay Science*, **7**: 147-167.
- DEER W. A.; HOWIE R.A.; ZUZSMAN, J. (1963) - *Rock Forming Minerals*. Vol.4 Framework silicates : Longman. London, 435p.
- DEER W. A.; HOWIE R.A.; ZUZSMAN, J. (1965) - *Rock Forming Minerals*. Vol.3. Sheet silicates. Longman Group, London.
- DEER W. A.; HOWIE R.A.; ZUZSMAN, J. (1974) - *An Introduction to the rock forming minerals*. Longman Group London, 528p.
- DELVAUX B., HERBILLON A. J., VIELVOYE L. & MESTDAGH M.M. (1990) - Surface properties and clay mineralogy of hydrated halloysitic soils clays. II: Evidence for the presence of halloysite/smectite (H/Sm) mixed layer clays. *Clay min.*, **25**: 141-160.

- Delvaux B., Tessier d., Herbillon A. J., Burtin G., Jaunet A. M. & Vielvoye L. (1992) - Morphology, texture and microstructure of halloysitic soil clays as related to weathering and exchangeable cation. *Clays Clay Miner*, **40**: 446-456.
- DELVIGNE, J. (1965) - Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. *Mem. ORSTOM*, **13**, Dunod, Paris, 177p.
- DELVIGNE, J. BISDOM, E.B.A., SLEEMAN, J. STOOPS, G. (1979) - Olivines, their pseudomorphs and secondary products. *Pédologie*, **29**, 3: 247-309.
- DESPRAIRIES, A. (1983) - Relation entre le paramètre b des smectites et leur contenu en Fer et Magnésium. Application à l'étude des sédiments. *Clay Miner.*, **18**: 165 - 175.
- DEVOUARD B. (1995) - Structure et croissance cristalline du chrysotile et des serpentines polygonales. Thèse, Université Aix-Marseille III.
- DIDIER P.; PERRET D.; TARDY, Y. & NAHON D. (1985) - Equilibres entre kaolinites ferrifères, goethites alumineuses et hématites alumineuses dans les systèmes cuirassés. Rôle de l'activité de l'eau et de la taille des pores. *Sci.Géol.Bull.*, **38**, 4: 383-397.
- DIXON J.B. (1989) - Kaolin and serpentine group minerals. In : *Minerals in Soil Environments*, J.B. Dixon & S.B. Weed eds., Soil Science Society of America Book Series, **1**: 467-526.
- DREES, R.; WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; SENKAYI, A. (1989) - Silica in soils: Quartz and disordered Silica Polymorphs. In *Minerals in Soil Environments*, J.B. Dixon & S.B. Weed eds., Soil Science Society of America, 1244p.
- EBINGER M.H. & SCHULZE, D.G. (1990) - The influence of pH on the synthesis of mixed Fe-Mn Oxide minerals. *Clay Minerals*, **25**: 507-518.
- EGGLETON, R.A. (1984) - Formation of iddingsite rims on olivine: a transmission electron microscope study. *Clays & Clay miner.*, **32**, 1: 1-11.
- ERNST, W.G., and S.E. CALVERT. (1969) - An experimental study of the recrystallization of porcelanite and its bearing on the origin of some bedded cherts. *Am.J. Sci.*, Schairer Vol., **267-A**: 114-133.
- ESCHENBRENNER V. (1986) - Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol XXII, **4**: 397-408.
- ESWARAN H. & DE CONINCK, F. (1971) - Clay minerals formations and transformations in basaltic soils in tropical environments. *Pédologie*, **21**, 181-210.
- ESWARAN H. (1979) - The alteration of plagioclases and augites under differing pedo-environmental conditions. *Journal of Soil Sciences*, **30**, 547-555.
- FARMER, W. C. (1974) - The layered silicates. Pp331-365 in: *The infrared spectra of minerals*, V. C. Farmer ed. Mineralogical Society, London.
- FITZPATRICK R.W. & SCHWERTMANN U. (1982) - Al-substituted goethite-an indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. *Geoderma*, **27**: 335-347.

- FREYSSINET Ph. (1990) - Géochimie de l'or dans les couvertures latéritiques. Thèse Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 269p.
- FRITSCH, E (1984) - Les transformations d'une couverture ferrallitique en Guyane Française. Thèse 3ème cycle, Univ.Paris VII, 190p.
- FRITZ B.& TARDY, Y.(1973) - Etude thermodynamique du système gibbsite quartz, kaolinite, gaz carbonique. Application à la genèse des podzol et des bauxites. *Sci. Géol. Bull.*, **26**, 4: 339-367.
- FRITZ, B. (1975) - Étude Thermodynamique et simulation des réactions entre minéraux et solutions. Application a la Géochimie des altérations et des eaux continentales. *Mém. Sci. Géol.*, **41**: 1-149.
- FURUTA & OTSUKI, M.(1985) - Quantitative Electron Probe Microanalysis of Oxygen in titanomagnetites with implications for oxidation processes. *J. Geophys. Res.* **90**, 3145-3150.
- GALLAGHER K.; HAWKESWORTH C.J.; MANTOVANI M.S.M. (1995) - Denudation, fission track analysis and the long-term evolution of passive margin topography; application to the Southeast Brazilian margin. *Journ. South Amer. Earth Sci.* **8-1**; pp65-77.
- GENSE, C. (1976) - L'altération des roches volcaniques basiques sur la côte orientale de Madagascar et de la Réunion. Thèse Sci., Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 176p.
- GOMES, M.E.B.; SCOPEL, R.; MEXIAS, A.S.; FORMOSO, M.L.L.; MEUNIER, A. (1995) - Alteração tardi-magmática e suas implicações nas estruturas de basaltos da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 5º, Anais... Niterói / RJ:
- GONÇALVES, N M. M (1987) - Transformações Mineralógicas e Estruturais relacionadas à Alteração Hidrotermal e Intempérica de Rochas Vulcânicas Básicas da Bacia do Paraná Setentrional- Região de Ribeirão Preto - S. P., Brasil. Tese de Doutorado, 212p.
- GONÇALVES, N. M.M.; DUDOIGNON, P. MEUNIER, A. (1990) - The hidrotermal Alteration of continental Basaltic flows in Northern Parana Basin (Ribeirão Preto, São Paulo state, Brazil) *Sci. Géol., Mém.*, **88**: 153-162
- GRESENS R.L. (1967) - Composition-volume relationships of metasomatism *Chem. Geol.*, **2**: 47-65.
- GROKE, M.C.T.; MELFI A.J.; CARVALHO, A. (1983) - Bauxitic alteration on basic and alkaline rocks in the state of São Paulo, Brazil, under tropical humid climate. *Proceedings of the II Intern. Seminar Laterit. Processes* , São Paulo: 237-250.
- HAGGERTY S.E.(1991) - Oxide Textures-a mini Atlas. In *Oxide Minerals: Petrologic and magnetic significance*. Donald H Lindsley, Editor. *Reviews in Mineralogy* v., **25**: 129-137.
- HAWKINS D.B. (1981) - Kinetics of glass dissolution and zeolite formation under hydrothermal conditions. *Clays Clay Min.*, **29**: 331-340.

- Herbillon A. J., Frankart R. & Vielvoye L. (1981) - An occurrence of interstratified kaolinite-smectite minerals in a red-black soil toposequence. *Clay miner.*, **16**: 195-201.
- HERRMAN M.L.P. & ROSA R.O. (1990) - Relevé. In: *Geografia do Brasil; Região Sul*, IBGE. Rio de Janeiro, **2**: 55-84.
- HOLLER, H. & WIRSCHING, U. (1978) - Elements on the formation of zeolites by hydrothermal alteration volcanic glasses. p. 329-336. In *Natural Zeolites: Occurrence, properties, use*. L.B.Sand & F.A. Mumpton, eds. Natural Zeolites: Occurrence, properties, use. Pergamon Press Inc., Elmsford, NY.
- HOWER, J. & MOWATT, T.C. (1966) - The mineralogy of illites and mixed-layer illite/montmorillonites. *Amer.Min.*, **51**: 825-854.
- HUFF, W.D. & TURKMENOGLU, A.G. (1981) - Chemical Characteristics and origin of Ordovician K-bentonites along the cincinnati Arch. *Clays Clay Min.*, **29**: 113-123.
- ILDEFONSE, P. (1987) - Analyse Pétrologique des altérations pré-météoriques et météoriques de deux roches basaltiques (Basalte alcalin de Belbex, Cantal, et Hawaïite de M'Bouda, Cameroun) Thèse Université Paris VII U.E.R.Des Sciences Physiques de la Terre, 317p.
- KAMPF N. & DICK D. P. (1984) - Oxidos de ferro em Cambissolos brunos do Rio Grande do Sul e sul de Minas Gerais. *R. bras. Ci solo*, **14**: 215-225.
- KAMPF N. & KLAMT E. (1978) - Mineralogia e Gênese de latossolos (oxisols) e solos podzólicos da região nordeste do Planalto Sul-riograndense. *R.bras. Ci. Solo*, **2**: 68-73.
- KAMPF N. & SCHWERTMANN U.(1983) - Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma*, **29**: 27-39.
- KÄMPF N. (1981) - Die Eisenoxidmineralogie einer Klimasequenz von Boden aus Eruptiva in Rio Grande do Sul, Brasilien, Technische Universität München, **16**: 195-201.
- KATSURA T.& KUSHIRO, I. (1964) - Titanomagemite in igneous rocks. *Amer. Mineral.*, **46**: 134-145.
- KERR J. & RESENDE M. (1990) - Caracterização química e mineralógica de solos brunos subtropicais do Brasil. *R. bras. Ci. Solo*, **2**, 68-73.
- KING L. (1962) - The Morphology of the Earth. A study and synthesis of world scenery. Oliver & Boyd ed. Edinburgh and London, 699p.
- KING, L. (1956) - A Geomorfologia do Brasil oriental. *Rev.Bras. Geogr.*, **2**: 147-263.
- KIRKMANN J.H. (1981) - Morphology and structure of halloysite in New Zealand Tephros. *Clay & Clay Miner.*, **29**: 1-9.
- KRISHNAMURTI, G.S.R. & HUANG, P.M.(1988) - Influence of manganese oxide Minerals on the formation of iron oxides. *Clays & Clay Miner.*, **36**,5: 467-475.
- KRISTMANN DOTTIR, H. (1982) - Alteration in the IRDP Drill Hole compared with other drill holes in Iceland. *J. of Geoph. Res.*, **87** (B8): 6525-6531.

- LANSON, B. & BESSON, G. (1992) - Characterization of the end of smectite to illite transformation : decomposition of X-ray patterns. *Clays Clay Minerals*. (in press).
- LANSON, B. & CHAMPION D. (1991) - The I/S to illite reaction in the late stage diagenesis. *Amer. Jour. Sci.*, **291**: 473-506.
- LEINZ, V. (1949) - Contribuição à Geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofian Ciências e Letras, São Paulo* (58): 1-55.
- LEITE P.F.& KLEIN P.M. (1990) -Vegetação. *In: Geografia do Brasil; Região Sul, IBGE. Rio de Janeiro, 2*: 113-147.
- LEPRUN J. C.(1979) - Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l' Afrique Occidentale sèche. Genèse, Transformations, Dégradation. *Sci.Géol.Mém.*, Strasbourg, **58**, 224p.
- LINDSLEY D.H.(1976) - In OxideMinerals (D. Rumble, ed.) *Reviews in mineralogy*, **3**, Mineral. Soc. Am., L1-84.
- LINDSLEY, D. H. (1981) - The Crystal Chemistry and Structure of Oxides Minerals as Exemplified by the Fe-Ti Oxides.*Reviews in Mineralogy* , **3** .L-1 , L-84.
- LUCAS, Y (1989) - Systemes Pedologiques en Amazonie Bresilienne. Equilibres, Desequilibres et Transformations. Thèse Univ. Poitiers, 157p.
- MAACK, R. (1968) - O Revestimento vegetal do estado do Paraná. Curitiba, Banco de Desenvolvimento do Paraná / Universidade Federal do Paraná / Instituto de Biologia e pesquisas Tecnológicas. 350p.
- MACKENZIE R.C. & CAILLÈRE, S. (1975) - The thermal characteristics of soil minerals and the use of these characteristics in the quantitative and qualitative determination of clay minerals in soils. Pp. 556-571; In J.E. Giescking (ed.) *Soil Components, Vol 2, inorganic components; Springer-verlag, New York. I : Fundamental aspects. Academic Press, London & New York, 775p.*
- MACKENZIE, R.C. (1970) - *Differential Thermal Analysis*. Vol. 1: Fundamental Aspects : 524 - 527. Academic Press, London and New York.
- MANTOVANI M.S.M.; D.W.PEATE & HAWKESWORTH C.J. (1988) - Geochemical Stratigraphy of Paraná Continental Flood basalts: A contribution from borehole sample. in *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects. Piccirillo E.M. & Melfi, A.J. ed. 599p.*
- Mc FARLANE (1983) - The Temporal Distribution of Bauxitisation and its genetic Implications. In *Proceedigs of the II Intern. Seminar Laterit. Processes* , São Paulo p: 197-207.
- Mc FARLANE M.J. & BROCK P.W. G. (1983)- Cartographic analysis of High level laterites - an exemple from southern Uganda- and the relevance of such techniques to lateritic residual mineral prospecting and to geochemical prospecting laterites. In *Proceedigs of the II Intern. Seminar Laterit. Processes* , São Paulo : 401-415.

- MEILHAC A. & TARDY Y. (1970) - Genèse et évolution des séricites, vermiculites et montmorillonites au cours de l'altération des plagioclases. *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, **23**, 3-4: 145-161.
- MELFI A.J.; PICCIRILO E.M. & NARDY A.J.R. (1988 a) - Geologic and Magmatic Aspects of the Paraná Basin - an introduction. in *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects*. Piccirillo E.M. & Melfi, A.J. ed. 599p.
- MELFI A.J.; TRESCASES J.J.; CARVALHO A.; BARROS DE OLIVEIRA S.M.; RIBEIRO FILHO E.; LAQUINTINIE FORMOSO M.L. (1988 b) - The lateritic ore deposits of Brazil. *Sci. Géol., Bull.*, **41**, 1: 5-36.
- MENDELOVICI E., YARIV S. H. & VILLALBA R. (1979) - Iron-bearing kaolinite in Venezuelan laterites: I. Infrared spectroscopy and chemical dissolution evidence. *Clay Miner.*, **14**: 323-331.
- MENEGOTTO, E. (1982) - Alteração intempérica de rochas ultrabásicas em clima subtropical- evolução mineralógica e geoquímica em alguns maciços ultrabásicos do Rio Grande do Sul- Brasil. tese de doutoramento, Instituto de Geociências - UFRGS, Porto Alegre, 356p.
- MERINO E. , HARVEY C. C. & MURRAY, H. H. (1989) - Aqueous-chemical control on the tetrahedral aluminium content of quartz, halloysite and other low-temperature silicates. *Clays Clay Miner.* **37**, 135-142.
- MEUNIER A. & VELDE B (1989) - Solid solutions in I/S mixed layer minerals and illite. *Amer. Miner.*, **74**: 1106-1112.
- MEUNIER A. (1977) - Les mécanismes de l'altération des granites et le rôle des micro-systèmes. Etude des arènes du massif granitique de Parthenay (Deux Sèvres) .Th. Sci., Univ. Poitiers, 248p.
- MEUNIER A.; INOUE A. & BEAUFORT D. (1991) - Chemiographic analysis of trioctahedral smectite-to-chlorite conversion series from the Ohyu Caldera, Japan. *Clay & clay Minerals*, **39**, 4: 409 -415.
- MEUNIER, A. (1983) - Micromorphological advances in rock weathering studies in soil micromorphology (P. Bullock& C.P. Murphy Ed.) vol 2 Soil Genesis, A.B. Academic Publishers : 467-483.
- MILLOT G.& BONIFAS M (1955) - Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latérisation et bauxitization. *Bull. Serv. Carte Alsace - Lorraine*, **8**: 3-10.
- MILLOT G.(1983) - Planation of Continents by Intertropical Weathering and Pedogenetic Processes. in *Proceedings of the II Intern. Seminar Laterit. Processes* , São Paulo: 53-63.
- MINIOLI , B.; PONÇANO, W.L. & OLIVEIRA S.M.B.(1971) - Extensão geográfica do vulcanismo basáltico do Brasil meridional. *An.Acad. brasil Ciênc.*, **43**: 433-437.

- MODENESI M.C. (1988) - Significado dos Depósitos correlativos quaternários em Campos do Jordão - São Paulo . Implicações paleoclimáticas e paleoecológicas. São Paulo, Instituto Geológico bol. 7, 155p.
- MORRIS, R.C. (1985) - Iron Ore. *Research Review*, CSIRO, P.O.Wembley 6014, Western Australia.
- MOSER, J.M. (1990) - Geografia do Brasil; Região Sul, IBGE. Rio de Janeiro, **2**: 85-111.
- MULLER D., BOCQUIER G., NAHON D., PAQUET H.(1980-1981) - Analyse des différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizon nodulaire du Congo. *Cah. ORSTOM* , sér. Pédologie, **18**: 87-109.
- MURATA, K. J.; FORMOSO, M.L.L. & ROISENBERG, A. (1986) - Distribution of zeolites in lavas of Southeastern Paraná Basin, State of Rio Grande do Sul, Brazil. XXXIV Congr. Bras. Geol. Resumo Comunicações: 168. Goiânia (GO).
- NAGASAWA K.& MIYAZAKI (1976) - Mineralogical properties of halloysite as related to its genesis; *Proc. 6th Int. Clay Conf.* 1975 Mexico, S.W. Bailey ed.: 256-265.
- NAGASAWA, K. (1978) - Kaolin Minerals in: Developments in sedimentology, **26**. Clays and Clay minerals of Japan . Sudo,T & Shimoda,S. Editors.
- NAGAZAWA & NORO (1987) - An electron spin resonance study of halloysites. *Clay Sci.*, **6**: 261-268.
- NAHON D. , MELFI A & CONTE C.N.(1989) - Présenced'un vieux système de cuirasses ferrugineuses latéritiques en Amazonie du Sud. Sa transformation in situ en latossols sous la forêt équatoriale actuelle. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **t.308**, série **II**: 755-760.
- NAHON D. et BOCQUIER, G. (1983) - Petrology of elements transfers in weathering and soil Systems. *Sci. Géol.Mém.*, Strasbourg, **72**: 111-119.
- NAHON D.& COLIN,F. (1982) - Chemical weathering of orthopyroxenes under lateritic conditions. *Am. Journ.Sci.*, **282**: 1232-1243.
- NEWMAN R.H., CHILDS C.W. & CHURCHMAN G.J. (1994) - Aluminium coordination and structural disorder in halloysite and kaolinite by ²⁷Al NMR spectroscopy. *Clay Min.*, **29**: 305-312.
- NIMER, E. (1990) - Clima In: *Geografia do Brasil*; Região Sul, IBGE. Rio de Janeiro, **2**: 151-187.
- NORO (1986) - Hexagonal platy halloysite in an altered tuff bed, Komaki city, Aichi prefecture, central Japan. *Clay Miner.*, **21**: 401 - 415.
- NORRISH K. & TAYLOR R.M. (1961) The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *Journal of Soil Science*, **12**: 294-306.
- NOVIKOFF, A. (1974) - L'altération des roches dans le massif du Chaillu (République Populaire du Congo). Formation et évolution des argiles en zone ferrallitique. Thèse Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 298p.
- O'REILLY W. & BANERJEE S.K.(1967) - The mechanism of oxidation in titanomagnetites: a magnetic study. *Miner. Mag.***36**: 29-37.

- O'REILLY W. (1983) - The identification of titanomaghemites: model mechanisms for maghemitization and inversion processes and their magnetic consequences. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **31**: 65-76.
- ODIM, G.S.; DESPRAIRIES, A.; FULLGAR, P.D.; BELLON H.; DECARREAU, A.; FRÖLICH, F. & ZELVELDER M. (1988) - Nature and geological significance of celadonite. In: *Green Marine Clays*. G.S. Odim ed. Developments in Sedimentology, 45. Amsterdam.
- OZIMA M. & LARSEN E. (1970) - Low and high temperature oxidation of titanomagnetite in relation to irreversible changes in the magnetic properties of submarine basalts, *J. Geophys. Res.*, **75**: 1003-1017.
- PALMIERI, F. (1986) - A study of a climosequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, Brazil. West Lafayette, Purdue University, PhD Thesis.
- PARHAM, W.E. (1969) - Formation of halloysite from feldspar: Low temperature, artificial weathering versus natural weathering. *Clay & Clays Miner.*, **17**: 13-22.
- PEDRO, G.; MELFI, A.J. (1983) - The Superficial Alteration in Tropical Region and the lateritization Phenomena. In *Proceedings of the II Intern. Seminar Laterit. Processes*, São Paulo: 3-13.
- PETIT S. & DECARREAU, A. (1990) - Hydrothermal (200°C) synthesis and crystal chemistry of iron-rich kaolinites. *Clay Min.*, **25**: 181-196.
- PETIT S., DECARREAU A., EYMERY, J. P. & THOMASSIN, J. H. (1990) - Synthèse de kaolinites ferriques à 200°C. Comparaison avec les kaolinites d'altération supergène: teneur en fer, morphologie, cristallinité. *C. R. Acad. Sci. Paris*, T.307, série II: 1961-1966.
- PETIT, S. (1990) - Etude cristalochimique de kaolinites ferrifères et cuprifères de synthèse (150-250°C) Thèse, Univ. Poitiers, 237p.
- PETIT, S. MOSSER, C. EHRET, G. DECARREAU, A. GRAUBY, O. (1995) - Hydrothermal syntheses (250°C) of copper - kaolinites *Clays Clay Miner.* (in press)
- PETRI S. & FÚLFARO, J.V. (1983) - Geologia do Brasil. T.A. Queiroz, University of São Paulo, 631p.
- PICIRILLO E.M.; COMIN_CHIARAMONTI P.; MELFI A.J.; STOLFA D.; BELLINI, G.; MARQUES L.S.; GIARETTA, A.; NARDY A.J.R.; PINESE, J.P.P.; RAPOSO M.I.B.; ROISENBERG A. (1988) - Petrochemistry of continental flood basalt-rhyolite suites and related intrusives from the Paraná Basin (Brazil). in *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects*. Piccirillo E.M. & Melfi, A.J. ed. 599p.
- PICIRILLO E.M.; MELFI A.J.; COMIN_CHIARAMONTI P.; BELLINI, G.; ERNESTO M.; MARQUES L.S.; NARDY A.J.R.; PACCA I.G.; ROISENBERG A. & STOLFA

- D.(1988) - The Continental Flood Volcanism From The Paraná Basin (Brasil). J.D. Macdougall (ed.), Continental Flood Basalts: 195-238.
- PINTO M.N.(1988) - Aplainamento nos Trópicos - Uma revisão conceitual. *Geografia*, **13** (26): 119-139.
- PLAÇON A & TCHOUBAR C. (1977) - Part II Nature and proportions of defects in natural kaolinites. *Clays Clay Miner.*, **25**: 436-450 .
- POLDERVAART, A. & HESS, H.H., (1951) - Pyroxenes in the crystallization of basaltic magma. *Journal Geol.*, **59**: 472-489.
- POTTER R. O. & KAMPF N. (1981) - Argilo-minerais e óxidos de ferro em cambissolos e latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. *R. bras. Ci. Solo*, **5**: 153-159.
- PROUST D. (1983) - Mécanismes de l'altération supergène des roches basiques. Etude des arènes d'orthoamphibolite du Limousin et de glaucophanite d' Ille de Groix. Thèse Doc. Sciences, Poitiers, 197p.
- PROUST D.& MEUNIER A. (1989) - Phase equilibria in Weathering Processes. In Theophrastus Publications, S.A. *Weathering; its products and Deposits*. Volume I. Processes: 121-145.
- QUANTIN P (1990) - Specificity of the halloysite-rich tropical and subtropical soils; Transactions 14 th International Congress of Soil Science, Kyoto, 1990, **VII**, International Society of Soil Science: 16-21.
- QUANTIN P (1991) - Les sols de l'archipel volcanique des Nouvelles-Hébrides (Vanatu). Etude de la pédogenèse initiale en milieu tropical. Thèse, Institut de Géologie, Strasbourg, 494p.
- QUANTIN P. HERBILLON A. J., JANOT C. & SIEFFERMAN G. (1984) - L' halloysite blanche riche en fer de Vate (Vanatu). Hypothèse d'un édifice interstratifié halloysite-hisingerite. *Clay Miner.*, **19**: 629-643.
- RAMDOHR, P. (1953) - Ulvospinel and its significance in titaniferous Iron Ores. *Econ. Geol.*, **48**, 677.
- READMAN P.W. & O'REILLY W. (1970) - The synthesis and inversion of non-stoichiometric titanomagnetites. *Phys. Earth Planet. Interiors* **4**: 121-128.
- READMAN P.W.& O'REILLY W. (1971) - Oxidation Processes in Titanomagnetites. *Zeitschrift für Geophysic*, Band 37, 329-338; Physica-Verlag, Würzburg.
- RENGASAMY P., KRISHNA MURTI G.S.R. & SARMA V.A.K. (1975) - Isomorphous substitution of iron for aluminium in some soil kaolinites. *Clays Clay Miner.*, **23**: 211-214.
- ROISENBERG A; GAMERMANN, N. & VIEIRA JR., N. (1984) - Argilo-minerais em rochas basálticas inalteradas. Anais XXXIII Congr Bras. Geol., **4**: 4241-4252. Rio de Janeiro, R.J.

- ROSS, C. S. & KERR, P.F. (1934) - Halloysite and allophane. *U.S. Geol. Surv., Prof. Pap.*, **185-G**:135-148.
- ROSS, C. J., KODAMA H., WANG C., GRAY J. T. & LAFRENIERE L.B. (1983) - Halloysite from a strongly weathered soil at Mont Jacques Cartier, Quebec; *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **47**: 327-332.
- SANVER M.& O'REILLY W. (1970) The identification of naturally occurring non-stoichiometric titanomagnetites. *Phys. Earth Planet. Interiors*, **2**: 166-174.
- SHELLMAN, W. (1981) - Considerations on the definition and classification of laterites. *Proc. Int. Sem. Laterization Processes, Trivandrum.*: 1-10.
- SCHUCK M.T.G.O.; FORMOSO, M.L.L. (1991) - Grau de intemperismo do manto de Alteração de Rochas do Planalto Sul-Riograndense, In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Anais, São Paulo: 15-18.
- SCHUCK M.T.G.O.; LISBOA N; HAERTEL V; DANI N.(1991) - Correlação de dados morfotectônicos e geomorfogenéticos na pesquisa do manto de alteração de rocha do Planalto Sul-riograndense. *Rev. Bras. Geoc.*, **21** (4): 363-370.
- SCHULZE, D. G. (1984) - The influence of aluminium on Iron oxides. VIII. Unit - cell dimensions of Al- substituted Goethites and estimation of Al from them. *Clays & Clay Minerals*, **32**, 1: 36-44.
- SCHULZE, D. G.& SCHWERTMAN U.(1984) - The influence of aluminium on iron oxides. X. The properties of Al-substituted goethite. *Clay Miner.*, **19**: 521-529.
- SCHWERTMAN U (1984) - The influence of aluminium on iron oxides. IX Dissolution of Al-goethites in 6M HCl. *Clay Miner.*, **19**: 9-19.
- SCHWERTMAN U (1987) - Some properties of soils and synthetic iron oxides. p. 203-250. In Joseph W.Stucki, Bernard Goodman, and Udo Schwertmann (eds.) *Iron in soils and clay minerals*. D. Reidel, Dordrecht.
- SCHWERTMAN U (1988) - Occurrence and formation of iron oxides in various pedoenvironments. p.267-308 In Joseph W.Stucki, Bernard Goodman, and Udo Schwertmann (eds.) *Iron in soils and clay minerals*. D. Reidel, Dordrecht.
- SCHWERTMAN U. & FECHTER H. (1984) - The influence of aluminium on iron oxides: XI Aluminum - substituted maghemite in soils and its formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **48**: 1462-1463.
- SCHWERTMAN U. & KÄMPF N.(1985) - properties of goethite and hematite in kaolinitic soils of southern and central Brazil. *Soil Sci.*, **139**: 344-350.
- SCOPEL R.(1990) - Alteração Hidrotermal de rochas basálticas associadas às ametistas, Vila São Gabriel / Planalto -RS Dissertação de mestrado 218p UFRGS
- SCOPEL, R., FORMOSO, M.L.L., DUDOIGNON, P E MEUNIER, A.(1990) - Hydrothermal alteration of basalts, Southern Parana Basin, Brazil. *Chemical Geology*, **84**, n° 1/4: 249-250.

- SIGH B. & GILKES, R.J. (1992) - An electron optical investigation of the alteration of kaolinite to halloysite. *Clays & Clay Miner.*, **40**: 212-229.
- SMITH B.(1983) - Efects de la maghématisation des titanomagnétites sur les propriétés magnétiques des basaltes sous-marins: synthèse et résultats relatifs aux basaltes du leg 51. *Sci. Géol., Bull.*, **36**, 2-3: 117-137.
- SOMA, M.; CHURCHMAN, G. J.; THENG, B.K.G. (1992) - X - ray photoelectron spectroscopic analysis of Halloysites with different composition and particles morphology. *Clay Miner.*, **27**: 413-421.
- SOUZA SANTOS, P.DE (1993) - The use of clay particle morphology studies to characterize industrial clay deposits: examples from Brazil. *Clay Minerals.*, **28**: 539-553.
- STACEY F. D. & BANERJEE, S. K.(1974) - The physical principles of Rock Magnetism. Amsterdam. Elsevier.
- STOCKES, K. R. (1971) - Further investigations into the nature of the materials chlorophaeite and palagonite. *Mineralogicalmagazine*, June 1971, **38**: 205-14.
- STUCKI J.W. (1988) - Structural iron in smectites. In: Stucki J.W.; Goodman B.A. & Schwertmann U. (eds.) - Iron in Soils and Clay Minerals p.625-664. D. Reidel, Dordrecht.
- STUCKI J.W., GOODMAN B.A. & SCHWERTMANN U. (1988) - Iron in Soils and Clay Minerals NATO ASI Series 893p.
- SWADDLE T. S. & OLTMANN P. (1980) - Kinetics of the magnetite-maghemite-hematite transformation, with special reference to hydrothermal systems. *Can. J. Chem.*, **58**:1763-1772.
- TARDY Y, BARDOSSY G. & NAHON, D. (1988) - Fluctuations de l'activité de l'eau et succession de minéraux hydratés au sein des profils latéritiques ferrugineux et bauxitiques. *C.R. Acad.Sci. Paris*, **307**, 2: 753-759.
- TARDY Y, KOLBISEC B. & PAQUET H. (1991) - Mineralogical Composition and Geographical distribution of African and brasilian laterites. The influence of continental drift and tropical paleoclimates during the last 150 million years and implications for India and Australia. *J. African Earth Sci.*, **12**, 1/2: 283-295.
- TARDY Y. & NAHON D. (1985) - Geochemistry of laterites . Stability of Al-goethite, Al-hematite, and Fe³⁺ kaolinite in bauxites and ferricretes. An approach to the mechanism of concretion formation. *Amer.J. Sci.*, **285**: 865-903.
- TARDY Y. & NOVIKOF A.(1988) - Activitée de l'eau et déplacement des équilibres gibbsite-kaolinite dans les profis latéritiques. *C.R. Acad.Sci. Paris*, **307**, 2: 1765-1772.
- TARDY Y.(1993) - Pétrologie des Laterites et des Sols Tropicaux. Masson Paris 1993; 459p.
- TARDY Y; MELFI A.J.; VALETON I. (1988) - Climats et Paléoclimats tropicaux périalantiques. Rôle des facteur climatiques et thermodynamiques: température et

- activité de l'eau sur la répartition et la composition mineralogique des bauxites et des cuirasses ferrugineuses au Brésil et en Afrique. *C.R. Acad.Sci. Paris*, **306**, 2: 39-44.
- TARDY, Y. (1969) - Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, **31**: 199p.
- TAYLOR R. M. & SCHWERTMANN, U. (1974) - Maghemite in soils and its origin. 1. Properties and observations on soil maghemites. *Clay Minerals*, **10**: 289-311.
- TAZAKI (1981) - Analytical electron microscopic studies of halloysite formation processes. Morphology and composition of halloysite. *Proc. 7th Clay Conf. Bologna & Pavia*, 573-584.
- TAZAKI, K. (1979) - Micromorphology of halloysite produced by weathering of plagioclase in volcanic ash. *Develop. in Sedimentology*, **27**, Proceed. Intern. Clay Conf. Oxford, 1978, M M Mortland and Farmer eds., 415-422.
- TAZAKI, K. TIBA T. ARATANI M. MIYACHI M. (1992) - Structural water in Volcanic Glass. *Clays and Clay Minerals*, **40**: 122-127.
- THENG B. K. G., CHURCHMAN G. J., WHITTON, J.S. AND CLARIDGE, G.G.C. (1984) - Comparison of intercalation methods for differentiating Halloysite from Kaolinite. *Clays and clay Minerals*, **32**, 4: 249-258.
- THOMAS M. F. (1974) - *Tropical Geomorphology*: Macmillan, London, 132p.
- TOMURA S., SHIBASAKI Y., MIZUTA H. & KITAMURA M. (1983) - Spherical kaolinite: synthesis and mineralogical properties, *Clays Clay Miner.*, **31**: 413-421.
- TOMURA S., SHIBASAKI Y., MIZUTA H. & KITAMURA M. (1985) - Growth condition and genesis of spherical and platy kaolinite. *Clays Clay Miner.*, **33**, 200-206.
- TORRENT, J., U. SCHWERTMANN, FECHTER H. & ALFEREZ F. (1983) - Quantitative relationships between soil color and hematite content. *Soil Sci.*, **136**: 354-358.
- TORRENT, J.; U. SCHWERTMANN; SCHULZE, D.G. (1980) - Iron oxide minerarogy of some soils of two river terrace sequences in Spain, *Geoderma*, **23**: 191-208.
- TRESCASES, J.J. (1975) - L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale. Formation des gisements nickélifères de Nouvelle-Calédonie. *Mém. ORSTOM, Paris*, **78**, 259p.
- TROLARD & TARDY Y. (1987) - The stabilities of gibbsite, bohemite, aluminous hematites in bauxites, ferricretes and laterites as a function of water activity, temperature and particle size. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **51** 945-957.
- TROLARD & TARDY Y. (1989) - A model of Fe³⁺ kaolinite, Al³⁺ Goethite, Al³⁺ Hematite equilibria in laterites. *Clay minerals*, **24**: 1-21.

- VALETON, I.(1985) - Time-Space Model of Supergene Ore Formations in Brazil in relation to Tecto- and Morphogenesis. *Monograph Series on Mineral Deposits* , **25**: 125 - 212; Gebrüder Borntrager, Berlin - Stuttgart.
- VALETON, I.; BEISSNER H; CARVALHO, A (1991) - The tertiary bauxite belt on tectonic uplift areas in the Serra da Mantiqueira, South - East Brazil. *Contributions to Sedimentology*, **17**, 100p.
- VAN OORT F. ; JONGMANS, T. G.; JAUNET, A.M.; DOESBURG, J.& FEIJTEL T. (1990) - Andesite weathering and halloysite new formation in a ferrallitic soil environment in Guadeloupe. *In situ* study of different halloysite facies on thin sections by SEM-EDXRA, microdrilling, step scan XRD and TEM. *C.R. Acad.Sci. Paris*, **310**, Serie II, p. 425-431.
- VELDE, B. (1985) - Clay Minerals. A Physico - Chemical Explanation of their Occurrence. *Developments in Sedimentology*, **40**.
- VELDE, B. (1992) - Introduction to Clay Minerals .Chapman & Hall ed. London,198 p.
- VOLKOFF B. (1984) Organisations régionales de la couverture pédologique du Brésil. Chronologie des différenciations. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, **21**, 4: 225-236.
- VOLKOFF B. ; MELFI A.J.; PEDRO G. (1989) - Nature des oxydes de fer dans les sols du Brésil Répartition en fonction du climat. *Sci.Géol. Bull.*, **42**, 1: 15-25, Strasbourg, 1989.
- WADA S. I.& MIZOTA C.(1982) - Iron-rich halloysite (10Å) with crumpled lamellar morphology from Hokkaido, Japan..*Clays and clay Minerals*, **30**: 315-317.
- WADA,K (1989) - Allophane and imogolite. *In: Minerals in soil Environments*, second edition Dixon, J. B. & Weed,S.B. Editors, Wisconsin,USA, 1989, 1244p.
- WATANABE T., SAWADA Y., RUSSEL J.D., McHARDY W.J. & WILSON M.J. (1992) - The conversion of montmorillonite to interstratified halloysite-smectite by weathering in the OMI acid clay deposit, Japan. *Clay Min.*, **27**: 159-173.
- WAYCHUNAS, G. A. (1991) - Crystal Chemistry of Oxides and Oxyhydroxides in Oxide Minerals: Petrologic and magnetic significance. Donald H Lindsley, Editor. *Reviews in Mineralogy* v, **25**: 11-61.
- WEAVER, C.& POLLARD L.D. (1973) - The chemistry of Clay Minerals . *Developments in sedimentology*, **15**.
- WILSON, M. (1989) - Igneous petrogenesis . Unwin Hyman. 466p.
- YADA K. & IISHI K. (1974) - Serpentine minerals hydrothermally synthesized and their microstructures. *J. Crystal Growth*, **24/25**: 627-630.
- ZELLER C., HUBSCH J., & BOLFA (1967) - Relations entre les propriétés magnétiques et la structure d'une titanomagnétite au cours de son oxydation. *C.R.Acad. Sci. Paris*, **265**: 1034-1036.

ANEXO 1

FOTOGRAFIAS



FOTO 1. A paisagem do domínio da superfície aplainada entre Bom Jesus (RS) e Vacaria (RS) apresenta extensas áreas cobertas de blocos de rocha desagregada ("boulders inselbergs"), evidência de grande remoção de material (erosão).

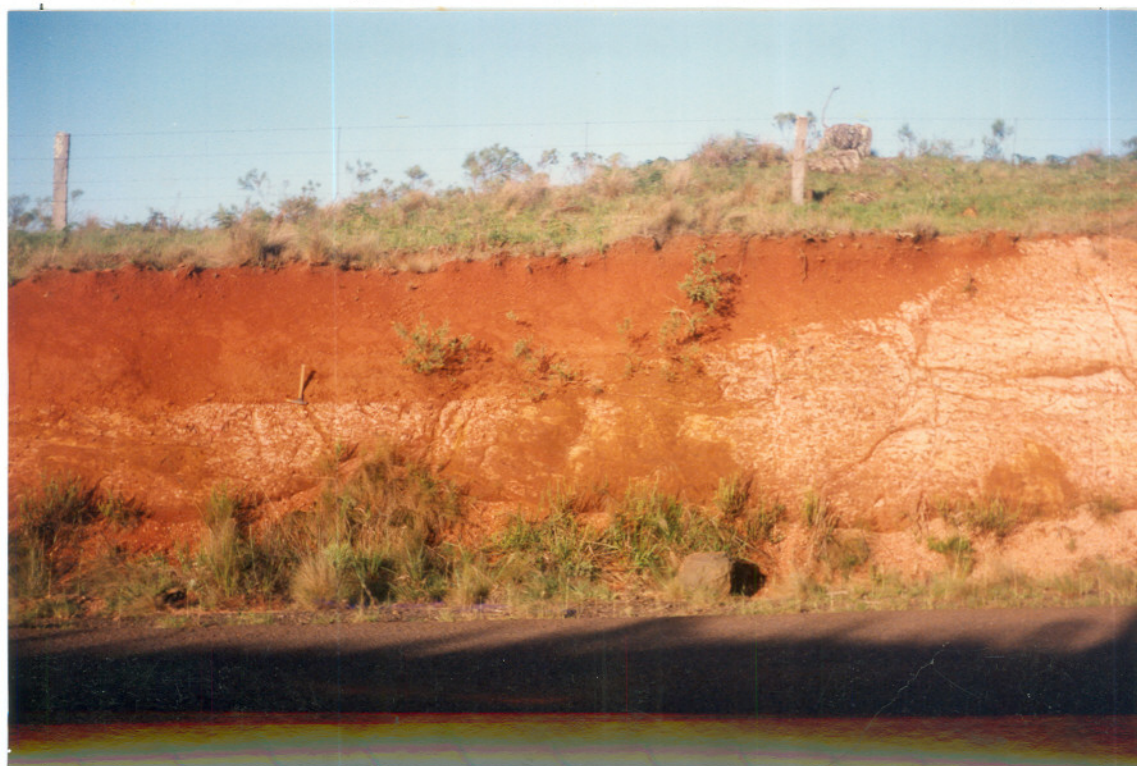


FOTO 2. A superfície topográfica corta as coberturas friáveis (solos vermelhos) em alguns perfis, e também o alterito, evidenciando que estes perfis de alteração são testemunhos de um antigo ciclo de erosão.



FOTO 3. A superfície topográfica corta diretamente o alterito, situados nos morros de topo plano.



FOTO 4. Alteritos com fácies heterogêneas nos morros de topo plano: alterito esferoidal apresentando cor amarelada e crostas concêntricas e alterito argiloso, de tonalidade mais esbranquiçada.

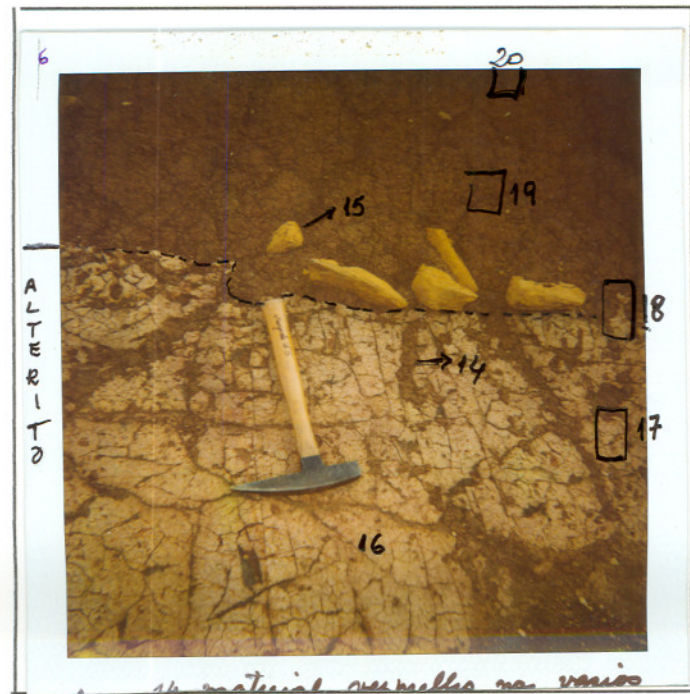


FOTO 5. Alterito argiloso no topo do horizonte.

Nesta parte do perfil aparecem canais de 2 a 3 cm de largura, de bordas não conformes, preenchidos por materiais vermelhos das coberturas móveis superiores. A "stone-line" situada acima do alterito argiloso, é constituída por glébulas à base de goethita e gibbsita. Acima da "stone line" situam-se os horizontes móveis do perfil, onde encontra-se pequenos fragmentos dos horizontes subjacentes.

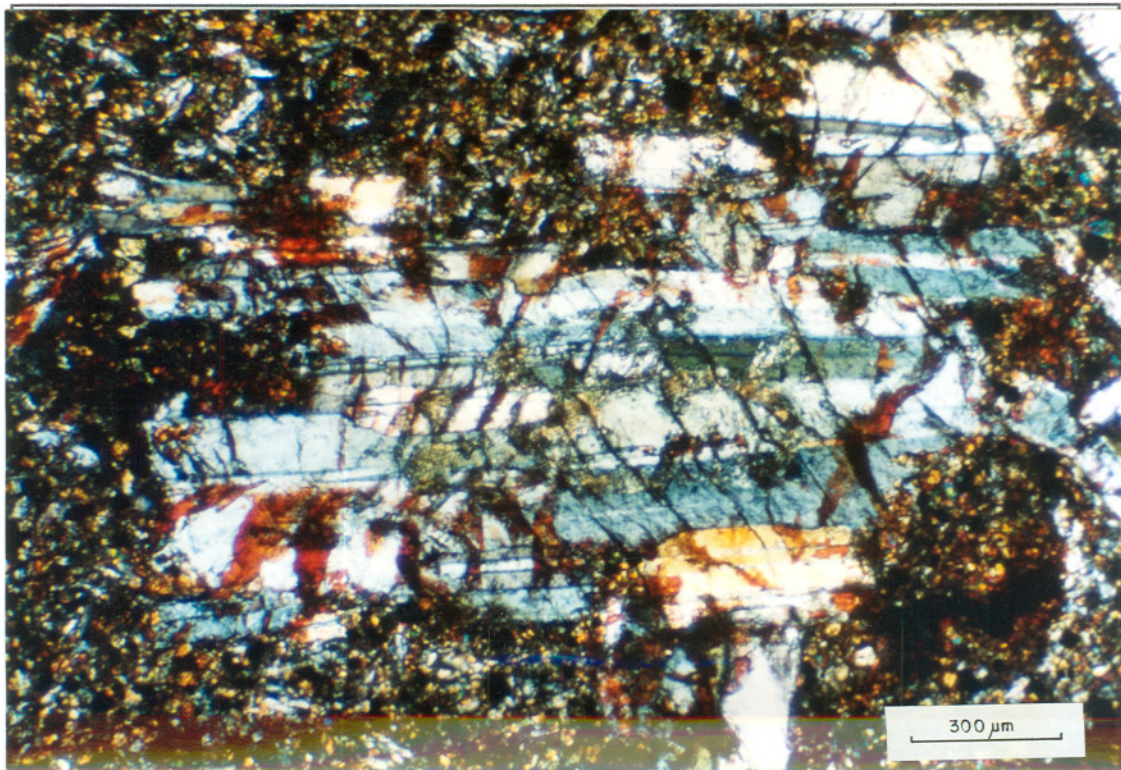


FOTO 6 Fenocristais de plagioclásio do Perfil 1, com fissuras intraminerais preenchidas por plasma alaranjado. Concentrações fibrosas de argilominerais no centro do fenocristal. Microscópio óptico, LP.

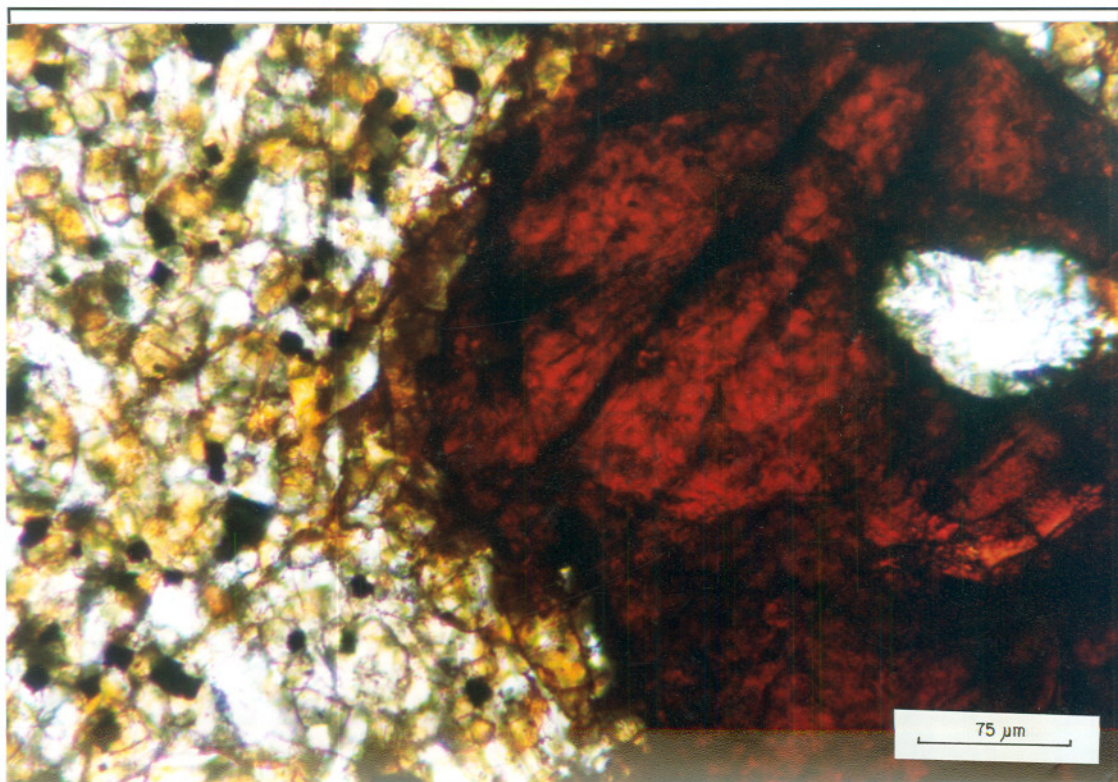


FOTO 7 Fenocrystal alterado, automorfo, ferruginoso do saprólito, Perfil 1. Microscópio óptico, LN.

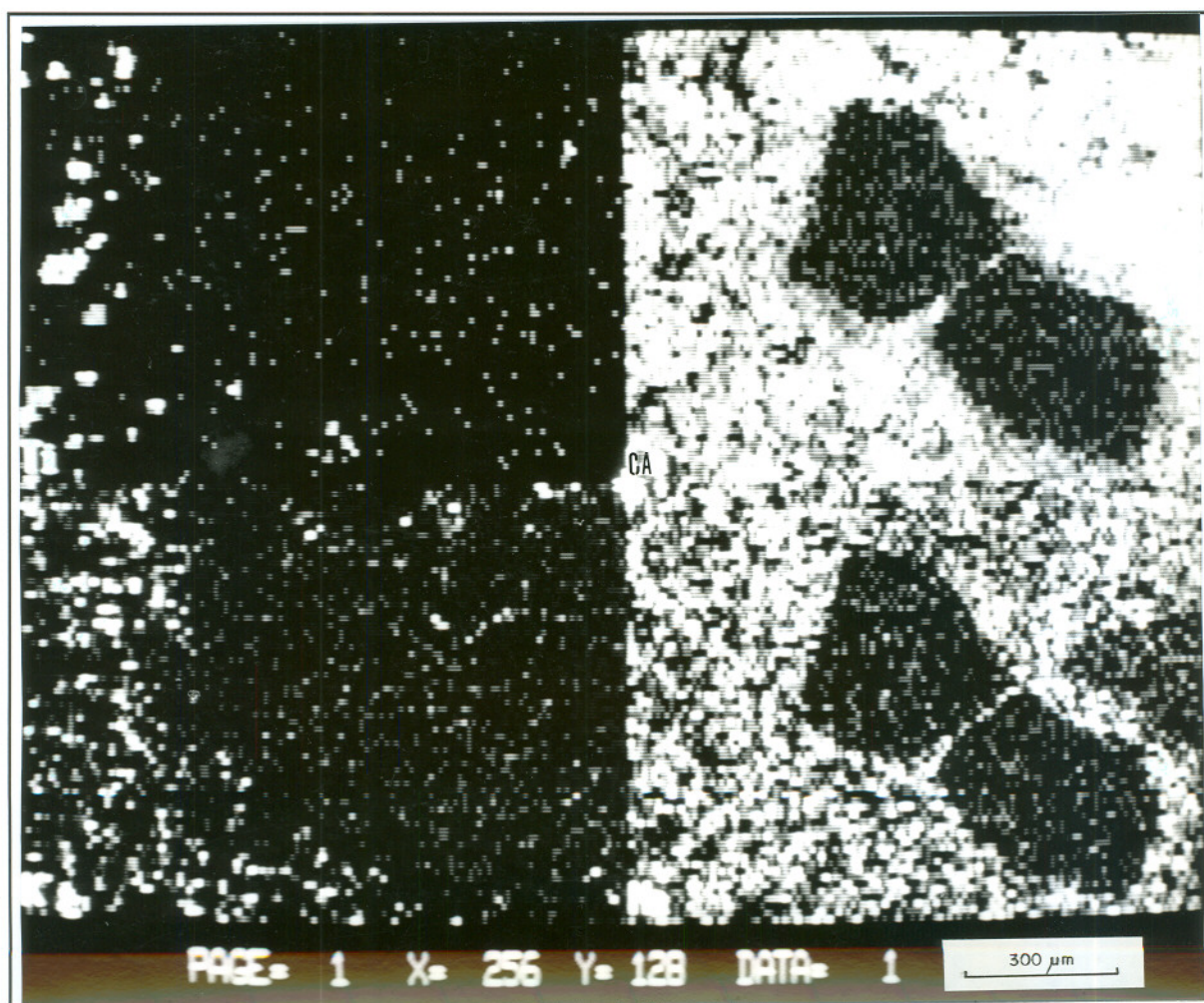


FOTO 8 a. Cartografia de elementos (MEV-EDS) nos cristais automorfos ferruginosos do saprólito, Perfil 1, Elementos Ti, Ca, K e Mn apresentam baixa densidade.

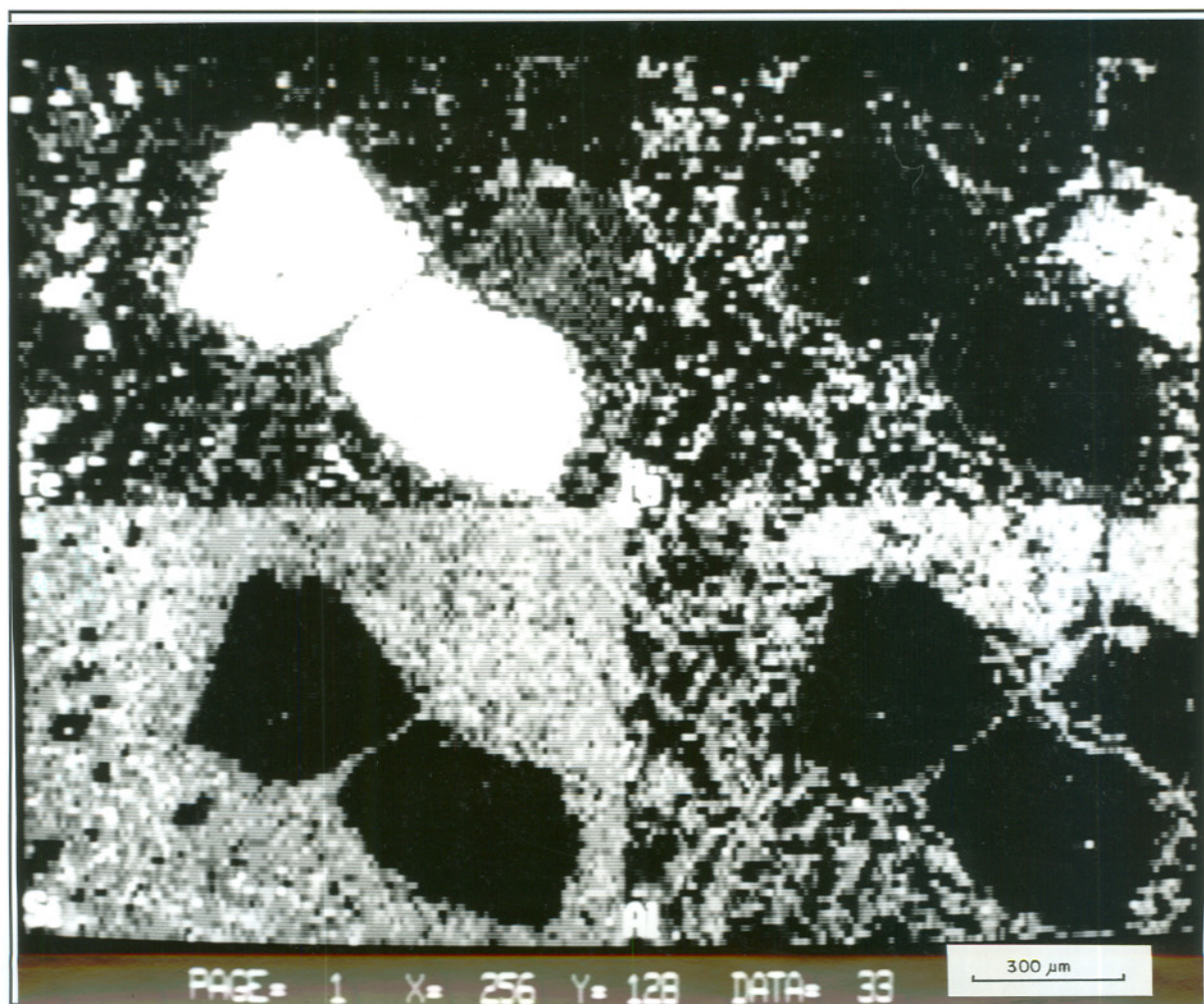


FOTO 8 b. Cartografia de elementos (MEV-EDS) nos cristais automorfos ferruginosos do saprólito, Perfil 1, Elementos Fe, Mg, Si e Al. O Ferro é o elemento mais abundante e homogêneo; Mg, Si e Al aparecem em pequenas “ilhas”, caracterizando uma distribuição heterogênea e escassa.

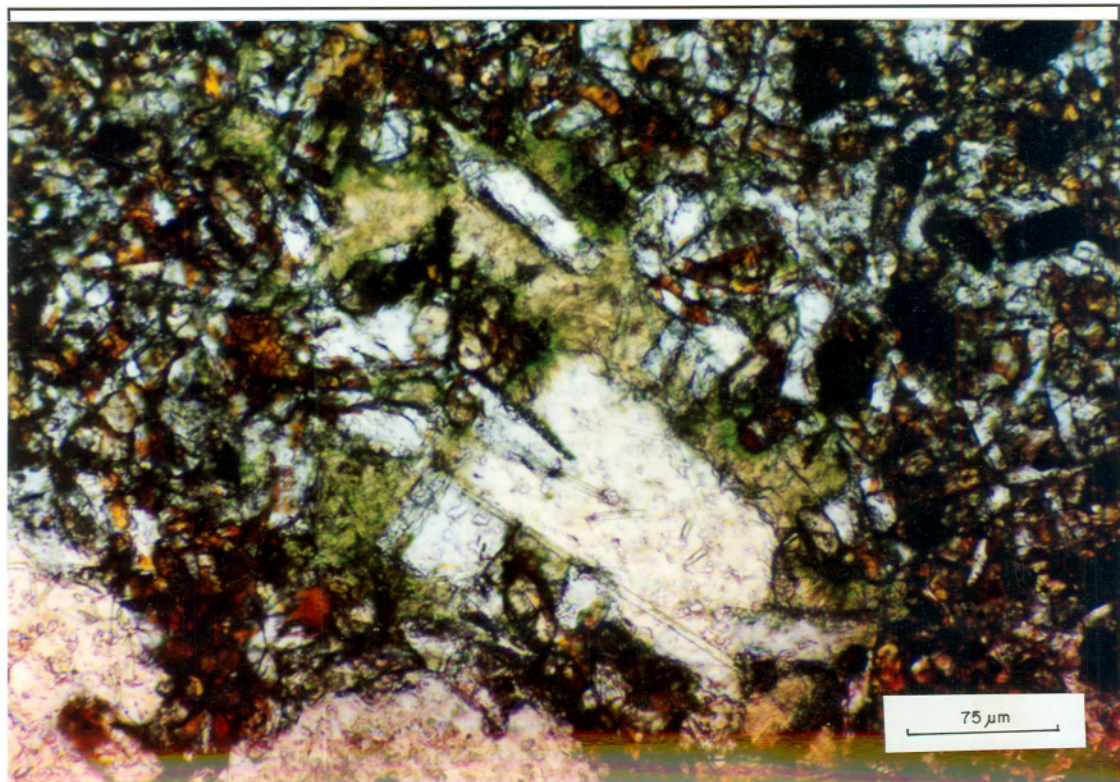


FOTO 9. Argilominerais verdes em sítios intersticiais, associados à cristobalita e agulhas de apatita, rocha, Perfil 1. Microscópio Óptico, 400x.

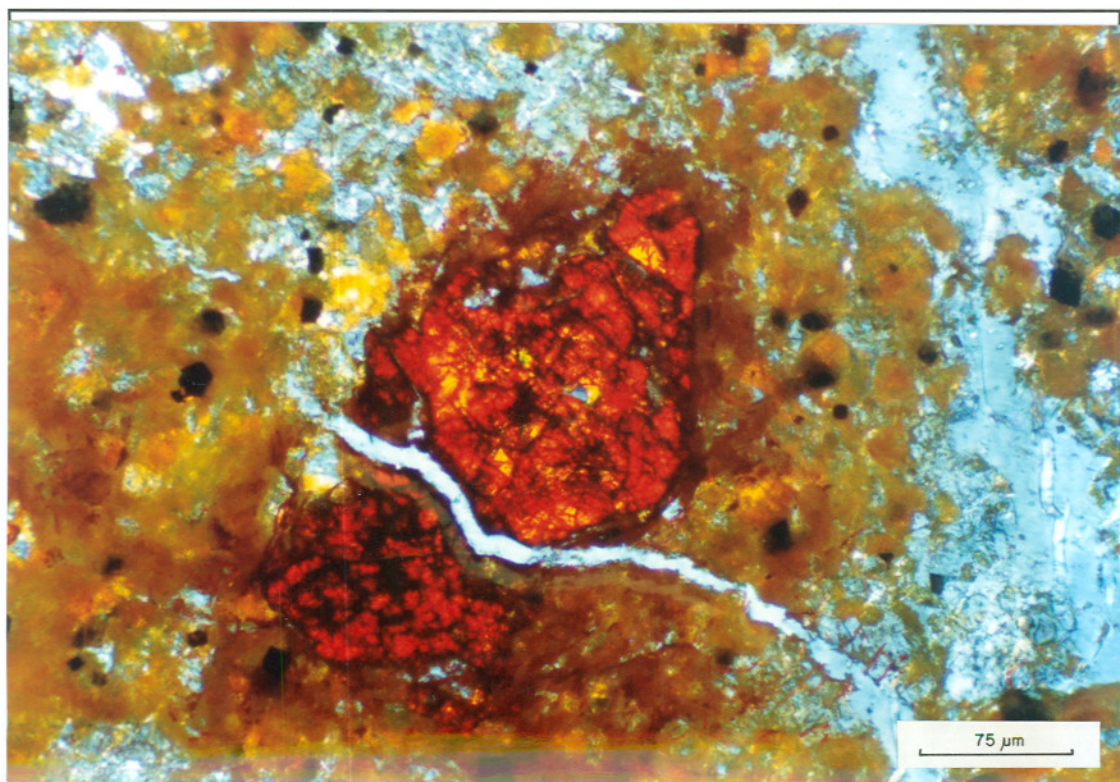


FOTO 10. Hematitas (em vermelho) fragmentadas por fissuras, no alterito argiloso. A matriz S é constituída por plasma marrom alaranjado em que se salientam pequenos fragmentos dispersos de titanomaghemita (em preto). Perfil 1. Microscópio Óptico, LN.

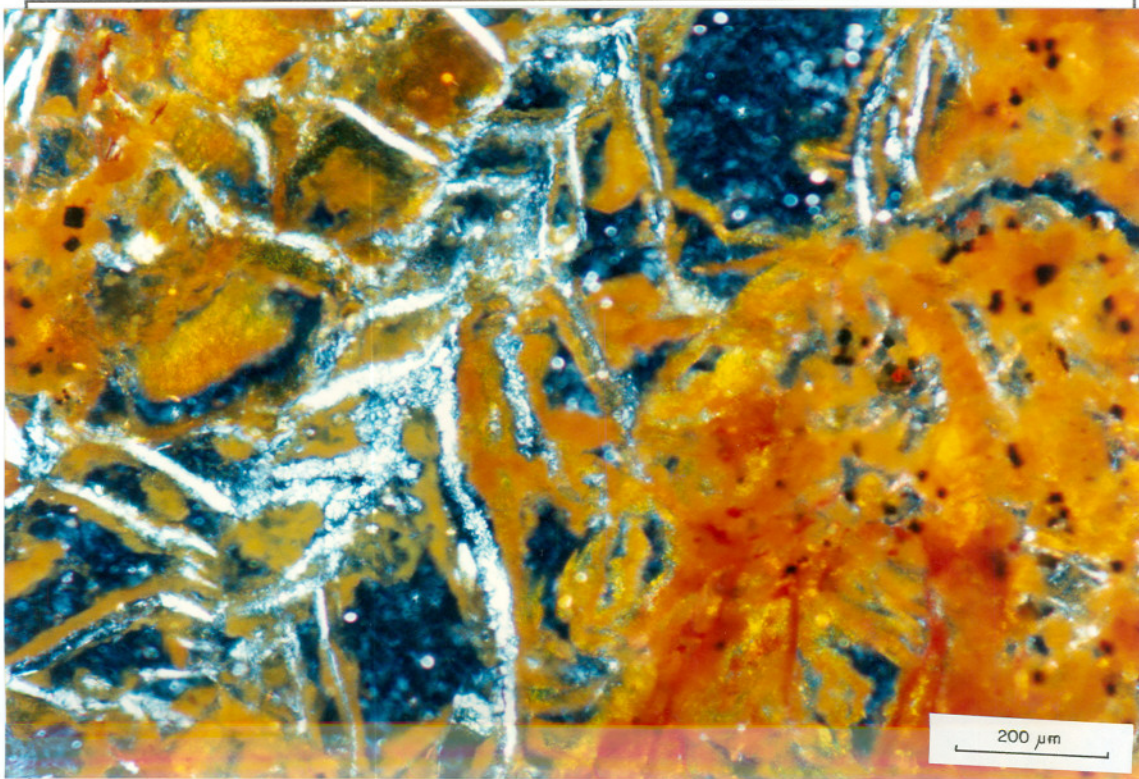


FOTO 11. Litorelíquias em em “espinha de peixe” no alterito argiloso, Perfil 1. Na matriz S, aparece um plasma alaranjado com fragmentos de titanomaghemita Microscópio Óptico, LN.

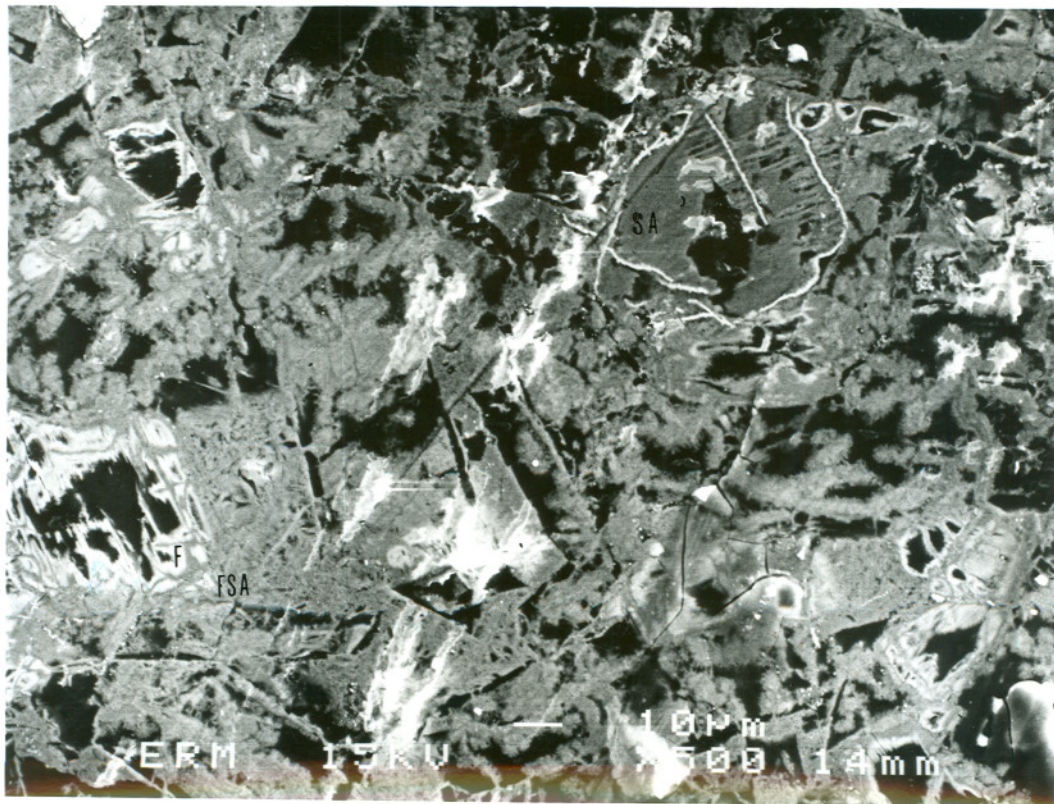


FOTO 12. Organização dos plasmas na parte superior do alterito argiloso, em lâmina delgada: Plasmas silico-aluminosos (SA) (cinza), plasma ferro-silico-aluminoso (FSA), o mais abundante (cinza - claro), e plasma ferruginoso (F) (branco), contornando alguns poros (em preto). MEV., 500x.

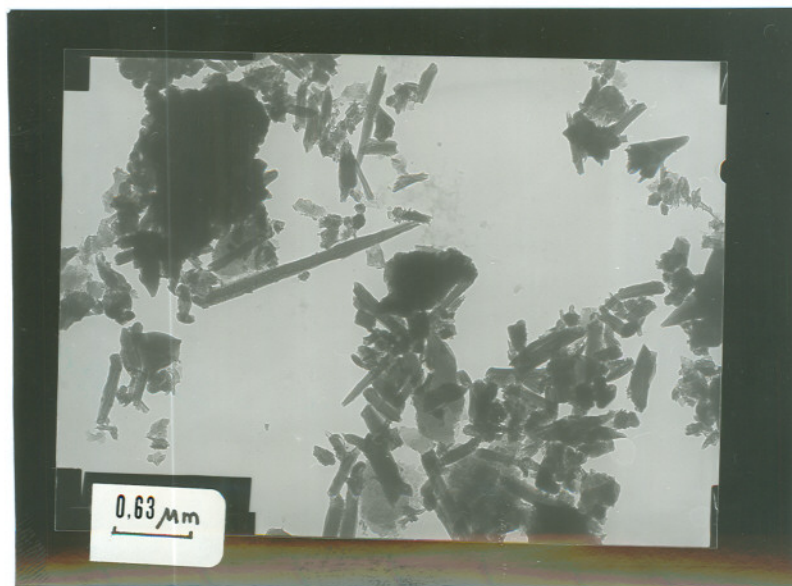


FOTO 13. Particulas argilosas tubulares mais abundantes que as lamelares do alterito argiloso (parte baixa do conjunto), imagens do MET de suspensão desferrificada.

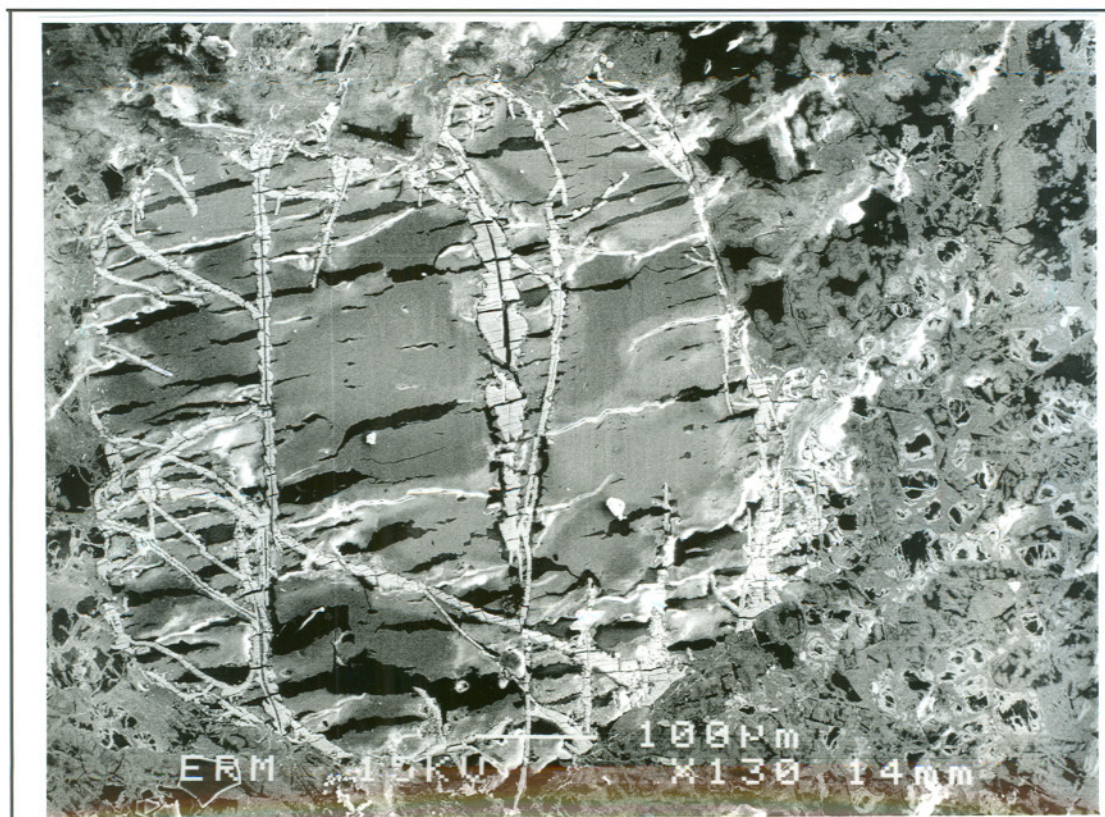


FOTO 14 Pseudomorfose de fechamento periférico por hematita, com núcleos preenchidos por plasmas silico aluminosos, no horizonte "tacheté", imagem MEV.

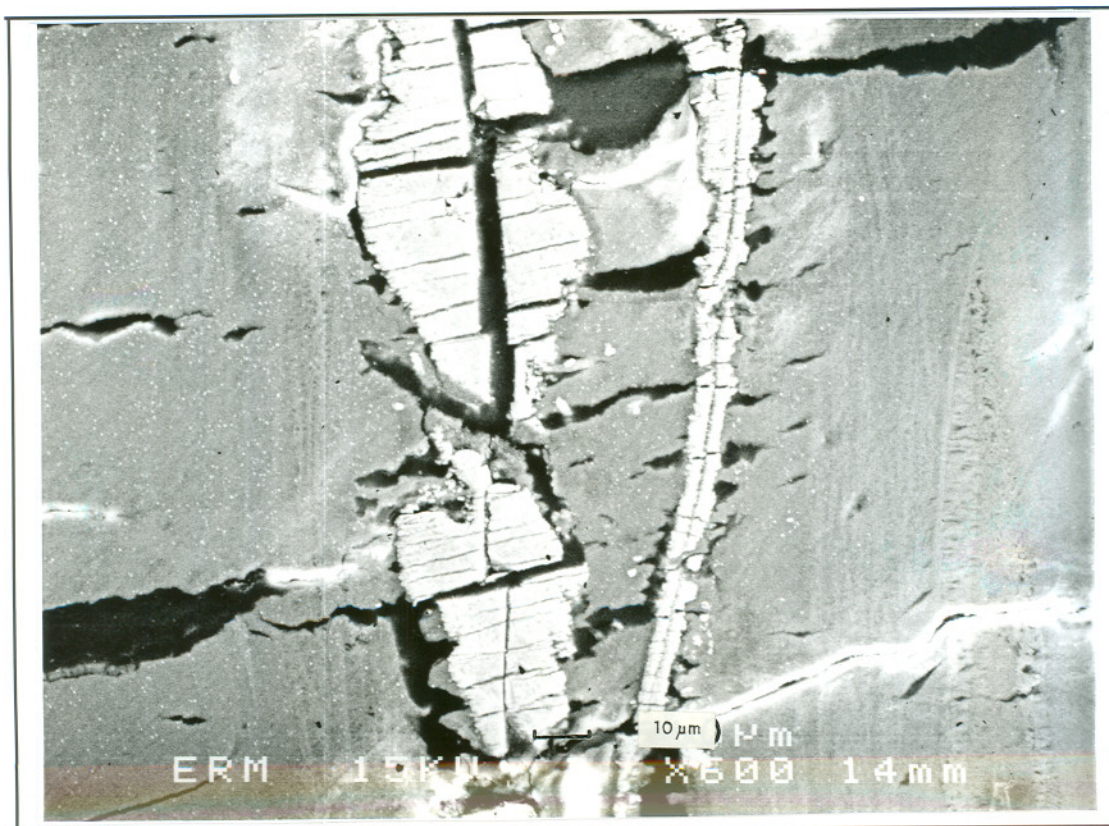


FOTO 15. Detalhe da foto anterior, cristais de hematita. Estes preenchimentos tem espessuras que variam de 40 a 5 μm e são divididos por um vazio central contínuo. A hematita cristaliza nos dois lados do vazio central e contorna os plasmas silico aluminosos.

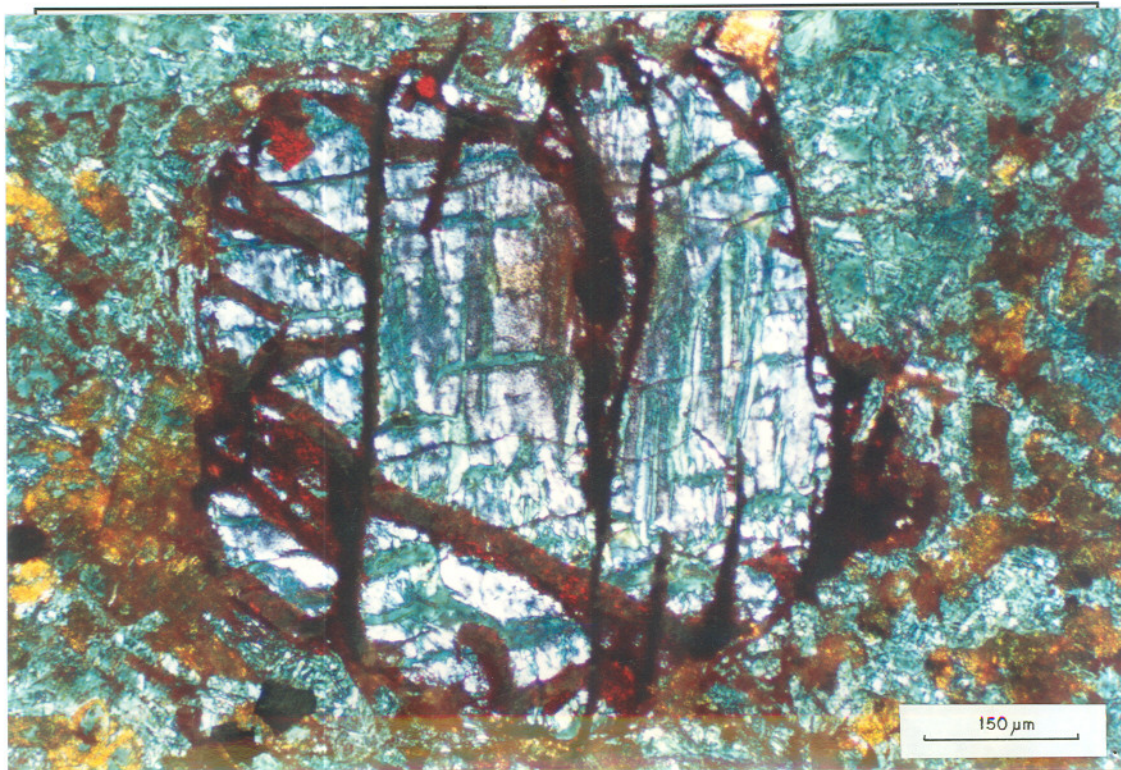


FOTO 16. Pseudomorfose de fechamento periférico por hematita, com núcleos preenchidos por plasmas silico aluminosos, no horizonte "tacheté". Na matriz-S os poros são contornados por plasmas goethíticos. Microscópio óptico LP.

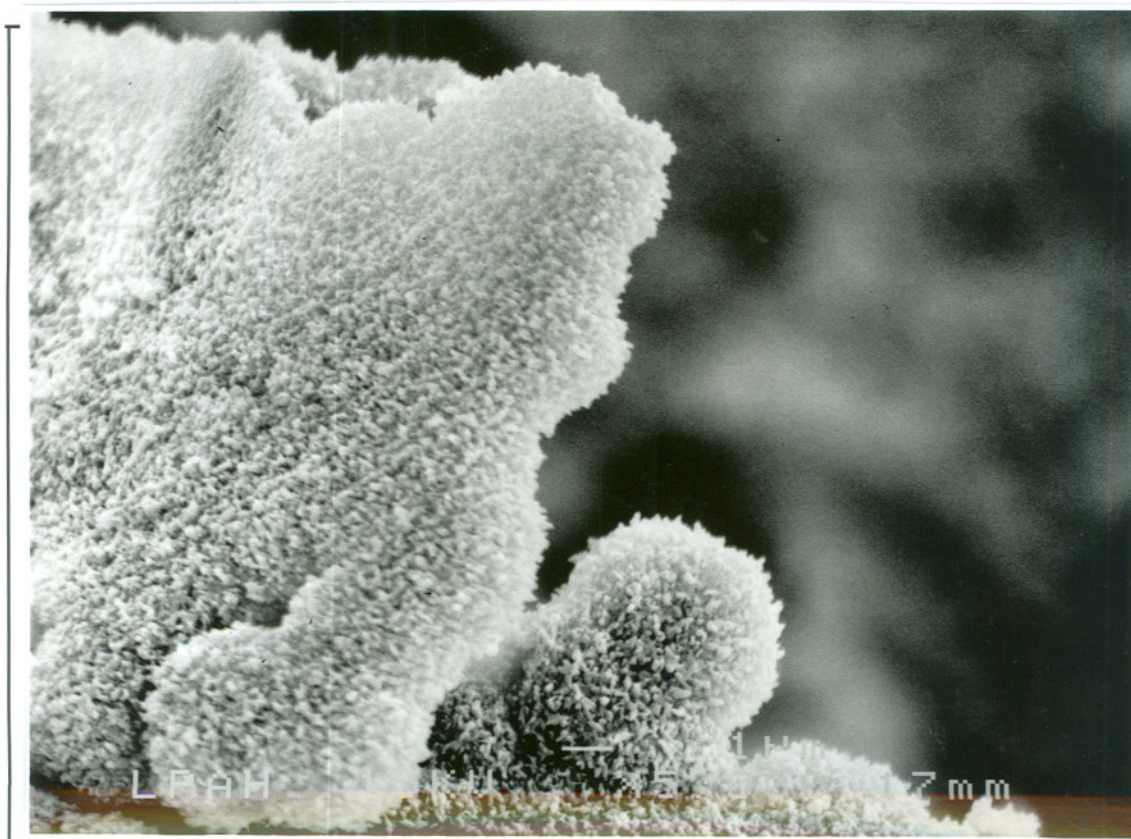


FOTO 17. Arranjo espacial das partículas argilosas do alterito argiloso visto ao MEV, agregados em formas de "ouriços". 5000x.

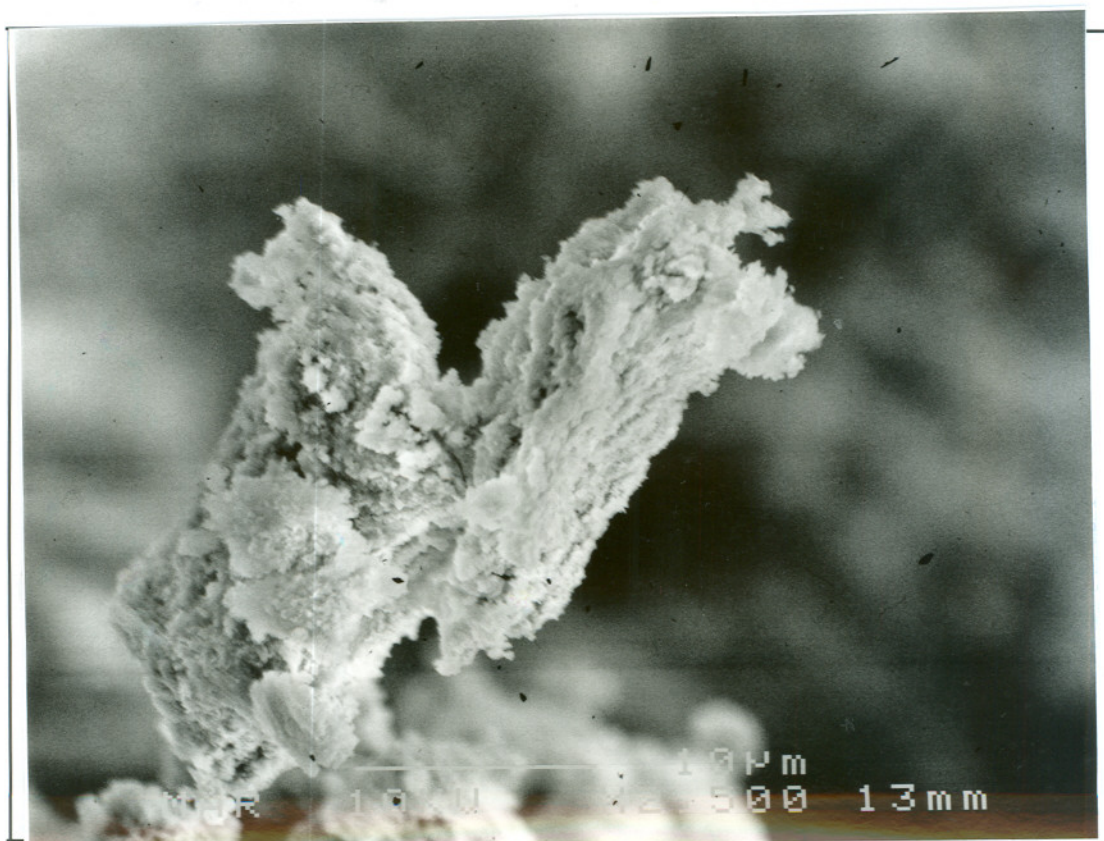


FOTO 18. Arranjo espacial das partículas argilosas do horizonte "taceté" visto ao MEV, 2500x.

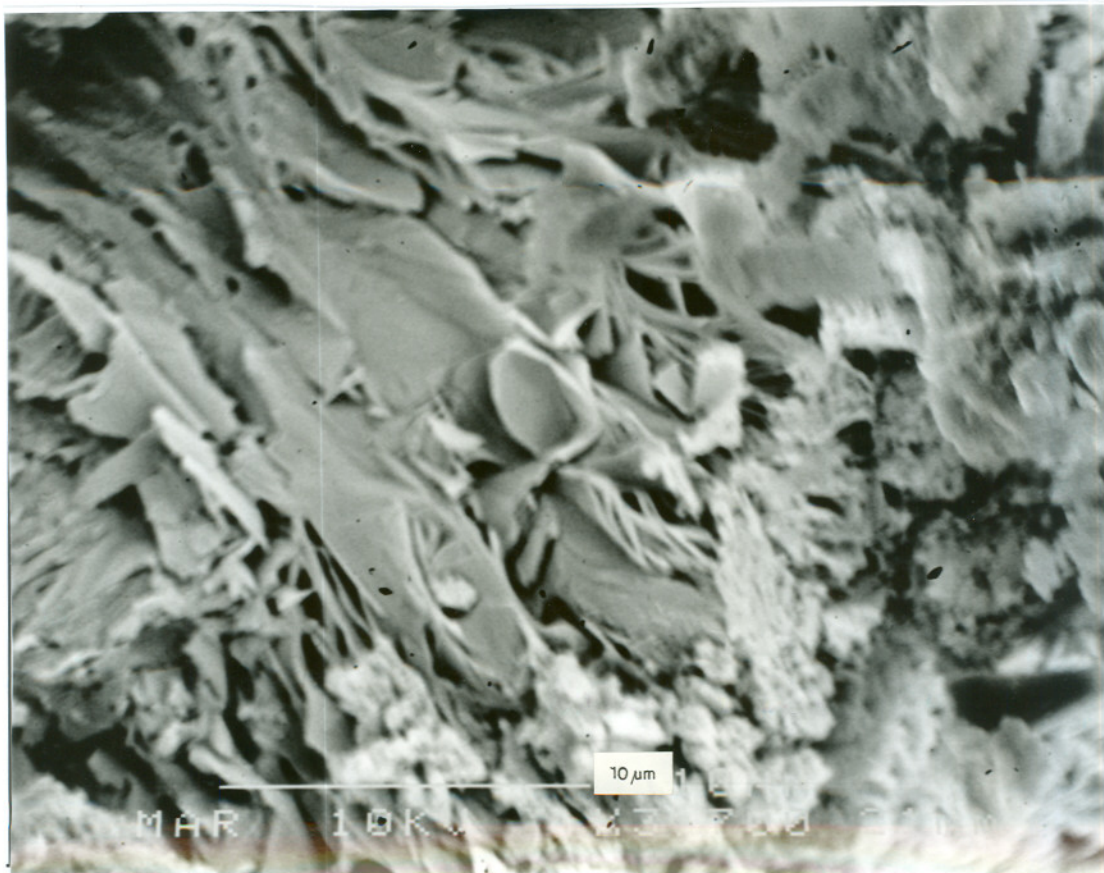


FOTO 19. Agregados de cristais de lithiophorita constituintes dos plasmas do sistema fissural, imagem MEV, 3700x.



FOTO 20. Agregados botrioidais de cristais de lithiophorita do sistema fissural, imagem MEV.



FOTO 21 Agregados de cristais de halloysitas do sistema fissural, imagens MEV, 2500x.



FOTO 22. Agregados de cristais de goethita e rede ferruginosa, formando estruturas fechadas, contornando poros. Alterito esferoidal, imagem MEV, 2700 x.

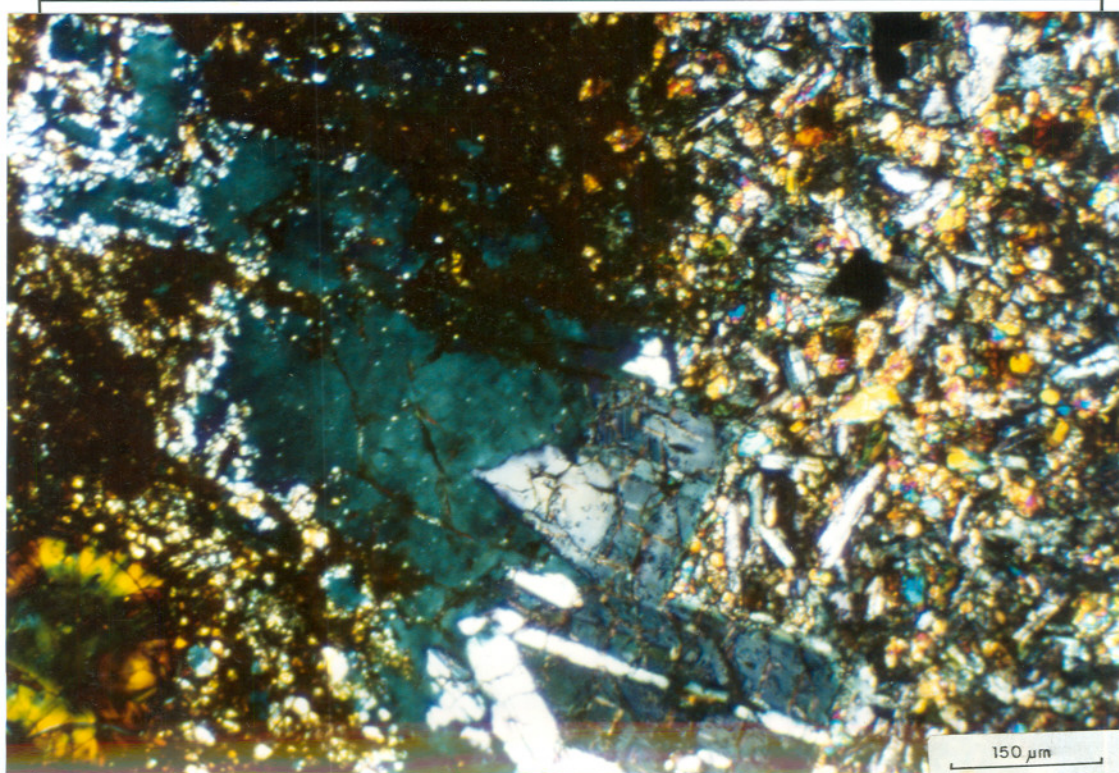


FOTO 23. Aspecto do córtex de alteração do alterito esferoidal. À esquerda grande vazio resultante da dissolução de fenocristal de plagioclásio (v), com cristalizações de gibbsita nos bordos. Perfil 1, microscópio óptico, LP.

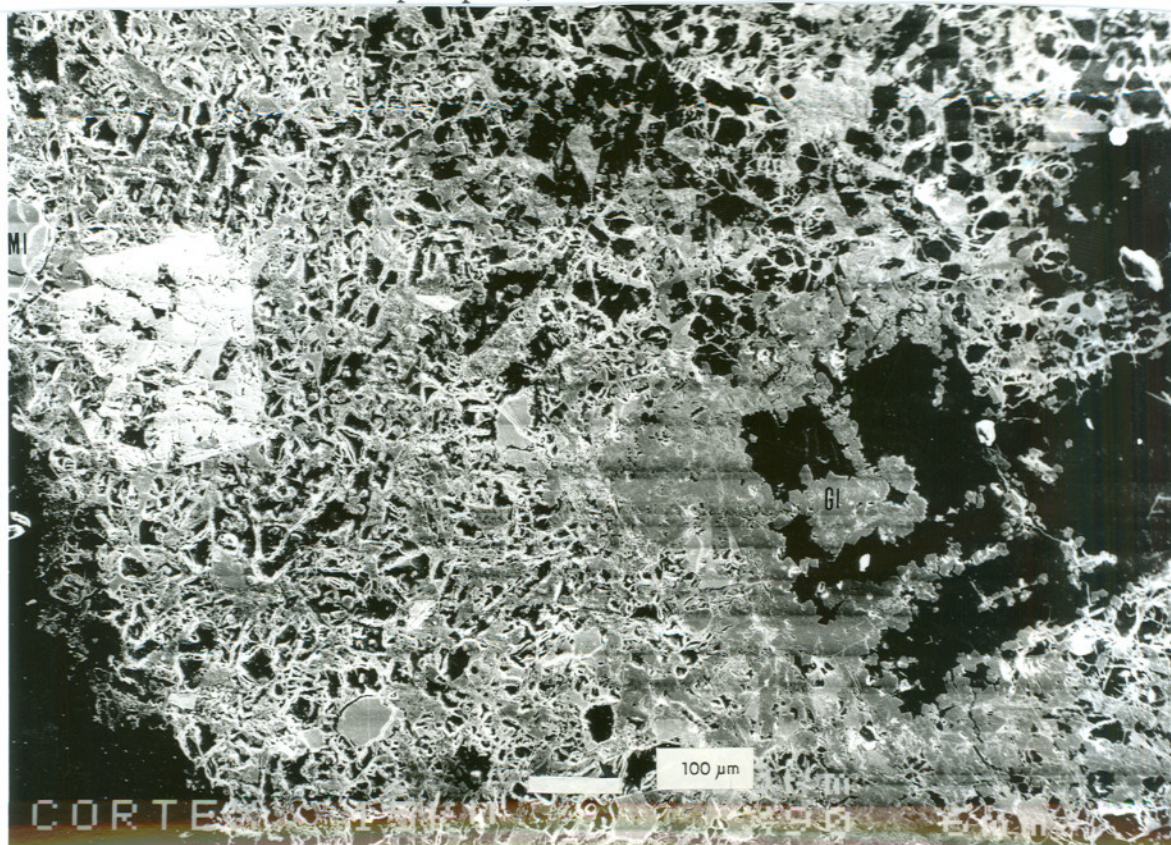


FOTO 24. Organização dos plasmas do alterito esferoidal, em lâmina delgada, vista ao MEV, 90x. À direita, grande poro com recristalizações gibbsíticas nos bordos (Gi). Os pequenos poros são mantidos por plasmas ferruginosos; o cristal de opaco à esquerda apresenta feições de dissolução; os materiais intersticiais (MI) encontram-se à esquerda.

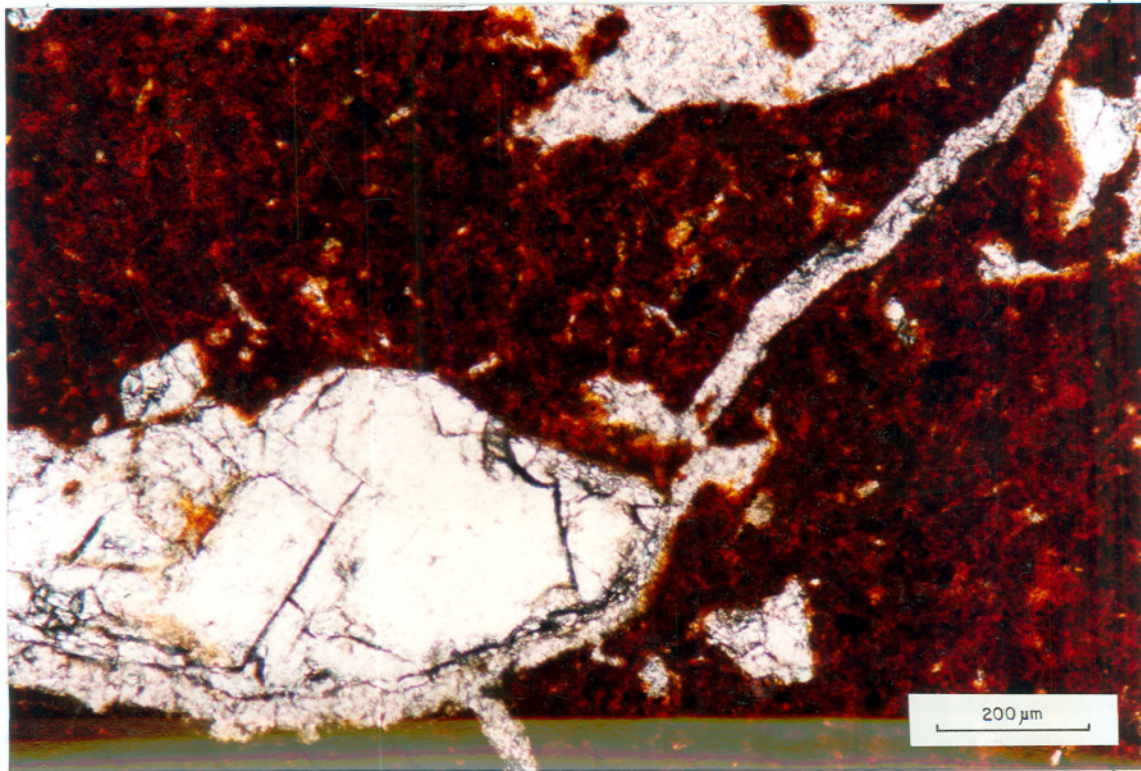


FOTO 25. Grãos de quartzo flutuante, na matriz -S e com figuras de dissolução. O plasma do fundo matricial é constituído por pequenos agregados plásmicos. Cobertura móvel, Perfil 1. Microscópio óptico, LN.

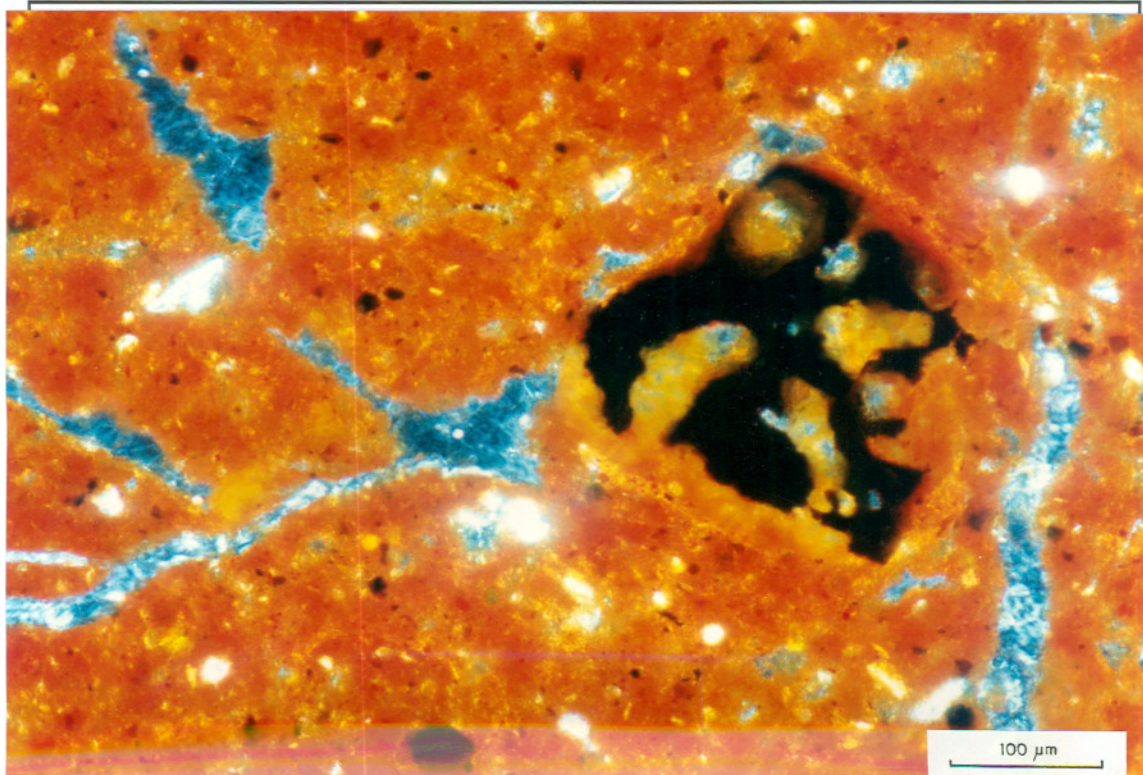


FOTO 26. Grânulos com núcleo de mineral opaco que apresenta franjas resultantes da dissolução do mineral opaco, confundindo-se com o fundo matricial, Cobertura móvel, Perfil 1. Microscópio óptico, LP.

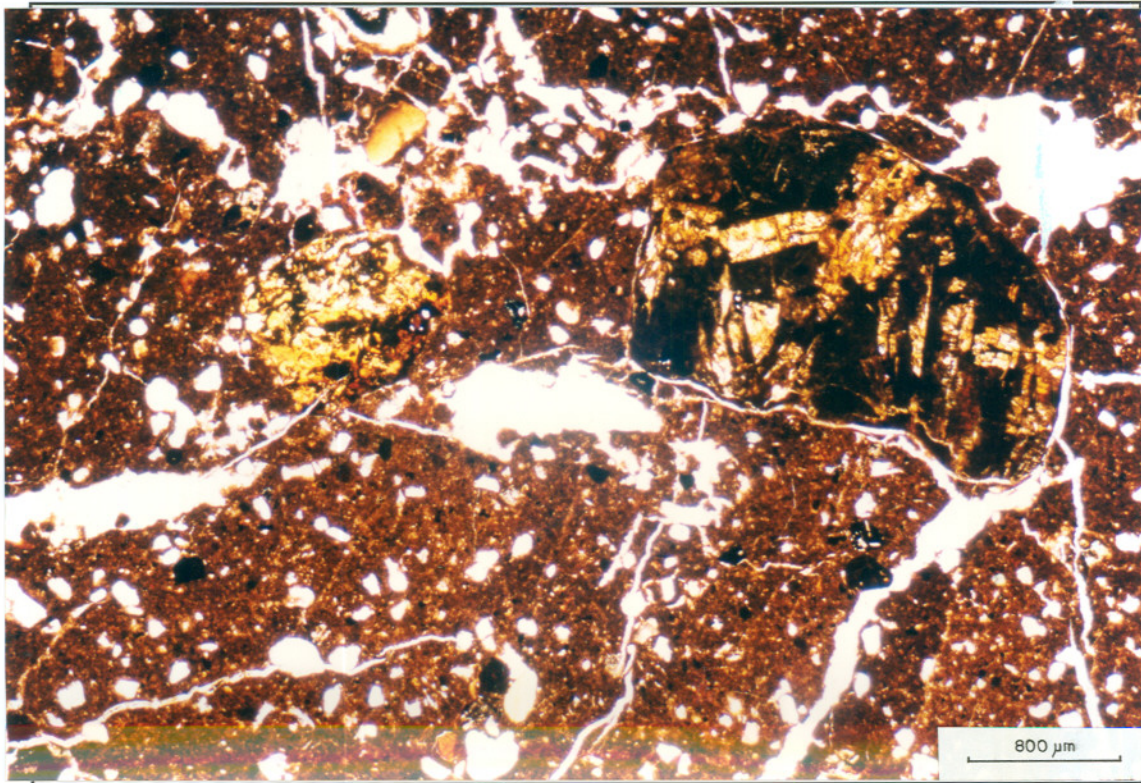


FOTO 27. Pisólitos arredondados com córtex externo goethítico e núcleo constituído de plasmas organizados segundo textura dos alteritos argilosos. Cobertura móvel, Perfil 1. Microscópio óptico, LN.

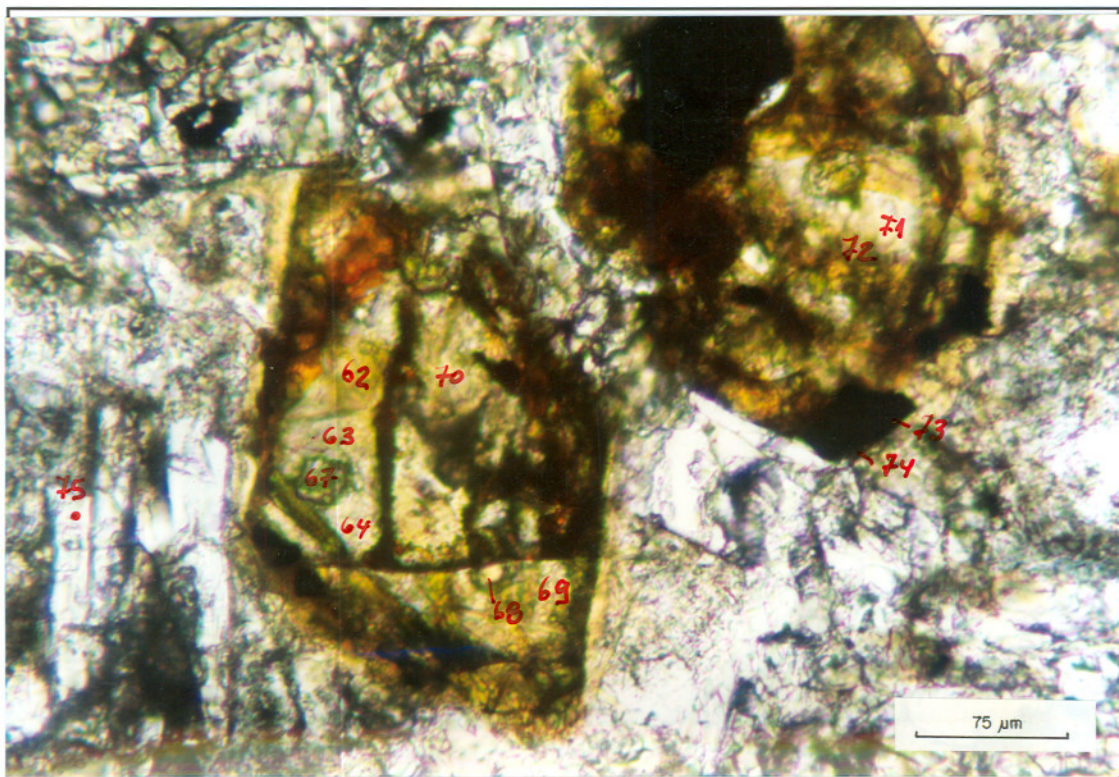


FOTO 28. Alteração dos piroxênios do saprólito, Perfil 2. Reflete-se em mudanças de cor. Pontos marcados correspondem a análises pela microsonda (tab. 29). Microscópio óptico, LN.

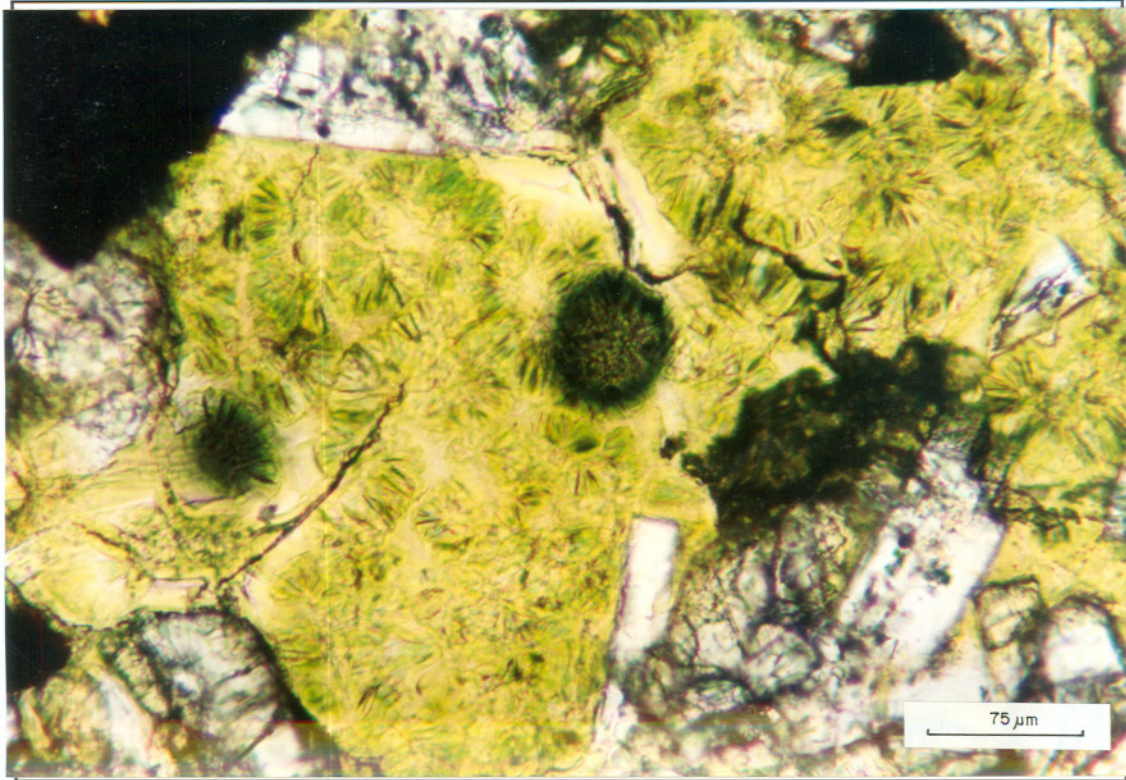


FOTO 29. Cristalizações fibrorradiadas verdes, na superfície dos argilominerais verdes que preenchem os vazios primários da rocha, Perfil 2. Microscópio óptico, LN.

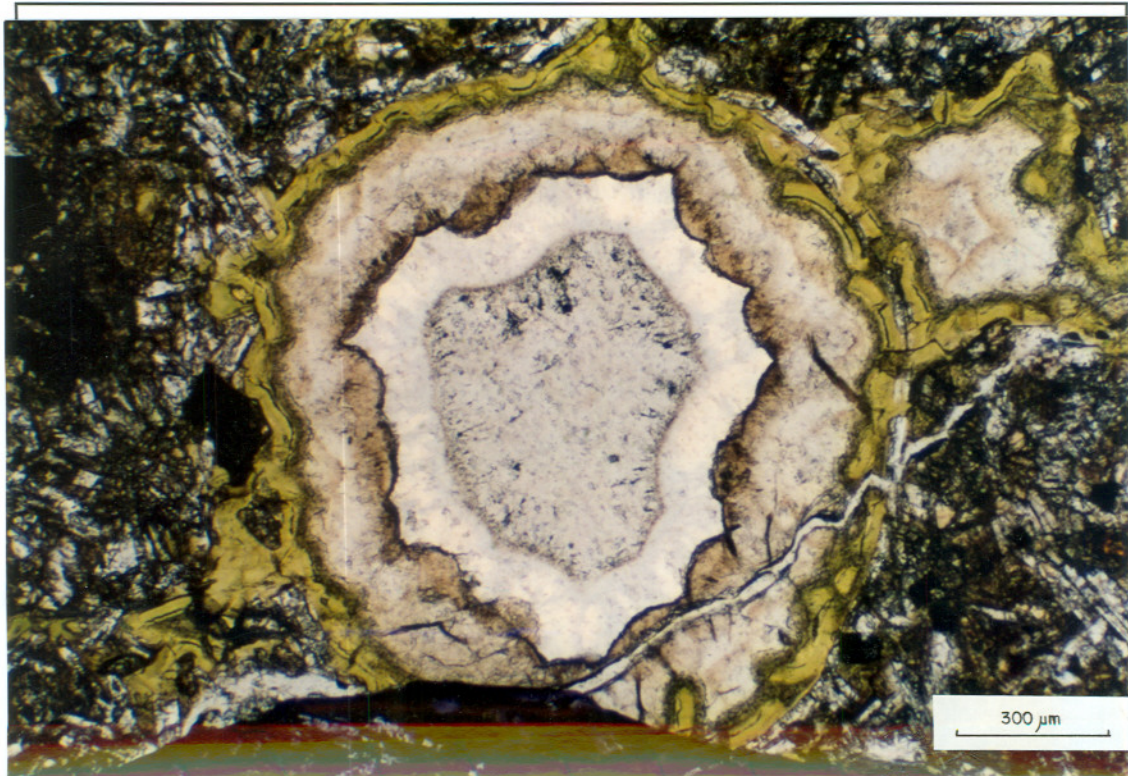


FOTO 30 Argilominerais que revestem as cavidades amigdalares associados a materiais silicosos, microscópio óptico, LN

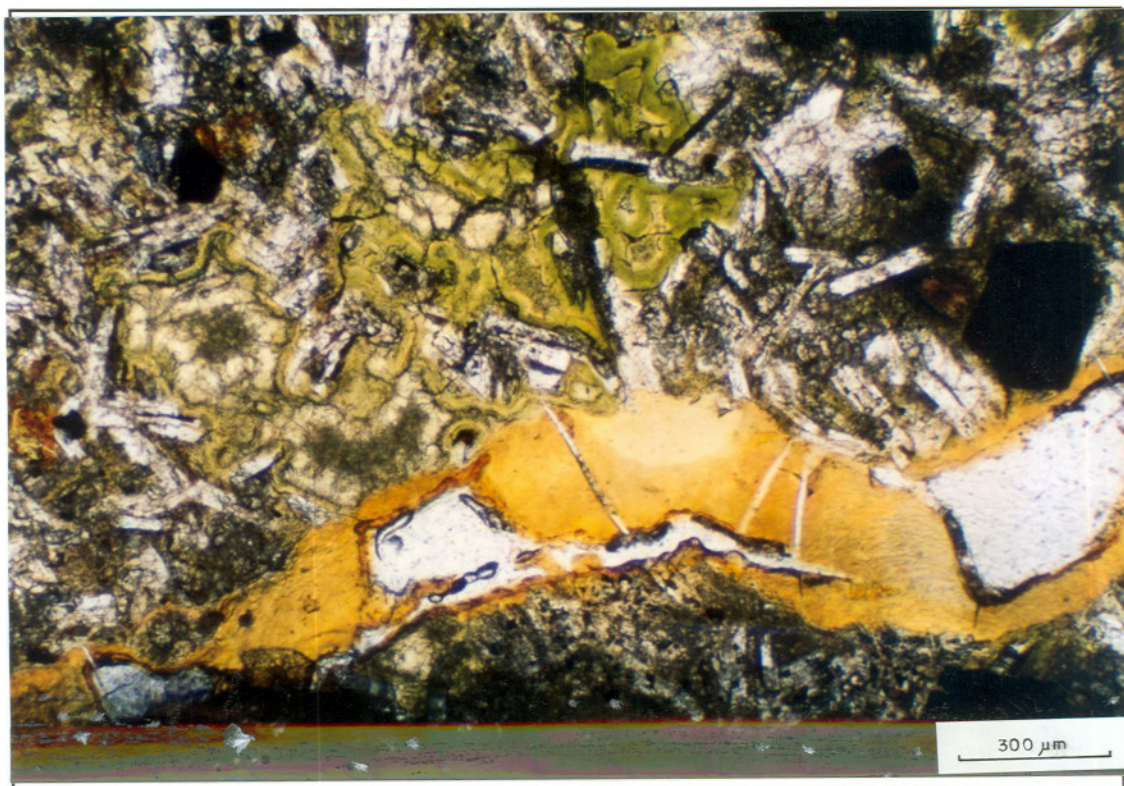


FOTO31. O saprólito é recortado por fissuras preenchidas por plasmas silico-aluminosos. Estas fissuras são finas e sómente visíveis em escala microscópica. Microscópio óptico, LN.

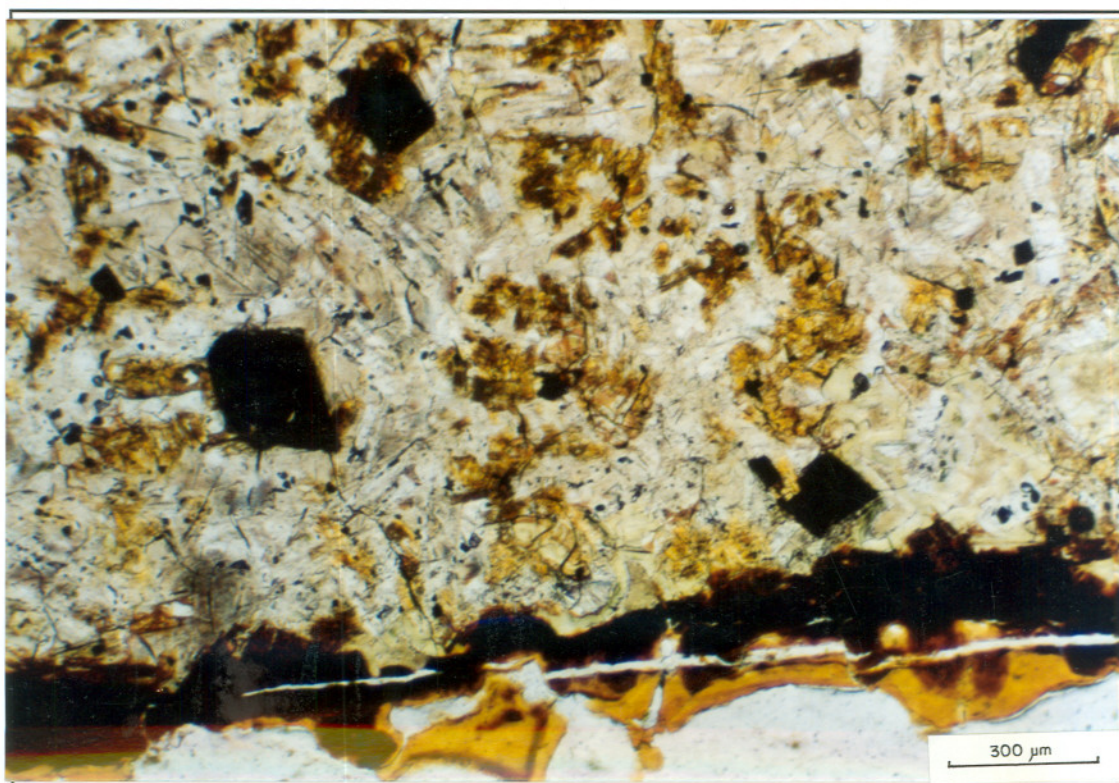


FOTO 32. Alterito argiloso, perfil 2, apresenta argilominerais verdes associadas à cristobalita nos sítios intersticiais. Todos os outros minerais são substituídos por fases secundárias, plasmas de pseudomorfose microscópio óptico, LN.

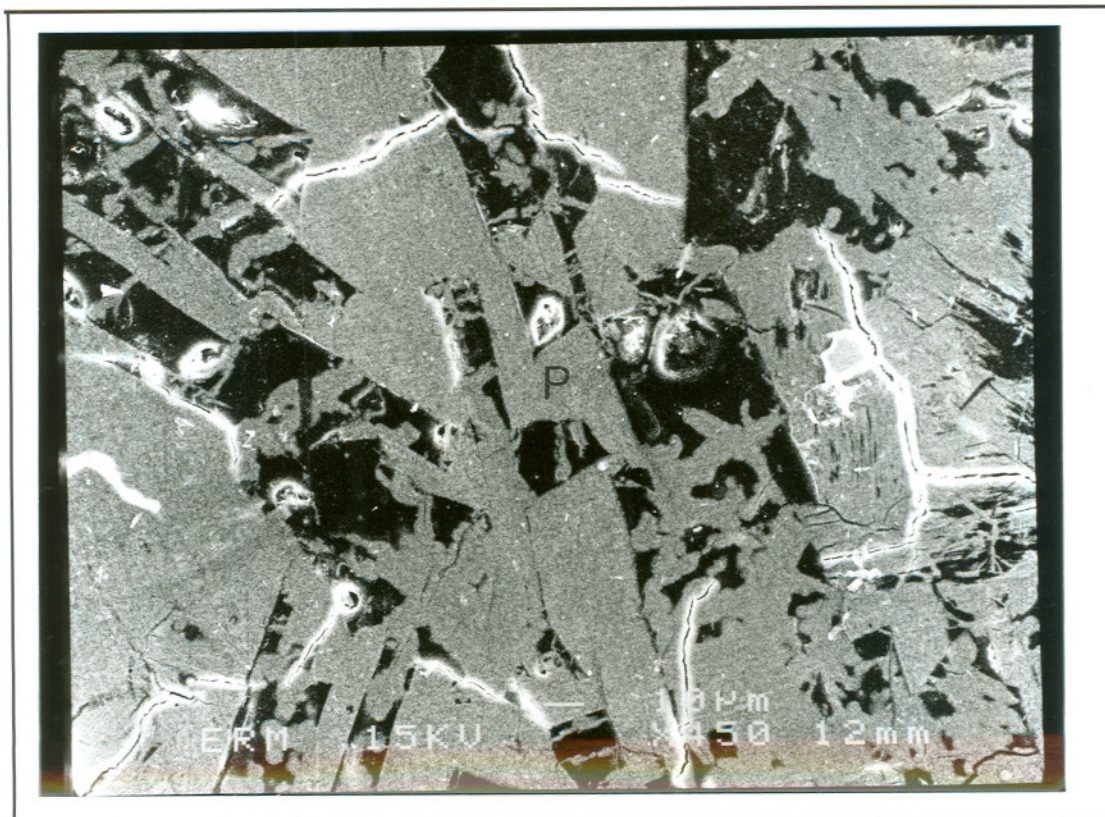


FOTO 33. Organização dos plasmas no alterito argiloso, observada em lâmina delgada, no MEV, Perfil 2, 450x. Os vazios (v) aparecem em preto, os plasmas em cinza claro (P).

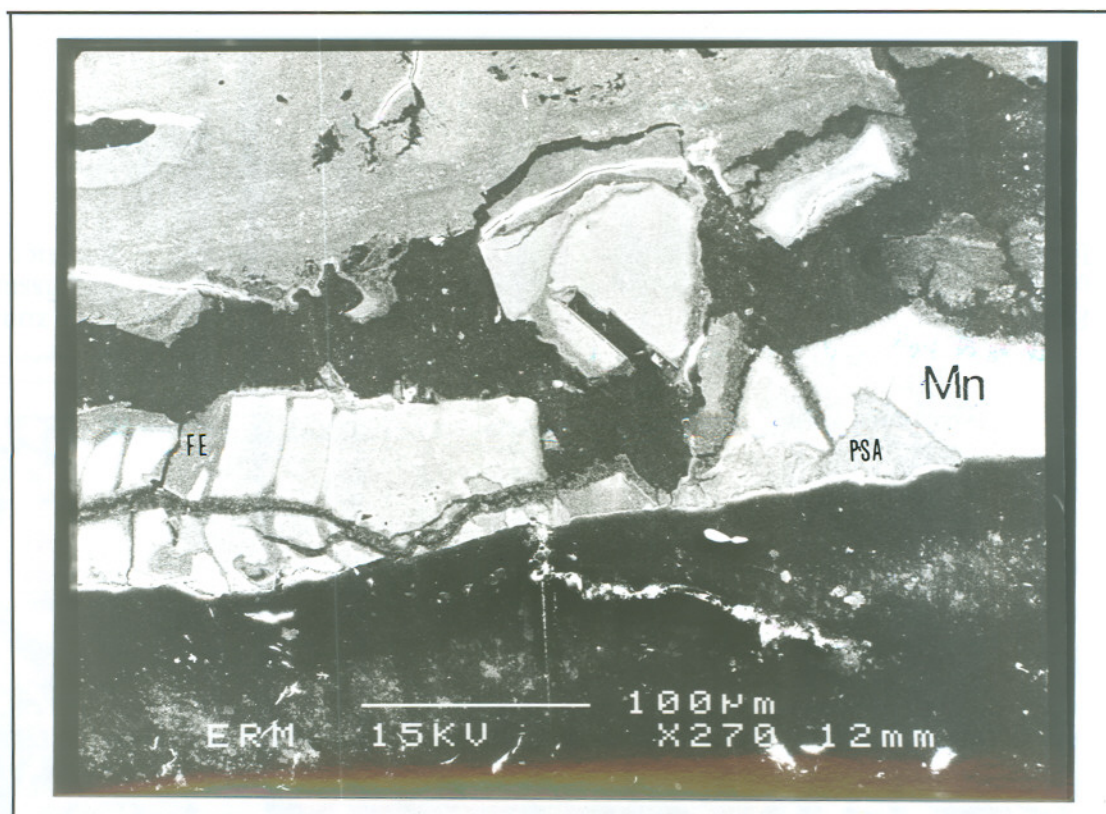
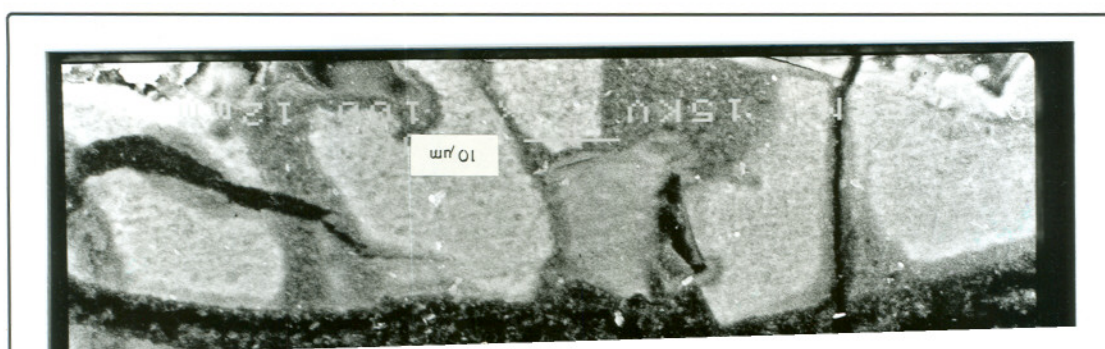


FOTO 34 a. Imagens dos plasmas da porosidade fissural do alterito argiloso do perfil 2 obtidas a partir do MEV: vazios (v); plasma rico em Mn (Mn); plasma rico em ferro (Fe); plasma silico - aluminoso (PSA).

FOTO 34 b. Detalhe da imagem anterior



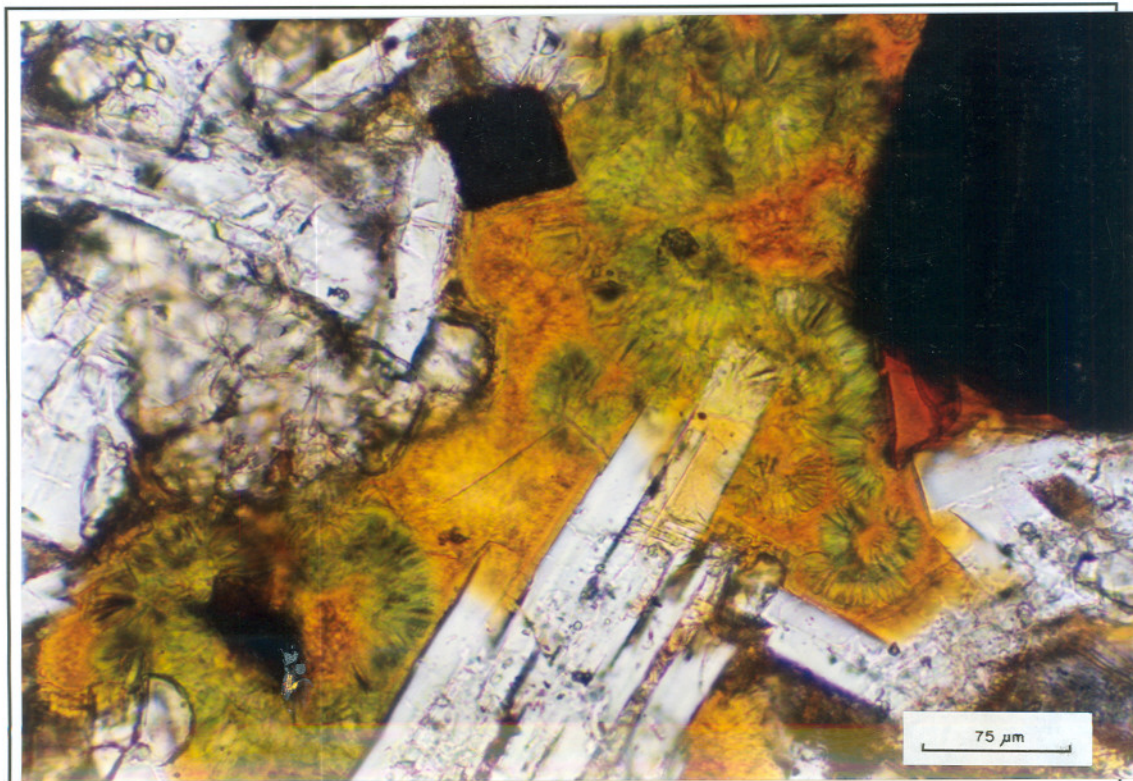


FOTO 36. Recristalizações hidrotermais esparsas no vidro vulcânico alterado, observadas em fragmentos de saprólito, Perfil 2. Microscópio óptico, LN, 250x.



FOTO 37. Ao MEV os materiais intersticiais apresentam aspecto dos vidros vulcânicos: superfícies suavemente curvas com pequenas vesículas, fraturas conchoidais, figuras de dissolução esféricas. 1500x.

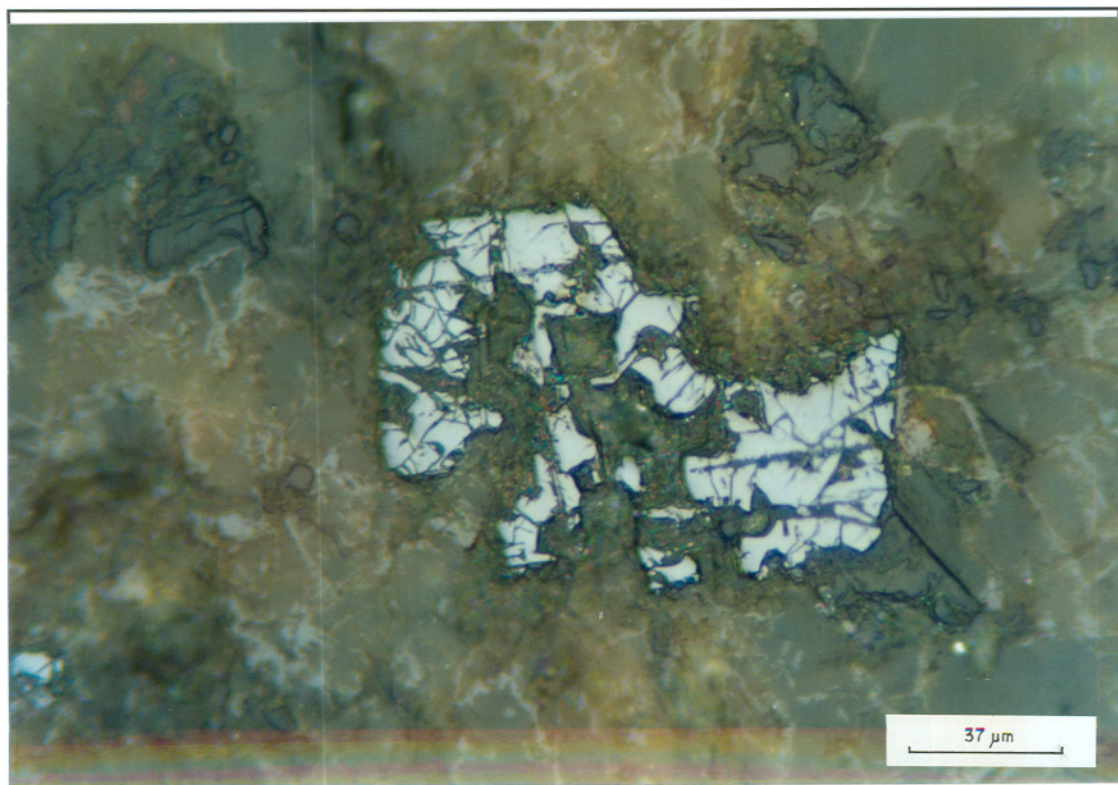


FOTO 38. A titanomaghemita, na crosta do alterito esferoidal, apresenta tonalidade azulada em luz refletida natural, está intensamente fraturada e dissolvida. Microscópio óptico, Luz Refletida Natural.

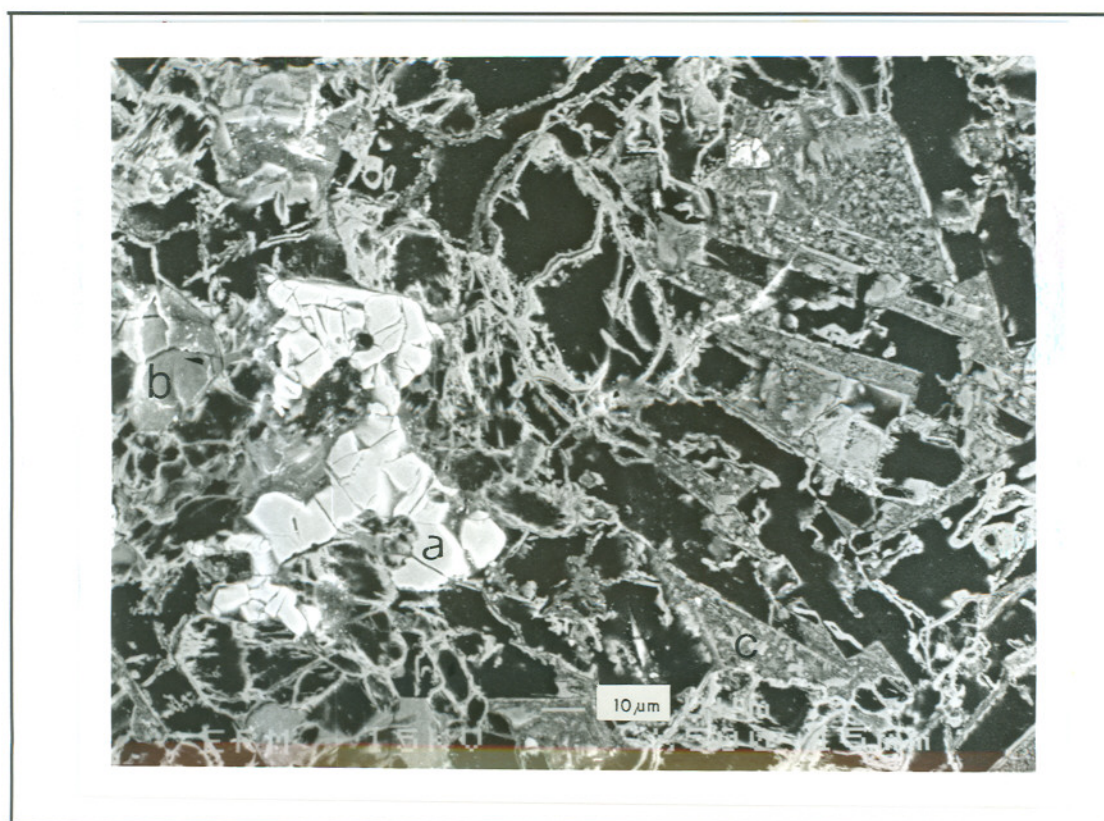


FOTO 39. Organização dos plasmas no alterito esferoidal, Perfil 2. Os vazios (v) (em preto) estão contornados por plasmas ferruginosos (Fe) (brancos) e silico-ferruginosos (SF) (cinza); no meio desta rede de poros aparecem relíquias de a- titanomaghemita; b- materiais vítreos; c- materiais silicosos de porosidade muito fina. MEV, 500x.

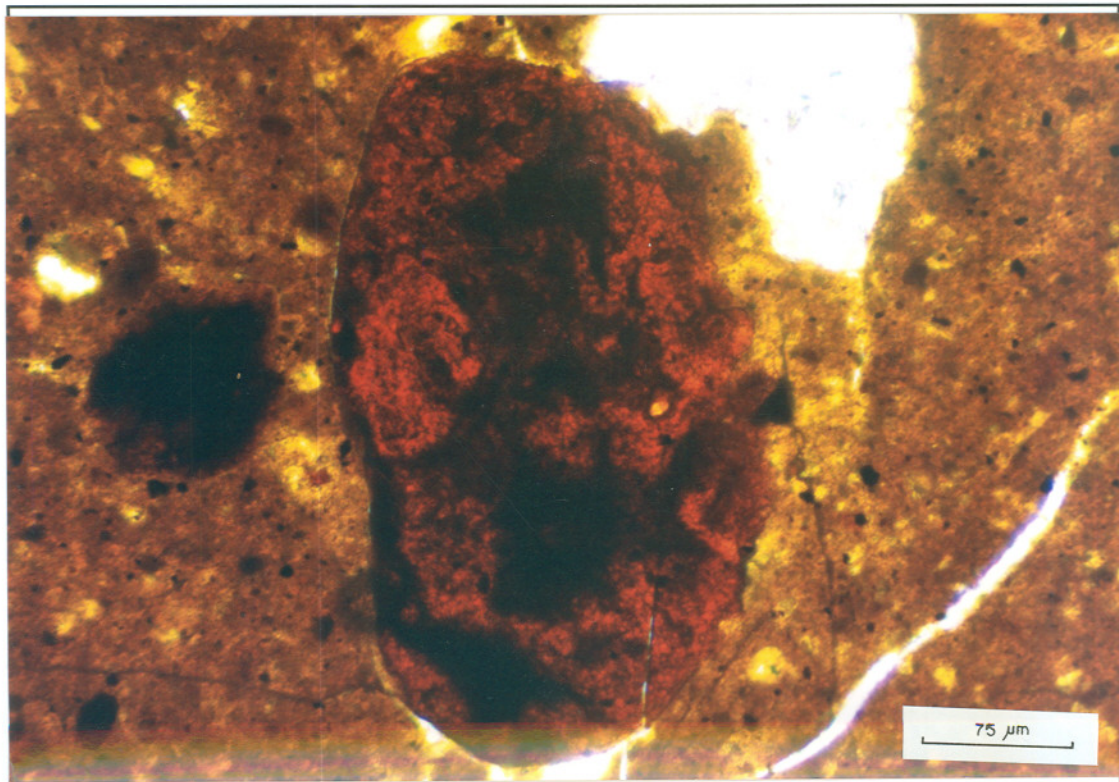


FOTO 40. Nódulo de hematita (H) imerso em fundo matricial marrom alaranjado. Microscópio óptico, LN

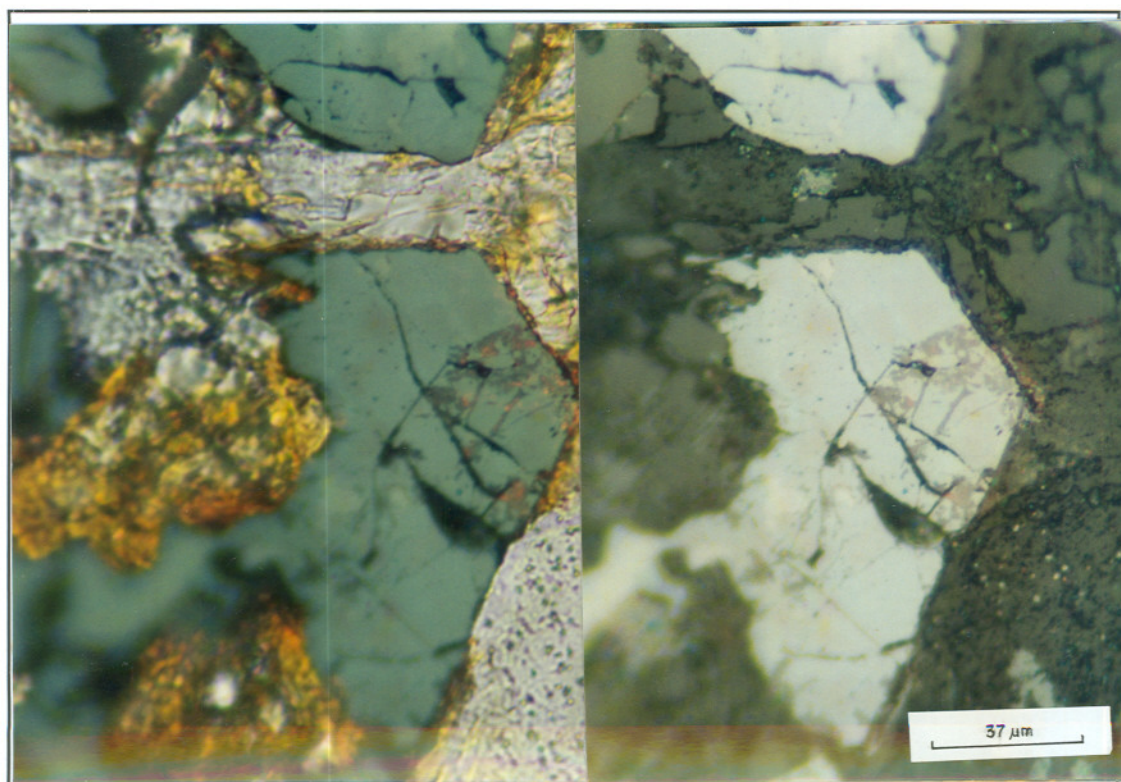


FOTO 41. Cristal de Ti-maghemita (TiMh) com grandes manchas azuis irregulares na superfície marrom rosada do cristal original (Luz Refletida), apresentando fraturas curvas, halo e pontos alaranjados (Luz Transmitida e Refletida) correspondentes a zonas empobrecidas em ferro e ricas em Ti. Microscópio óptico.

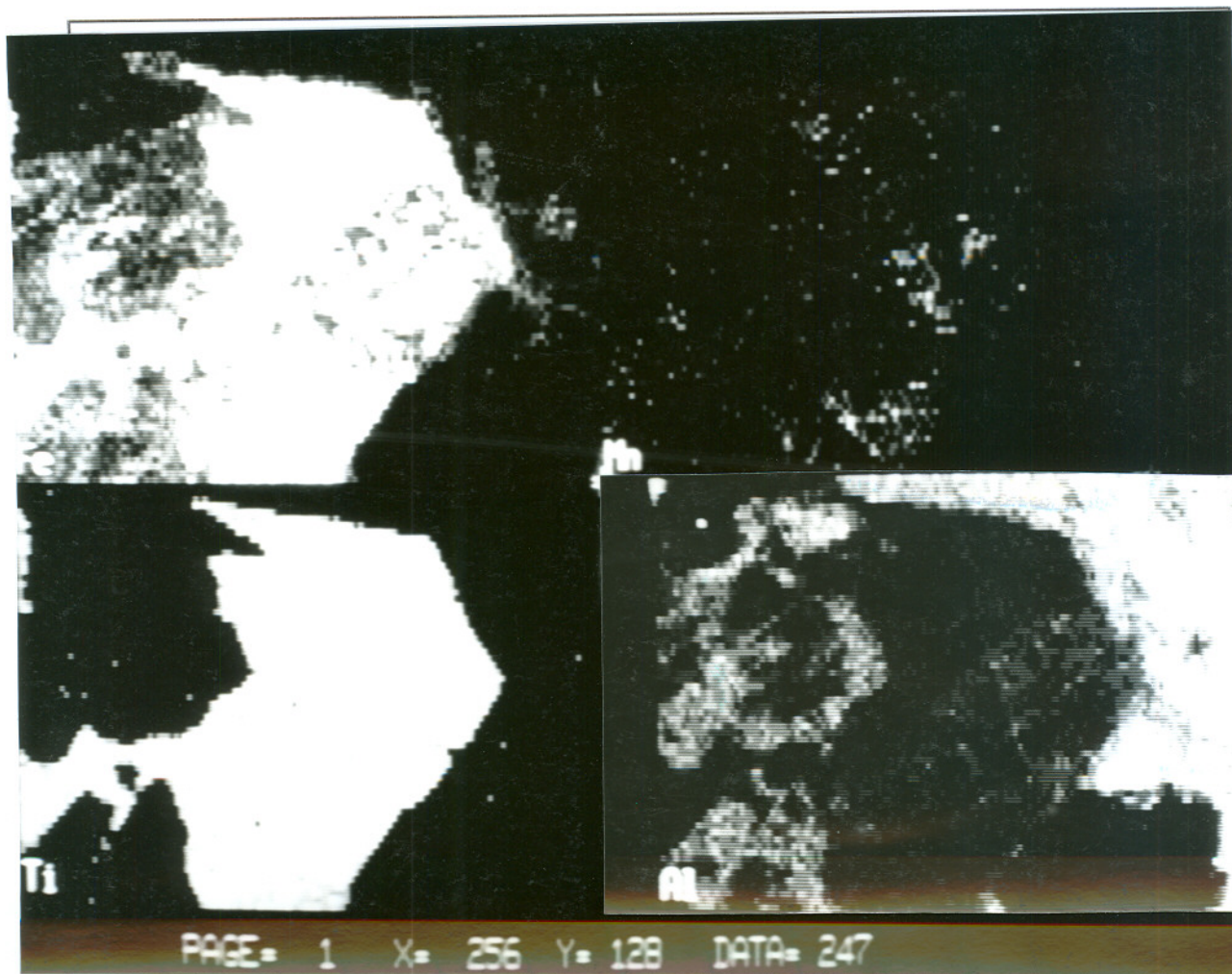
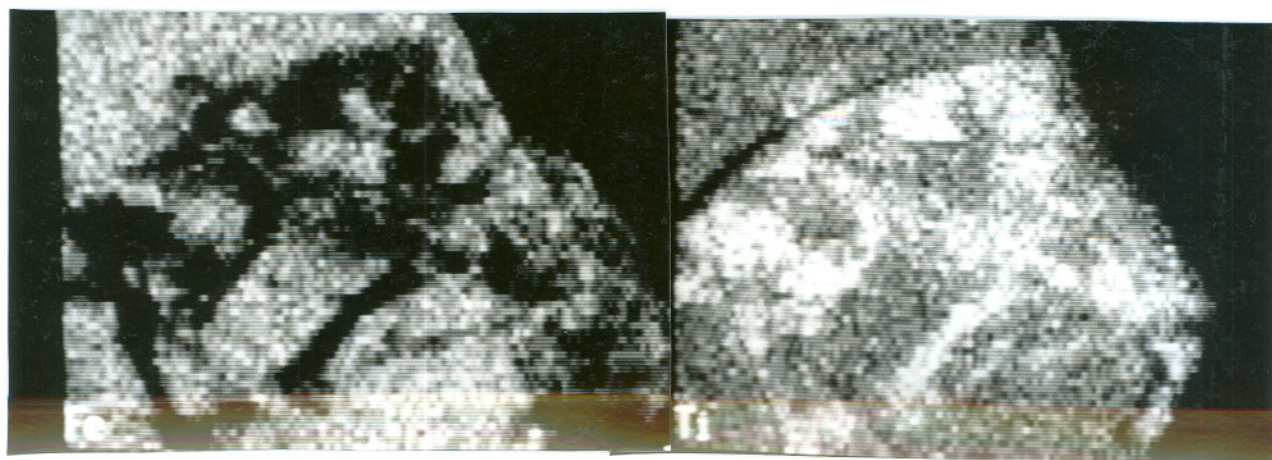


FOTO 42. **a.** Cartografia dos elementos (MEV) Fe, Ti, Mn, Al, em cristal da foto 41. O titânio concentra-se nas manchas escuras, de onde o ferro está ausente. O Mn apresenta zonas de concentração, no cristal, que não corresponde à qualquer mudança de tonalidade observável ao microscópio óptico. O Al concentra-se nas fraturas e zonas enriquecidas em Ti e empobrecidas em Fe. **b.** Detalhe da cartografia do Fe e Ti.



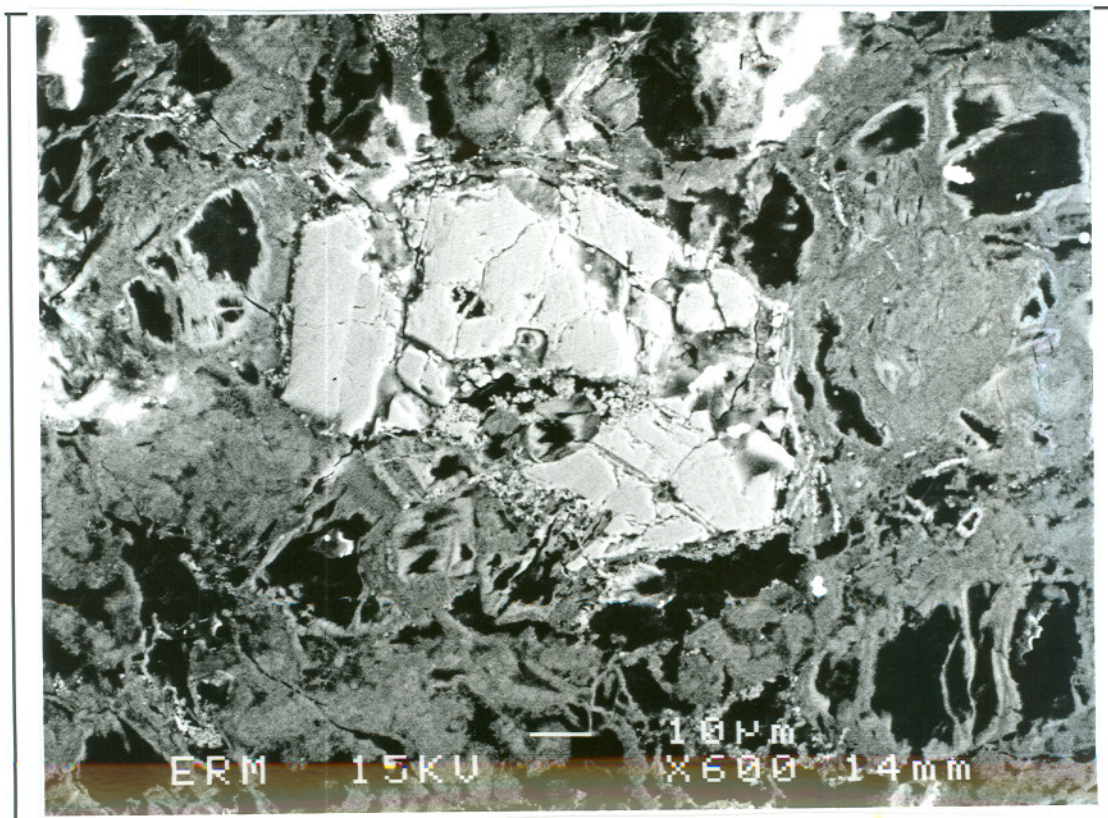


FOTO 43. Conjunto de fragmentos de titanomaghemita com fraturas curvas, mantendo a forma do grão original. Os interstícios estão preenchidos parcialmente por plasmas ricos em Fe, Si e Al. MEV.

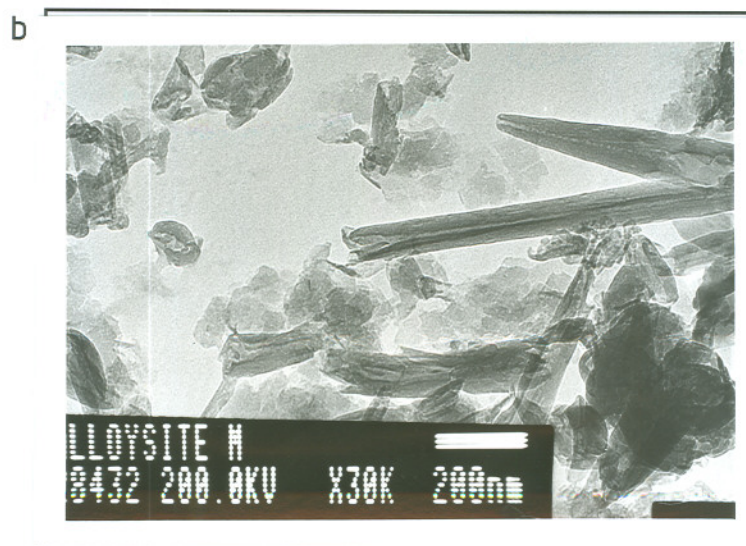
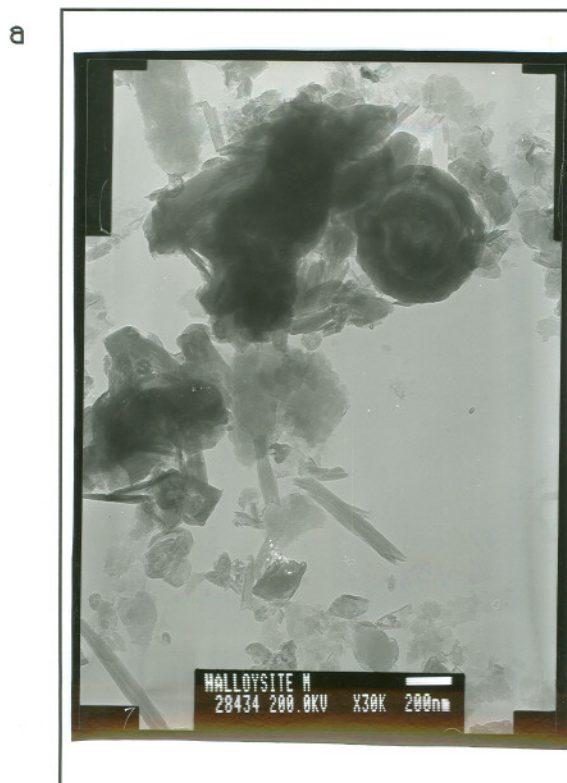


FOTO 44. morfologia dos argilominerais halloysiticos do alterito esferoidal. Imagens MET (alta resolução). Perfil 2. a- partículas esferoidais, planares e tubulares; b- partículas cônicas, tubulares e planares.

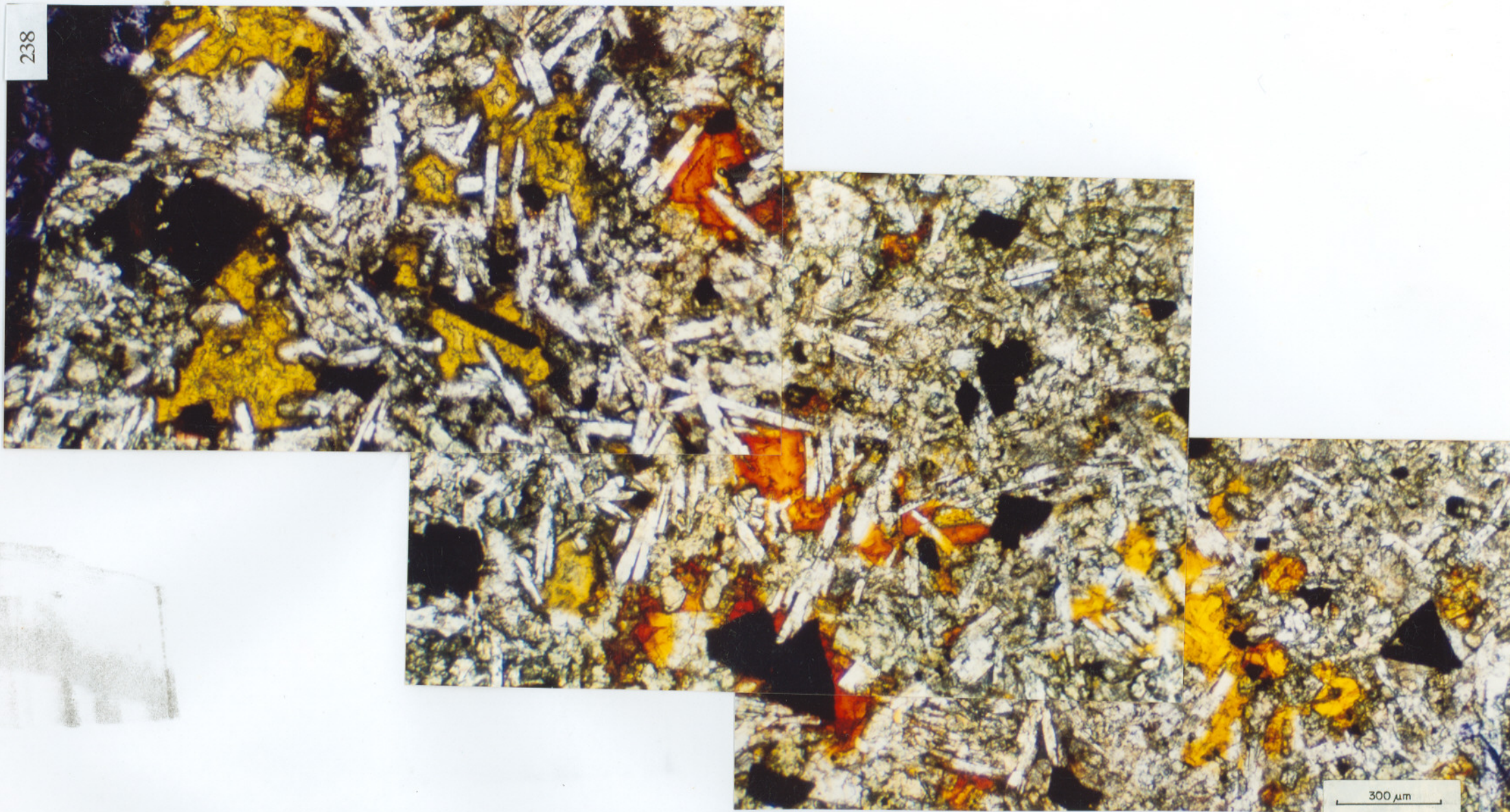


FOTO 45. Zoneamento de cor dos materiais intersticiais em função dos diferentes teores de Fe₂O₃:
à esquerda, núcleo da rocha, à direita, halos de alteração, LN.

Índice de Figuras	página
1. Localização da Bacia do Paraná na América do Sul (de Melfi <i>et al.</i> , 1988 a)	4
2. a. Mapa geológico e de localização da região estudada; b. Mapa topográfico simplificado: A topografia é apresentada em curvas de 200m de equidistância. De Gallagher <i>et al.</i> (1995), modificado.	8
3. Perfis topográficos da área estudada: a. - entre Bom Jesus, no extremo Leste (próximo à escarpa limite das rochas vulcânicas) e Vacaria; b. - entre Vacaria (E) e Lagoa Vermelha (W); c. - de Lagoa Vermelha e Passo Fundo e d. - entre Vacaria (S) e Lages(N)	14
4. Texturas do Relevo interpretadas de imagem Landsat-MSS canal 5, escala 1:1.000.000.	15
5. Perfil de alteração em riolitos da superfície aplainada correspondente ao domínio de textura lisa em imagem Landsat	17
6. Perfil de alteração composto, correspondente ao domínio de relevo de morros de topo plano e vales em U (domínio 2, fig. 4); os perfis mais completos associam-se sempre aos morros de topo plano	18
7. Perfil de alteração em basalto em relevo com modelado de colinas arredondadas e vales emV.	19
8. Superfícies de aplainamento na borda sudeste da bacia do Paraná	22
9. Sequência de alteração da rocha ao solo atual no perfil 1	28
10. Sequência de alteração da rocha ao solo atual no perfil 2	30
11. Variação das densidades dos alteritos e coberturas móveis.	31
12. Evolução geoquímica da rocha pela alteração intempérica, no sistema SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ , segundo graus de intemperismo definidos por Schellman (1981)	32
13. Diagrama composição & volume para o córtex do alterito esferoidal que é comparado com a rocha	35
14. Diagrama composição & volume, para o alterito argiloso, que é comparado com a rocha.	36
15. Localização dos perfis de alteração 1 e 2	40
16. Distribuição das rochas vulcânicas da parte Sul da bacia do Paraná. No grupo das rochas básicas, os símbolos sólidos correspondem a rochas com alto Ti, os triângulos correspondem a rochas com baixo Ti. (de Comin-Chiaramonti <i>et al.</i> , 1988, modificado)	41

17. Representação da composição química dos clinopiroxênios e plagioclásios da rocha básica (perfil 1) nos diagramas $\text{CaSiO}_3\text{-MgSiO}_3\text{-FeSiO}_3$ (Poldervaart & Hess, 1951) e Ca-Na-K (Deer *et al.*, 1978) respectivamente 42
18. Difratoograma de raios x, na região dos grandes ângulos, dos argilominerais da rocha do perfil 1 43
19. Difratoogramas de raios X da fração $< 2\mu\text{m}$ da rocha orientada, natural, aquecida a 110° e tratada com etileno glicol. 44
20. Difratoograma de raios X dos fragmentos intemperizados entre os blocos do saprólito do perfil 1: H, halloysita; Crist, cristobalita; TiMh, titanomaghemita; Go, goethita 45
21. Tendência de alteração dos plagioclásios do saprólito do perfil 1 45
22. Diagrama triangular de representação da composição química dos argilominerais da porosidade primária (sítio 1 e 2) e de alteração dos plagioclásios, (sítio 3) no sistema $\text{MR}_3\text{-}3\text{R}_2\text{-}2\text{R}_3$. (Velde, 1985) .A composição química está calculada com o Fe^{3+} . MI, camadas mistas; b, beidelita; m, montmorilonita; il, ilita. 46
23. Diagramas triangulares de representação da alteração dos piroxênios no saprólito do perfil 1 48
24. **a** Composição química das pseudomorfozes ferruginosas do saprólito (“iddingsita”) e de iddingsitas da literatura. **b.** dos núcleos de argila das pseudomorfozes ferruginosas no sistema $\text{MR}_3\text{-}2\text{R}_3\text{-}3\text{R}_2$ (Velde, 1985) e no sistema Al-Fe-Mg . 49
25. Difratoogramas do alterito argiloso, da base para o topo do conjunto. O gráficos correspondem à fração $< 2\mu\text{m}$ orientada para as amostras 36 e 38; fração $< 2\mu\text{m}$ orientada e desferrificada para a amostra 318 do topo do conjunto. 54
26. Difração de raios X da parte superior do alterito argiloso enriquecida em óxidos de Fe. Amostra 318, pó, fração total: H, halloysita; K, kaolinita; Go, goethita; He, hematita; TiMh, titanomaghemita. 55
27. Composição química dos plasmas de alteração do alterito argiloso do perfil 1 no sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 57
28. Composição das argilas intersticiais litorreliquiais do alterito argiloso. 58
29. Variação dos teores de ferro Fe^{3+} em função das razões Si/Al , segundo uma reta de inclinação 0, para os plasmas do alterito argiloso. 58
30. Evolução “Iddingsita” do saprólito (S) à hematita do alterito argiloso (AA). 59
31. Tratamento com formamida (Theng *et al.*, 1984) em amostra da base do alterito argiloso (38): a reflexão a 7\AA expande para 10\AA . No topo do alterito argiloso (318) a reflexão a 7\AA não expande com a formamida 61
32. Espectrograma infravermelho na região das altas frequências, dos plasmas silico aluminosos do alterito argiloso (amostra desferrificada). 62

33. Difrações de raios x dos plasmas da porosidade fissural do alterito argiloso. Amostra 37 corresponde à fração total sob forma de pó, a amostra 312 corresponde à fração $<2\mu$ dos plasmas do sistema fissural em preparação orientada.. 64
34. Representação da composição dos plasmas da porosidade tubular do alterito argiloso. 65
35. Difração de raios X da fração total do cortex do alterito argiloso 67
36. Difração de raios x da massa entre as esferas do alterito esferoidal 68
37. Representação da composição química dos plasmas do córtex do alterito esferoidal no sistema $Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ 71
38. Difração de raios x do material constituinte dos horizontes móveis superiores do perfil 1: Es, argilominerais 2:1; Ka, caolinita desordenada, Gi, gibbsita; Go, goethita; Qz, quartzo; He, hematita, TiMh, titanomaghemita. 72
39. Representação da composição química dos clinopiroxênios e plagioclásios da rocha básica (perfil 2) nos diagramas $CaSiO_3-MgSiO_3-FeSiO_3$ (Poldervaart & Hess, 1951) e Ca-Na-K (Deer *et al.*, 1978) respectivamente 74
40. Caminhos da alteração dos microfenocristais de piroxênios: 1 : cristais não alterados, 2 : concentração de Al_2O_3 ; 3 concentração de Al_2O_3 e perda de SiO_2 ; 4: concentração de Fe_2O_3 nas bordas e fissuras. 76
41. Diagrama triangular, mostrando o caminho da alteração dos piroxênios da matriz. Em 1 tem-se a posição dos piroxênios não alterados, em 2, centro de cristais que apresentam mudanças de tonalidade para tons mais amarelados com enriquecimento relativo de Al e, em 3, nas fissuras e bordas, concentração de óxidos de Ferro 77
42. Representação dos K-feldspatos intersticiais da matriz no triângulo de composição CaO, Na_2O , K_2O 79
43. Posição dos minerais camadas mistas de sítios intersticiais do saprólito do perfil 2 no triângulo MR_3 , $2R_3$, $3R_2$ (Velde, 1985) 81
44. Representação da composição química das camadas mistas de hábito fibrorradiado no triângulo MR_3 , $2R_3$, $3R_2$ 83
45. À direita, representação da composição química dos argilominerais das cavidades amigdalares; à esquerda, representação da composição química das camadas mistas expansivas naturais Velde (1985) 83
- 46 Distribuição dos cátions interfoliares nas camadas mistas do saprólito do perfil 2 84
47. À esquerda representação da composição química octaédrica dos minerais camadas mistas do saprólito do perfil 2. À direita diagrama ternário baseado na composição da camada octaédrica dos minerais dioctaédricos 2:1 e saponita, de Weaver and Pollard, 1973, modificado 85

48. Diagrama de fases para os argilominerais do saprólito do perfil 2. M, montmorilonita; b, beidelita; à esquerda diagrama de fases hidrotermais, à direita diagrama de fases intempéricas do sistema fissural. 86
49. Difrações de raios x da amostra orientada 4G seca ao ar e tratada com etileno glicol. 87
50. Difratoograma de raios x entre 71° e $76^\circ 2\theta$ da amostra 4G 88
51. Relação entre os teores de Fe e Mg das camadas mistas intersticiais do Saprólito do perfil 2 e o parâmetro b (Desprairies, 1983) 89
52. Difratoograma de raios x de amostra do saprólito, preparação não orientada. CM, camadas mistas; Ha, halloysita; P, plagioclásio. O forte fundo contínuo, na região dos pequenos ângulos, se deve ao pequeno tamanho dos cristais. 90
53. À esquerda posição quimiográfica dos materiais silicosos de vesículas; à direita, posição quimiográfica das zeolitas cálcicas de Velde (1985). Mo= mordenita, S= stilbita, Cb= chabasita, Ph = philipsita, Sc = scolecita, La = laumontita, F= feldspato, M= mica. 92
54. Difratoogramas de raios x da fração $< 2\mu\text{m}$ do saprólito do perfil 2. A: amostra sêca ao ar. B: amostra aquecida a 120° por duas horas. 93
55. À esquerda, posição dos plasmas da porosidade fissural do saprólito no triângulo de composição MR₃- 3R₂-2R₃; Ml, camadas mistas; Il, ilita; b, beidelita; m, montmorilonita. 94
- 56 Difração de raios x na região dos grandes ângulos da fração $< 2\mu\text{m}$ do alterito argiloso, amostra 4A 95
57. Difração de raios x da fração total do alterito argiloso (4AT), da fração $< 2\mu\text{m}$ desferrificada e desorientada (4ADMD) e da fração $< 2\mu\text{m}$ desferrificada e orientada (4ADEMEOR). Ha, halloysita; Es, esmectita; crist, cristobalita; Go, goethita; TiMh, titanomaghemita. 56
58. Representação das composições químicas dos argilominerais verdes do alterito argiloso (pseudomorfozes das camadas mistas hidrotermais). 97
59. Variação do parâmetro b médio de vários tipos de esmectitas em função do conteúdo atômico octaédrico, Fe+Mg (Desprairies, 1983, modificado) Linhas tracejadas unem variáveis dos argilominerais verdes do alterito argiloso. 98
60. Modificações na composição octaédrica das camadas mistas do saprólito (S) para o alterito argiloso (AA) 99
61. Representação gráfica dos cátions interfoliares das camadas mistas do saprólito e das esmectitas do alterito argiloso (perfil 2) 99
62. Representação gráfica de composição dos plasmas de pseudomorfose do alterito argiloso, perfil 2: triângulos (plasmas em cavidades de plagioclásios), quadrados (plasmas em cavidades de piroxênios) 101
63. Representação quimiográfica da composição dos plasmas do sistema fissural do alterito argiloso do perfil 2 no sistema Al₂O₃-Fe₂O₃-MnO 103

64. Difração de raios x dos plasmas da porosidade fissural no perfil 2. Amostra de Pó, fração total: Es, esmectita; Ha, halloysita; Go, goethita; TiMh, titanomaghemita. 104
65. Representação química dos plasmas silico-aluminosos do sistema fissural do alterito argiloso, perfil 2 105
66. Representação esquemática da zonação concêntrica provocada pela distribuição dos materiais intersticiais em lâmina delgada 107
67. Difratoograma de raios x dos materiais intersticiais do corestone e das auréolas dos núcleos de rocha do alterito esferoidal. 108
68. Representação quimiográfica dos argilo minerais fibrorradiados verdes esparsos na superfície dos materiais intersticiais, no sistema MR₃ 2R₃ 3R₂. 112
69. Acumulação de Fe³⁺ nos materiais intersticiais expressa em proporção iônica, numa base de 11 oxigênios. 113
70. Representações quimiográficas das composições dos materiais intersticiais 113
71. Tendência da alteração dos materiais intersticiais. 114
72. Espectros infravermelho com transformada de Fourier na região das altas frequências dos materiais intersticiais de alteração do vidro vulcânico. 4I1 corresponde aos materiais intersticiais do "corestone", 4I3 corresponde a materiais intersticiais das auréolas externas ao "corestone" 116
73. Espectros IVTF dos materiais intersticiais 4I1 (corestone) e 4I3 (auréolas) 118
74. DRX da fração total do córtex do alterito esferoidal, análise do pó 120
75. Representação da alteração dos plagioclásios da crosta no sistema SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ 121
76. Composição química dos plasmas das porosidades da crosta do perfil 2 124
77. Composição química de titanomaghemita e anatásio da crosta, perfil 2 124
78. Composição química dos materiais silicosos da porosidade primária da crosta do perfil 2. Delineado aparece as zeolitas, fácies de baixa temperatura, projetadas em uma porção do sistema Na-K-Si, Velde, 198: Natr, natrolita; Anal., analcima; Ze, zeolita. 125
79. Diagrama triangular dos graus de intemperismo em rocha básica (Schellman, 1981) com a composição química global das camadas concêntricas das glébulas da stone line e da matriz -S 126
80. DRX da fração total das coberturas móveis (solos ferralíticos) do perfil 2. 127
81. Abundância relativa dos minerais no perfil 1 Sm, esmectitas; Ha-K, halloysitas e caolinitas; Go, goethita; Gi, gibbsita; Hem, hematita; Ti-maghem., titanomaghemita; Si, minerais de sílica. 131

- 82.** Abundância relativa dos minerais no perfil 2. Am. 2:1, argilominerais 2:1; Ha-K, halloysitas e caolinitas; Go, goethita; Hem, hematita; Ti-maghem., titanomaghemita; Si, minerais de sílica 132
- 83** Representação quimiográfica dos argilominerais do perfil 2 no diagrama triangular $M+4Si-3R_2$ (Meunier & Velde, 1989). Os argilominerais camadas mistas do perfil 2 apresentam composição química que se superpõe com a das glauconitas (Odim, 1988). St, stevensita; ta, talco. 133
- 84.** DRX da fração total do alterito argiloso do perfil 2, onde a goethita é pouco expressiva: S, esmectita; Ha, halloysita, Go, goethita; crist, cristobalita; TiMh, titanomaghemita; A, anatásio. 135
- 85.** Representação da porosidade fissural no saprólito. Coexistência de dois sistemas de equilíbrio cristaloquímico. Na porosidade primária herdada as esmectitas estão estáveis. Nos poros de circulação das soluções meteóricas o sistema é mais aberto e ocorrem deposições de plasmas kaoliniticos (de Tardy, 1983 modificado) 138
- 86.** Cinco tipos de perfis lateríticos à gibbsita e kaolinita: 1- só gibbsita em clima úmido e em rocha sem quartzo (perfil tipo Boulangé, 1984). 5- só caolinita em clima pouco contrastante e rocha rica em quartzo (perfil tipo Sifferman, 1973). 2, 3, 4- perfis intermediários: 2- perfil normal tipo Leneuf (1959); 3- perfil invertido tipo Delvigne (1965); 4- perfil invertido tipo Lucas (1989). De Tardy (1993), modificada. 141
- 87.** Oxidação a baixa temperatura de titanomagnetitas em titanomaghemitas. x: percentagem molecular de ulvoespiniólio; z : grau de maghemitização. A linha (1) ($Fe/Ti = cte$) ilustra o processo de maghemitização por adição de oxigênio; a linha (2) ($Ti/O = cte$) ilustra o mecanismo de maghemitização por retirada de ferro (O'Reilly, 1983) 147
- 88. a.** Razão metal/ oxigênio nas titanomaghemitas contra proporções atômicas de Mn, mostrando o aumento da concentração de Mn nas titanomaghemitas dos alteritos. 153
- 88. b.** Composição química, no sistema $Al_2O_3-MgO-MnO$ das fases magnéticas nas fácies de alteração. 153
- 89.** Relação entre o Al^{3+} e a razão metal oxigênio em titanomaghemitas do saprólito e dos alteritos 154
- 90.** Difractogramas de preparação desorientada das argilas 318 (horizonte tachteté); 4C (córtex do alterito esferoidal); 225 (pseudomorfose de zeolita no alterito argiloso); 295 (argilominerais do sistema fissural) 158
- 91.** Difractogramas de preparação orientada das argilas 318 (horizonte tachteté); 4C (alterito esferoidal); 225 (pseudomorfose de zeolita, em grandes poros, no alterito argiloso); 295 (argilominerais do sistema fissural). 159
- 92.** Difractogramas de preparação orientada das argilas 318 (horizonte tachteté); 4C (córtex, alterito esferoidal); 225 (pseudomorfose de zeolita no alterito argiloso); 295 (argilominerais do sistema fissural) submetidas ao tratamento com formamida. 161

- 93.** Difractogramas de raios X da fração total da amostra 4C, onde H é halloysita, G, goethita, A, anatásio e T, titanomaghemita. 4Cd corresponde à amostra desferrificada onde C é a cristobalita. 164
- 94** Difração de raios x da amostra 4Cd orientada, submetida aos seguintes tratamentos: a - seca ao ar; b- aquecida a 110°C por uma noite; c-tratamento com formamida; d- tratada com etilenoglicol; e-tratada com K-etilenoglicol ; d -aquecida a 450°C por duas horas. 166
- 95.** Relações entre composição química e morfologia das partículas halloysíticas. 169
- 96.** Curva da análise térmico diferencial (ATD) das argilas da amostra 4Cd do alterito esferoidal. 171
- 97.** Zona de vibração dos OH-stretching, zona das altas frequências, da amostra 4Cd em espectro IVTF. 172
- 98.** Registro das ligações OH “bending,” na zona das baixas frequências do espectro IVTF. 173
- 99.** Domínios de estabilidade da goethita aluminosa, hematita aluminosa, gibbsita e boehmita, em função da composição do material laterítico, da atividade da água e da temperatura. De Trolard & Tardy (1987) modificado. Em pontilhado, estão as associações minerais encontradas nas lateritas da borda Sudeste da Bacia do Paraná 177
- 100.a.** Representação esquemática da evolução dos minerais primários e fases minerais do sistema fissural em perfis de alteração laterítica sobre rochas porfiríticas básicas da parte Sul da Bacia do Paraná, Planalto das Araucárias. 192
- 100.b.** Representação esquemática da evolução dos minerais primários e fases minerais do sistema fissural em perfis de alteração laterítica sobre rochas subafíricas básicas da parte Sul da Bacia do Paraná, Planalto das Araucárias. 193

Índice de Tabelas

	p.
Tabela 1. Depósitos bauxíticos do Brasil (Melfi <i>et al.</i> , 1988-b).	3
Tabela 2. Análises químicas globais, por Absorção Atômica, das fácies de alteração do perfil 1.	32
Tabela 3. Análises químicas globais, por Absorção Atômica das fácies de alteração do perfil km24, BR285.	33
Tabela 4. Balanço geoquímico entre a rocha e a camada mais externa do córtex no perfil km 30, segundo cálculo de Gresens (1967).	33
Tabela 5. Balanço geoquímico entre a rocha e a fácies argilosa no perfil km 30, segundo cálculo de Gresens (1967).	33
Tabela 6. Cálculo de perdas e ganhos no alterito argiloso e no alterito esferoidal do perfil km 24, Br 285, considerando o volume na alteração.	36
Tabela 7. Análise química global da rocha do perfil 1 e do perfil 2.	41
Tabela 8. Análises químicas pontuais dos plagioclásios do saprólito. As somas acima de 101 % são decorrentes das diferenças composicionais entre os padrões de calibragem e os minerais (alterados) analisados.	46
Tabela 9. Análises químicas semiquantitativas pontuais (MEV-EDS) das argilas de alteração dos plagioclásios do saprólito do perfil 1.	46
Tabela 10. Cálculo das proporções iônicas das argilas de alteração dos plagioclásios do saprólito do perfil 1 sobre uma base de $O_{10}(OH)_2$	47
Tabela 11. Análises químicas (MEV-EDS) de piroxênios do saprólito 3.1 e seus produtos de alteração.	47
Tabela 12. Proporções atômicas dos núcleos de argilas da iddingsita numa base de $O_{10}(OH)_2$, considerando todo o ferro como Fe^{3+} . Análises do MEV-EDS.	49
Tabela 13. Análises químicas pontuais dos cristais automorfos ferruginosos do saprólito, "iddingsitas". (H ₂ O calculada por diferença)	50
Tabela 14. Análises químicas de Olivinas e Iddingsitas apresentadas por Delvigne <i>et al.</i> (1979)	50
Tabela 15. Análises químicas pontuais (MEV-EDS) dos argilominerais verdes da porosidade primária (sítios intersticiais) da rocha do perfil 1.	51
Tabela 16. Proporções iônicas dos argilominerais verdes da porosidade primária da rocha do perfil 1 expressa numa base $O_{10}(OH)_2$. O Fe é expresso como Fe^{3+} .	52
Tabela 17. Análises químicas pontuais dos plasmas de litorelíquias em "espinha de peixe" de fenocristais no alterito argiloso.	56
Tabela 18. Cálculo das proporções atômicas dos plasmas de pseudomorfose sobre uma base $O_{10}(OH)_2$.	56
Tabela 19. Análises químicas pontuais do alteroplasma marrom no alterito argiloso.	56
Tabela 20. Análises químicas pontuais das argilas intersticiais litoreliquiais do alterito argiloso.	57
Tabela 21. Análises químicas pontuais de Hematitas do alterito argiloso.	59
Tabela 22. Composição química do plasma de preenchimento dos "boxworks" de hematita.	60
Tabela 23. Análises químicas feitas pelo sistema EDS do MEB dos plasmas da porosidade tubular.	64
Tabela 24. Análises químicas pontuais dos ferriargilãs da porosidade tubular.	65
Tabela 25. Análises químicas pontuais do plasma rico em Mn da porosidade tubular.	66
Tabela 26. Análises químicas pontuais dos materiais intersticiais da porosidade primária do alterito esferoidal, no "corestone".	67
Tabela 27. Análise química pontual de material intersticial no córtex do alterito esferoidal.	69
Tabela 28. Composição química semi-quantitativa dos constituintes do alterito esferoidal obtidas pelo sistema EDS do MEB.	70

Tabela 29. Análises químicas pontuais de micro-fenocristais de piroxênios do saprólito. Análises 65 a 68 são núcleos não alterados, análises 62 a 64 e 69 a 72 correspondem a partes alteradas.	75
Tabela 30. Análises químicas pontuais de piroxênios da matriz do saprólito. Análises 53 e 69 são de pigeonita as outras são de augitas	77
Tabela 31. Composição química pontual de piroxênios da matriz e seus produtos de alteração.	77
Tabela 32. Análises químicas pontuais de Ti-magnetitas em diferentes graus de oxidação em rocha alterada (saprólito) do perfil 2. O Fe é apresentado como Fe ³⁺	78
Tabela 33. Análises químicas pontuais de K- feldspatos intersticiais da matriz da rocha alterada (saprólito).	79
Tabela 34. Análises químicas pontuais de argilominerais de sítios intersticiais do saprólito. As proporções de Fe ²⁺ , e Fe ³⁺ foram obtidas por espectroscopia Mossbauer.	80
Tabela 35. Distribuição estequiométrica dos elementos de argilominerais de sítios intersticiais do saprólito, perfil 2, calculada numa base de 11 oxigênios.	80
Tabela 36. Fórmula estrutural dos argilominerais camadas mistas da porosidade estrutural do saprólito do perfil 2 expressa numa base O ₁₀ (OH) ₂ .	81
Tabela 37. Fórmulas estruturais dos argilominerais fibrorradiados do saprólito, perfil 2. Cálculo das proporções iônicas numa base de 11 oxigênios.	82
Tabela 38. Fórmula Estrutural dos minerais camadas mistas dos sítios amigdalares calculada numa base de 11 oxigênios.	84
Tabela 39. Composição Química do quartzo, Tridimita e opala de Drees <i>et al</i> , (1989), modificada, e dados de Deer <i>et al</i> . (1967).	91
Tabela 40. Análises químicas dos materiais silicosos da porosidade primária do saprólito.	91
Tabela 41. Análises químicas pontuais dos plasmas das porosidades fissurais do saprólito, perfil 2.	93
Tabela 42 Análises químicas pontuais dos argilominerais das porosidades estruturais preservadas no alterito argiloso.	97
Tabela 43. Fórmulas estruturais dos argilominerais das porosidades estruturais preservadas do alterito argiloso. (base de 11 oxigênios).	98
Tabela 44. Composição química da cristobalita do alterito argiloso.	100
Tabela 45. Composição química dos plasmas das cavidades litorreliquiais de plagioclásios obtidas a partir do MEV -EDS.	100
Tabela 46. Composição química pontual dos plasmas de porosidades litorreliquiais correspondentes a antigos piroxênios da matriz. Análises 5 e 6 MEV-EDS; análises 106 a 110 microsonda eletrônica.	100
Tabela 47. Análises de plasma da porosidade fissural do alterito argiloso do perfil 2 obtidas a partir do MEV-EDS.	102
Tabela 48. Análises químicas pontuais dos argilãs da porosidade secundária do alterito argiloso.	105
Tabela 49 Composição química pontual dos materiais intersticiais amarelo-esverdeados dos corestones.	109
Tabela 50 Composição química pontual dos materiais marrom -amarelados do "corestone".	109
Tabela 51. Cálculo das proporções iônicas dos materiais intersticiais amarelo -esverdeados numa base de O ₁₀ (OH) ₂ ., considerando todo o ferro no estado trivalente.	109
Tabela 52. Cálculo das proporções iônicas dos materiais intersticiais amarelo -amarronzados numa base de O ₁₀ (OH) ₂ ., considerando todo o ferro no estado trivalente.	110
Tabela 53. Composição química pontual dos materiais alaranjados, da borda preta	110
Tabela 54. Cálculo das proporções iônicas dos materiais intersticiais alaranjados numa base de O ₁₀ (OH) ₂ ., considerando todo o ferro no estado trivalente.	110

Tabela 55. Composição química pontual dos materiais intersticiais amarelos	111
Tabela 56. Cálculo das proporções iônicas dos materiais intersticiais amarelos numa base de $O_{10}(OH)_2$., considerando todo o ferro no estado trivalente.	111
Tabela 57. Composição química pontual das recristalizações esparsas de argilo minerais fibrorradiados verdes.	112
Tabela 58. Cálculo das proporções iônicas das recristalizações esparsas de argilo minerais fibrorradiados verdes numa base de $O_{10}(OH)_2$., considerando todo o ferro no estado trivalente.	112
Tabela 59. Diferenças químicas entre os materiais intersticiais e os palagonitos resultantes de intemperismo (Furnes, 1984).	115
Tabela 60. Análises químicas pontuais de palagonitas resultantes de intemperismo sobre hialoclastitos toleíticos, (Furnes, 1984)	115
Tabela 61. Teores médios de K_2O para os materiais intersticiais do corestone do alterito esferoidal.	115
Tabela 62. Análises químicas pontuais dos plagioclásios da borda externa do corestone.	120
Tabela 63. Análises químicas MEV-EDS dos materiais constituintes da crosta ferruginosa .	123
Tabela 64. Análises químicas globais das camadas concêntricas do córtex de pisólitos e do fundo matricial de “stone line” do perfil 2.	126
Tabela 65. Reflexões basais (DRX) da fração magnética do saprólito, alteritos e de Titanomaghemita (Basta, 1959).	150
Tabela 66-a. Análises químicas pontuais das titanomaghemitas do saprólito 215, o ferro está apresentado como Fe^{3+}	151
Tabela 66-b. Proporções iônicas das titanomaghemitas do saprólito 215, calculadas numa base de 32 oxigênios.	151
Tabela 67-a. Análises químicas pontuais das titanomaghemitas do alterito esferoidal, ferro está apresentado como Fe^{3+}	152
Tabela 67-b. Proporções iônicas das titanomaghemitas do alterito esferoidal, calculadas numa base de 32 oxigênios.	152
Tabela 68-a. Análises químicas pontuais das titanomaghemitas do alterito argiloso, o ferro está apresentado como Fe^{3+}	153
Tabela 68-b. Fórmulas estruturais numa base de 32 Oxigênios das titanomaghemitas do alterito argiloso, calculada com o ferro no estado trivalente.	153
Tabela 69. Lista dos espaçamentos basais e intensidades dos difratogramas de raios x das amostras de argila estudadas, de preparação desorientada.	161
Tabela 70. Reflexões da difração de raios x da amostra 4Cd comparadas com halloysitas e caolinitas de Brindley & Brown (1980).	166
Tabela 71. Análises químicas globais (MEV-EDS) da amostra 4Cd.	169
Tabela 72. Análises químicas das partículas da amostra 4Cd feitas por microscopia eletrônica analítica (AEM).	171
Tabela 73. Substituição do Fe pelo Al nas goethitas das fácies lateríticas dos perfis estudados.	178
Tabela 74 Substituição do Fe pelo Al nas goethitas das coberturas móveis dos perfis estudados.	181
Tabela 75. Substituição do Fe pelo Al nas goethitas de coberturas móveis de outros perfis da região.	182