

SOLOS GERADOS A PARTIR DO INTEMPERISMO DE CROSTAS LATERÍTIICAS SÍLICO-FERRUGINOSAS

Adriana Maria Coimbra HORBE¹, Marcondes Lima da COSTA²

RESUMO — A porção superior de dois perfis lateríticos localizados nos balneários de Outeiro e Mosqueiro, no município de Belém (Pará-Brasil), é constituída pela crosta sílico-ferruginosa e seus fragmentos de crosta, com material areno-argiloso sobreposto formando o solo. A estrutura colunar preservada, o grau de arredondamento crescente dos fragmentos e a composição mineralógica e química demonstram que há uma passagem gradacional entre a crosta, fragmentos e o solo dos dois perfis. Assim, é possível considerar o solo desses perfis como derivado do intemperismo da crosta laterítica subjacente em condições predominantemente úmidas, superimpostas ao processo laterítico que se desenvolveu na Amazônia até então.

Palavras chaves: solos da Amazônia, lateritização, crostas ferruginosas, Argila de Belterra.

Soil Formation by the Weathering of Silica-Iron Lateritic Duricrust.

ABSTRACT — The upper part of two lateritic profiles located in Outeiro e Mosqueiro beaches in Belém district (Pará State-Brazil) are constituted by a silica-iron duricrust and fragments of these crust with a sand-clayey material overlying forming the soil. The collunar structure, the round up of the fragments and the similar mineralogical and chemical composition show a gradual passage between the duricrust, its fragments and soil suggesting a possibility to consider the soil as result of the weathering of the subjacent lateritic duricrust in moist climate.

Key words: amazonian soils, lateritization, iron crusts, Belterra Clay

INTRODUÇÃO

A região amazônica é caracterizada pela presença de solos argilosos e areno-argilosos denominados de latossolos, solos lateríticos, ferralíticos e oxissolos e ainda Argila de Belterra segundo SOMBROEK (1966). São solos pobres constituídos basicamente por caulinita e goethita, podendo ocorrer ainda gibbsita e hematita, estando sempre sobrepostos a crostas ou restos de crostas lateríticas (stone lines). Vários pesquisadores sugerem diferentes origens. SOMBROEK (1966), GRUBB (1979), KOTSCHOUBEY & TRUCKENBRODT (1981), HIERONYMUS *et al.* (1989) e TRUCKENBRODT *et al.* (1991) argumentam uma origem

sedimentar para esses solos, podendo estar associado a processos gravitacionais segundo o último trabalho acima citados. ROSSETTI *et al.* (1989) ao estudar material similar na região Bragantina (NE do Pará), incluindo as áreas de Outeiro e Mosqueiro, sugerem que sejam arenitos associados a sedimentos pós-Barreiras depositados, conforme TRUCKENBRODT *et al.* (1991), por movimentos gravitacionais. DENNEN & NORTON (1977), ALEVA (1981) e KRONBERG *et al.* (1982), relacionam-os à intensa lixiviação da Formação Barreiras. A terceira possibilidade de gênese desses solos, defendida por WOLF & SILVA (1973), BOULANGÉ & CARVALHO (1989), LUCAS *et al.* (1989) e COSTA

¹ Departamento de Geociências - Universidade do Amazonas Av. Gal. Rodrigo O.J. Ramos, 3000 - Japiim, 69077-000, Manaus - Amazonas.

² Universidade Federal do Pará - Centro de Geociências - Campus Universitário do Guamá Caixa Postal 1611, CEP 66075-110, Belém - Pará.

(1991), admite sua formação a partir da transformação de crostas lateríticas. Contudo essas hipóteses são defendidas quase que unicamente com base em observações de campo e poucos trabalhos de detalhe foram feitos (LÚCAS *et al.*, 1989 e TRUCKEMBRODT *et al.*, 1991) sobre a relação desse tipo de solo com o material subjacente.

Este trabalho tem por objetivo apresentar dados sobre a gênese desses solos na região de Belém, mais especificamente nos balneários de Outeiro e Mosqueiro, onde destacam-se solos amarelos com elevado teor em quartzo sobrepostos a crostas e restos de crostas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como o objetivo do trabalho é estudar a relação crosta/solo, o material amostrado restringiu-se ao topo dos perfis lateríticos, na porção entre a base da crosta laterítica e o material sobreposto, denominado de solo. No caso da crosta laterítica foram amostrados tanto a própria crosta (perfil de Mosqueiro) como os fragmentos ferruginosos mais endurecidos (perfil de Outeiro), além do material areno-argiloso friável que envolve os fragmentos, denominado de matriz areno-argilosa. No solo dos dois perfis foram coletadas amostras de acordo com mudanças na sua textura e coloração.

As análises químicas foram feitas a partir de abertura por fusão alcalina para os óxidos maiores (exceto PF) e ácida total com HF+HClO₄ para os elementos terras raras (ETR), com concentração em resina de troca iônica. Foram analisados SiO₂ e PF por gravimetria; Al₂O₃ por volumetria;

Fe₂O₃ e TiO₂ por colorimetria; V, Cr, Ni, B, Mo, Zr, Ga, Y, Sc, Mn, Cu, Pb por espectrografia ótica de emissão e ETR por plasma em ICP (Inductible Couple Plasma). Os dados obtidos por difração de Raio-X (DRX), em associação com as análises químicas, permitiram obter a composição mineralógica quantitativa do material estudado.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSIOGRÁFICAS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados as ilhas de Outeiro e Mosqueiro, na margem direita da Baía do Marajó no município de Belém, estado do Pará (Fig. 1). Essas ilhas caracterizam-se por apresentarem falésias descontínuas com alturas variando de poucos centímetros até 12 m. Os dois perfis selecionados localizam-se nas praias do Amor e Baía do Sol (Fig. 1).

A região, outrora coberta com vegetação tipo floresta Amazônica, foi totalmente desmatada entre o final do século passado e o início deste, dando lugar ao desenvolvimento de áreas de pastagem e capoeira. Localmente ocorrem áreas de capoeira alta. Caracteriza-se por elevada pluviosidade de aproximadamente 2600 mm/ano com estação mais seca entre maio e dezembro e temperatura média anual de 26° C.

Topograficamente a região é plana com desenvolvimento de falésias de alturas variáveis ao longo da linha da costa. Essas falésias são constituídas de sedimentos terciários da Formação Barreiras lateritizados durante o Quaternário.

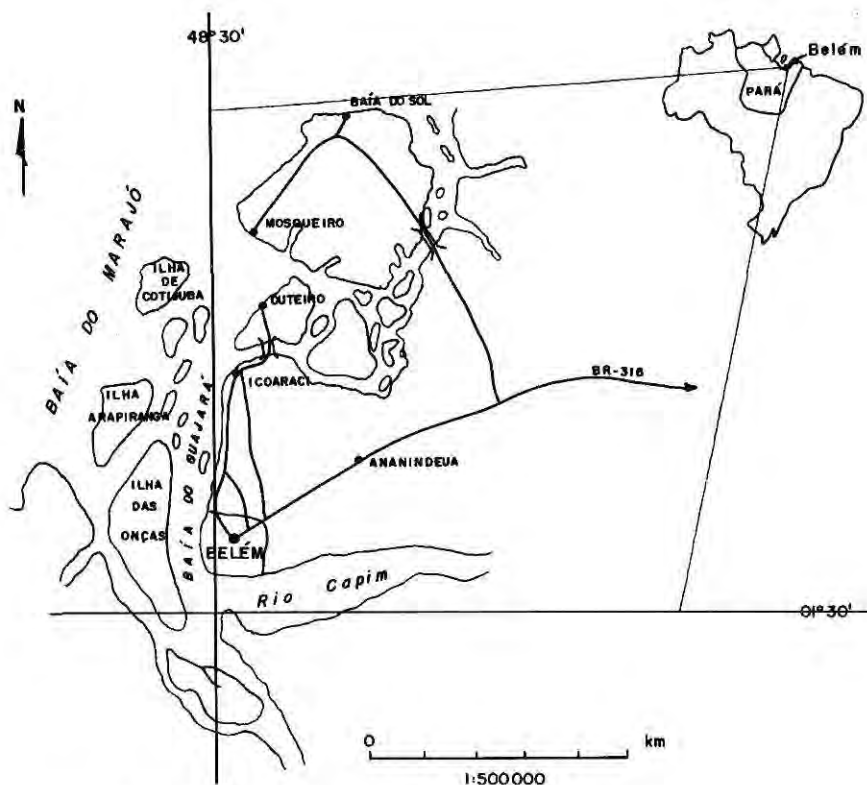


Figura 1. Mapa de localização dos perfis estudados.

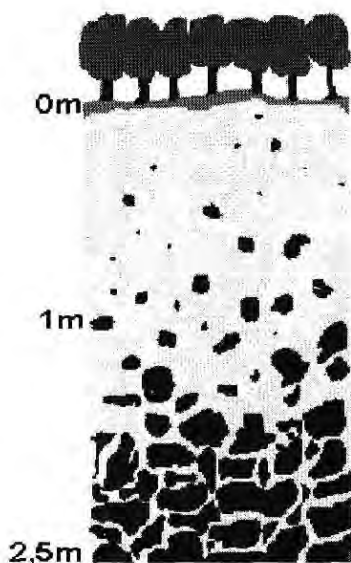
OS PERFIS LATERÍTICOS

Perfil de Outeiro

Este perfil apresenta 12 m de espessura representando a altura máxima da falésia. É constituído na sua base por argilitos esbranquiçados da Formação Barreiras (ROSSETTI *et al.*, 1989) representando a rocha-mãe do perfil laterítico. Sobreposto tem-se o horizonte transicional que representa o estágio inicial de transformação do argilito pela lateritização, apresentando aspecto mosqueado, coloração cinza-avermelhada e textura argilo-arenosa. Sobre esse horizonte ocorrem restos de uma antiga crosta laterítica (Fig. 2),

marcados por fragmentos de coloração avermelhada e textura microporosa, formados por grãos de quartzo envolvidos por plasma de óxido-hidróxidos de Fe e Al, o que permite classificá-los como silico-ferruginosos. Apresentam estrutura colunar preservada, com fragmentos entre 10 e 20 cm de comprimento, envolvidos por material terroso areno-argiloso amarelado denominado de matriz areno-argilosa.

O tamanho e a proporção dos fragmentos tende a diminuir em direção ao topo do perfil, adquirindo formas mais arredondadas, de modo que a matriz areno-argilosa passa a

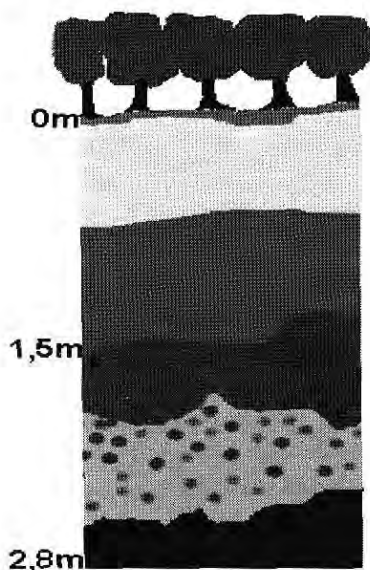


Perfil de Outeiro

Material argilo-arenoso acinzentado, friável, constituído basicamente por quartzo e caulinita (Solo)

Material desagregado onde uma matriz arenosa amarelada, constituída de caulinita, quartzo e subordinadamente hematita e goethita predomina sobre fragmentos silico-ferruginosos de origem laterítica (Crosta desagregada)

Material parcialmente desagregado onde fragmentos silico-ferruginosos de origem laterítica com estrutura colunar, formados por grãos de quartzo envolvidos por hematita, goethita e caulinita, predominam sobre uma matriz arenosa amarelada (Crosta parcialmente desagregada)



Perfil de Mosqueiro

Material arenoso-argiloso, acinzentado, friável, formado por quartzo e caulinita (Solo).

Material arenoso-argiloso composto por quartzo, caulinita e goethita, de aspecto terroso que gradua de avermelhado para ocre e finalmente amarelado em direção ao topo do perfil (Solo)

Material arenoso-argiloso esbranquiçado com manchas avermelhadas (mosqueado) mineralogicamente similar ao sobreposto (Solo).

Material silico-ferruginoso de origem laterítica, compacto, formado por grãos de quartzo envolvidos por plasma de hematita, goethita e caulinita (Crosta sã).

Figura 2. Perfis de alteração das crostas silico-ferruginosas de Outeiro e Mosqueiro.

predominar em relação a eles. A matriz areno-argilosa abundante e os fragmentos raros, arredondados e milimétricos constituem o solo (Fig. 2). No topo do solo (10 cm) individualiza-se um material acinzentado, friável, rico em quartzo e matéria orgânica.

A diminuição no tamanho dos fragmentos e o aumento na proporção da matriz areno-argilosa sugere passagem gradual entre a base da crosta e o solo, permitindo identificar três subhorizontes: na base, a crosta parcialmente desagregada, onde os fragmentos são maiores; na porção intermediária, onde os fragmentos ainda estão presentes mas a matriz areno-argilosa predomina, tem-se a crosta desagregada, e finalmente o solo no topo do perfil. A espessura total desses subhorizontes é de 2,5 m.

Perfil de Mosqueiro

O perfil selecionado corresponde a uma falésia com 4,0 m de altura máxima. Na sua base ocorre material argilo-arenoso esbranquiçado, mosqueado, correlacionável ao horizonte transicional do perfil de Outeiro. Sobreposto ocorre a crosta, com aspecto textural e mineralógico similar aos fragmentos de Outeiro, apresentando-se na forma de um bloco contínuo, não fragmentado, com várias dezenas de metros de extensão e, por esse motivo, denominado de crosta sã (Fig. 2). Trabalhos recentes mostraram, nas proximidades, contatos gradacionais entre a crosta e o solo (Fig. 3), com fragmentação e arredondamento crescente dos blocos, além de aumento na proporção da matriz areno-argilosa

em direção à superfície de modo similar ao observado no perfil de Outeiro.

O solo sobreposto é formado, na sua base, por um material areno-argiloso esbranquiçado com manchas avermelhadas de óxi-hidróxido de Fe (Fig. 2), similar ao mosqueamento observado nos horizontes argilosos de perfis lateríticos. Essas manchas tornam-se difusas em direção à superfície, com o conjunto adquirindo uma tonalidade amarelada que passa a acinzentada e arenosa no topo do perfil. Com base nessas características do perfil foram identificados dois horizontes: crosta sã e solo.

RESULTADOS OBTIDOS

Características mineralógicas e químicas

Tanto os fragmentos da crosta parcialmente desagregada e da desagregada do perfil de Outeiro, como a crosta sã de Mosqueiro, são constituídos por grãos de quartzo subarredondados e angulosos, corroidos e fraturados, envolvidos por um plasma ferruginoso marrom-avermelhado, por vezes preto, formado por hematita, goethita e caulinita. Localmente ocorre plasma goethítico fibro-radial, vermelho-alaranjado, formando finas faixas concêntricas.

Mineralogicamente os fragmentos da crosta parcialmente desagregada e da desagregada do perfil de Outeiro são similares entre si, sendo em média mais quartzosos (60%) e mais pobres em caulinita (15%) que a crosta sã de Mosqueiro (42% e 27% respectivamente). O teor de hematita+goethita é maior no fragmento da crosta parcialmente



Figura 3. Aspecto do perfil de Mosqueiro. Observa-se o contato gradacional entre a crosta e o solo sobreposto.

desagregada de Outeiro (26%) decrescendo para o da crosta desagregada (19%), igualando-se ao teor de 19% da crosta sã de Mosqueiro. Em ambos perfis os teores de anatásio, que é muito estável na lateritização, tem pequenas variações (Fig. 4).

A matriz areno-argilosa da crosta parcialmente desagregada e da desagregada do perfil de Outeiro e o solo dos dois perfis não foram estudadas ao microscópio óptico, mas com base nas análises de DRX identificou-se a presença de quartzo, caulinita, goethita e hematita. Os teores desses minerais oscilam ao longo dos perfis, não apresentando, contudo, variação significativa entre a matriz areno-argilosa e o solo no perfil de Outeiro (Fig. 4). Há tendência dos teores de quartzo serem mais elevados no perfil de Outeiro e os de caulinita e hematita+goethita no de Mosqueiro,

refletindo a composição das respectivas crostas.

Quando comparada a crosta sã de Mosqueiro e os fragmentos da crosta parcialmente desagregada e da desagregada de Outeiro com a matriz areno-argilosa desses horizontes e os respectivos solos, observa-se que a composição mineralógica é a mesma, mas há variações nos teores dos minerais. Tem-se acréscimo no teor de quartzo e caulinita e decréscimo de hematita+goethita para a matriz areno-argilosa (perfil de Outeiro) e o solo nos dois perfis. Essa modificação mineralógica se reflete nos teores mais elevados em Fe_2O_3 da crosta e de SiO_2 na matriz areno-argilosa e solo (Fig. 5). O Al_2O_3 , que representa a distribuição da caulinita no perfil, apresenta teores mais elevados na matriz areno-argilosa e na base do solo, diminuindo em direção ao solo cinzento e arenoso do topo dos perfis.

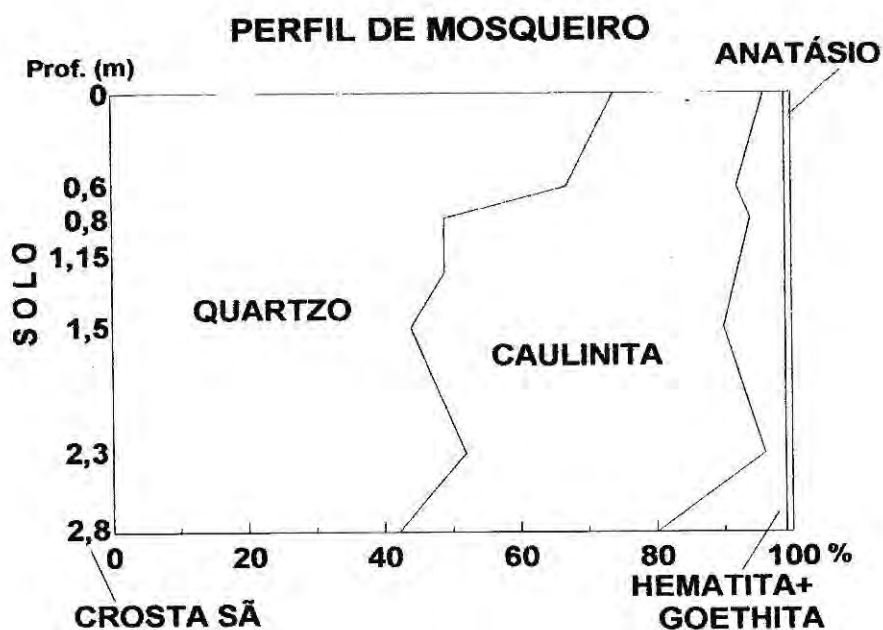
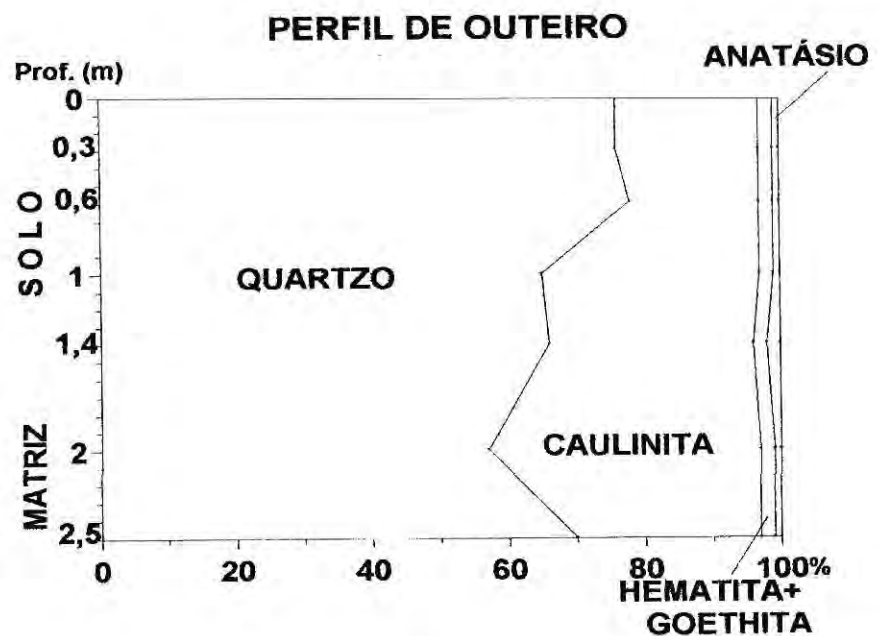


Figura 4. Composição mineralógica dos perfis de Outeiro e Mosqueiro.

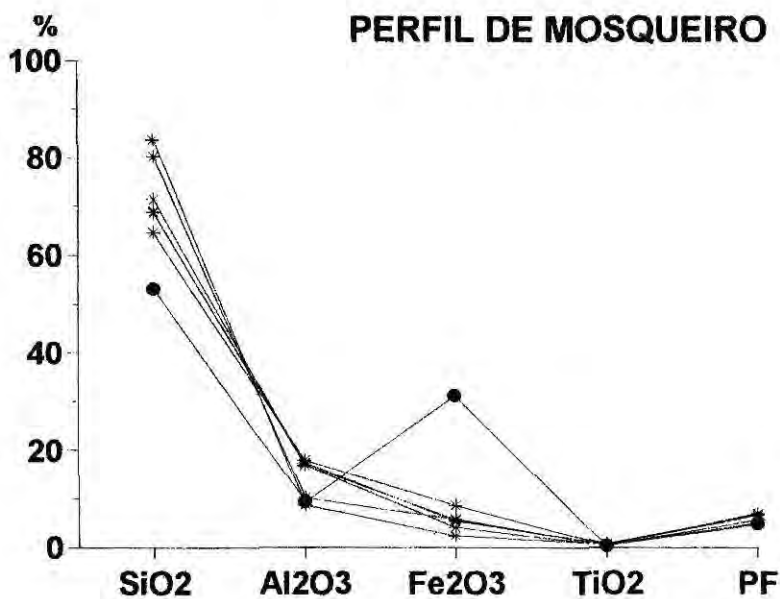
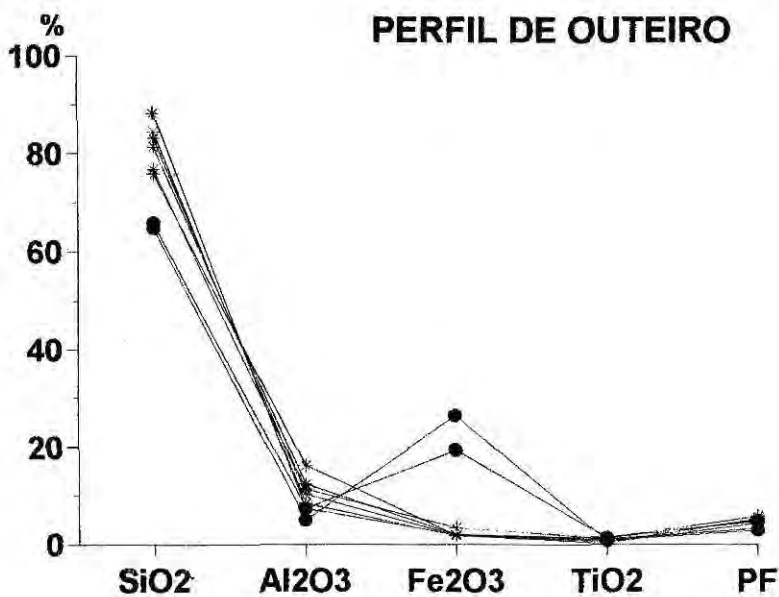


Figura 5. Composição química dos perfis de Outeiro e Mosqueiro (* = Solo e matriz argilosa; ● = crosta silico-ferruginosa e seus fragmentos).

Elementos-traço

Os teores dos elementos-traço (V, Cr, Ni, B, Mo, Zr, Ga, Y, Sc, Mn, Cu e Pb) nos dois perfis estão abaixo da média crustal, exceto para V, B, Zr e Y, refletindo origem a partir de rocha com baixos teores nos demais elementos. A distribuição dos elementos-traço ao longo dos dois perfis mostra uma tendência geral dos teores de Zr, B e Mn aumentarem da crosta sã de Mosqueiro e dos fragmentos da crosta parcialmente desagregada e da desagregada de Outeiro para, respectivamente, o solo e a matriz areno-argilosa e o solo (Tabs. 1 e 2; Fig. 6), acompanhando a distribuição do SiO_2 e Al_2O_3 . V, Cr, Ga, Sc e Pb tem distribuição oposta, com os teores mais elevados na crosta sã de Mosqueiro e fragmentos de Outeiro decrescendo para os demais horizontes (Tab. 1 e Fig. 6), do mesmo modo que Fe_2O_3 . Nota-se variação muito acentuada nos teores de Zr entre os fragmentos e a matriz areno-argilosa da crosta parcialmente desagregada e da desagregada do perfil de Outeiro, que não se reflete quando comparado ao solo, cujos teores assemelham-se ao dos fragmentos. Essa variação deve ser provocada pela distribuição irregular desse elemento na rocha-mãe (Formação Barreiras), que apresenta caráter ora mais argiloso ora mais arenoso (GÓES & TRUCKEN-BRODT, 1980; ROSSETTI *et al.*, 1989).

Quando comparadas as curvas de distribuição dos elementos-traço (Fig. 6) entre crosta sã, fragmentos de crosta, matriz areno-argilosa e solo dos perfis de Outeiro e Mosqueiro, elas mostram-se subparalelas, quase superpostas, contrastantes apenas para V, devido aos teores mais elevados na crosta e

fragmentos, e Zr, que predomina na matriz e solo.

Elementos terras raras (ETR)

As concentrações mostram que os ETR nos perfis estudados estão abaixo da média crustal, sendo que os ETRL são mais elevados que os ETRP com destaque para La e Ce (Tab. 3). Ao longo do perfil de Outeiro se observa que os ETR aumentam dos fragmentos da crosta para a matriz areno-argilosa e decrescem para o solo, onde alcançam os teores mais baixos do perfil, enquanto em Mosqueiro os teores concentram-se no solo em detrimento da crosta sã. O padrão das curvas normalizadas dos ETR (Fig. 7) em relação aos condritos são similares entre os dois perfis e entre a crosta, fragmento da crosta, matriz areno-argilosa e solo, caracterizando-se pelo fracionamento marcante entre ETRL e ETRP.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O decréscimo no tamanho dos fragmentos sílico-ferruginosos em direção à parte superior dos dois perfis estudados sugere um acamamento gradacional de arcabouço aberto similar ao observado em materiais de origem sedimentar depositados por fluxo gravitacional (conglomerado). Contudo, a estrutura colunar vertical preservada na crosta parcialmente intemperizada e o aumento no grau de arredondamento dos fragmentos da crosta em direção à superfície, produto do processo típico de degradação de crostas lateríticas (TARDY, 1993), sugere que o solo não é um produto de origem sedimentar como proposto por

Tabela 1. Concentração dos elementos-traço no perfil de Outeiro (em ppm).

| HORIZONTES | V | Cr | Ni | b | Mo | Zr | Ga | Y | Sc | Mn | Cu | Pb |
|---------------------------------|-----|-----|----|-----|----|------|-----|-----|----|-----|----|-----|
| Solo cinza | 44 | 49 | 19 | 120 | <5 | 1640 | 115 | 18 | 5 | 75 | 7 | 46 |
| Solo amarelo (0,3m) | 70 | 30 | 8 | 66 | <5 | 42 | 16 | 18 | <5 | 37 | 2 | 22 |
| Solo amarelo (0,6m) | 45 | 40 | 10 | 66 | <5 | 114 | 18 | 10 | <5 | 38 | <2 | 22 |
| Solo amarelo (1,0m) | 69 | 64 | 15 | 58 | <5 | 116 | 22 | 48 | <5 | 39 | 2 | 32 |
| Solo amarelo (1,4m) | 86 | 96 | 16 | 64 | <5 | 132 | 26 | 27 | <5 | 34 | 3 | 48 |
| Crosta desagregada (2,0m) | | | | | | | | | | | | |
| Matriz areno-argilosa | 96 | 72 | 42 | 92 | <5 | 1440 | 12 | <10 | 19 | 100 | 11 | <20 |
| Fragmento | 480 | 138 | 16 | 42 | 6 | 106 | 28 | 23 | <5 | 29 | 3 | 54 |
| Crosta parc. desagregada (2,5m) | | | | | | | | | | | | |
| Matriz areno-argilosa | 148 | 51 | 24 | 92 | <5 | 1240 | 8 | 66 | 7 | 90 | 7 | <20 |
| Fragmento | 500 | 240 | 24 | 67 | 8 | 160 | 40 | 45 | 12 | 39 | 6 | 67 |

Tabela 2. Concentração dos elementos-traço no perfil de Mosqueiro (em ppm).

| HORIZONTES | V | Cr | Ni | b | Mo | Zr | Ga | Y | Sc | Mn | Cu | Pb |
|-------------------|------|-----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|----|----|
| Solo cinza | 182 | 42 | <2 | 80 | <5 | 1240 | 15 | 53 | 13 | 5 | <2 | <5 |
| Solo (0,6m) | 330 | 39 | 4 | 56 | <5 | 1600 | 16 | 71 | 15 | 12 | 2 | 9 |
| Solo (0,8) | 138 | 62 | 5 | 63 | <5 | 800 | 22 | 66 | 16 | 11 | 6 | 17 |
| Solo (1,15m) | 152 | 68 | 5 | 60 | <5 | 880 | 18 | 62 | 16 | 7 | 33 | 18 |
| Solo (1,5m) | 190 | 88 | 7 | 60 | <5 | 560 | 20 | 60 | 18 | 4 | 2 | 26 |
| Solo (2,3m) | 300 | 68 | 4 | 65 | <5 | 640 | 19 | 56 | 14 | 3 | <2 | 14 |
| Crosta sã (2,80m) | 1000 | 100 | 75 | 10 | 1,5 | 165 | 15 | 33 | 22 | 900 | 55 | 33 |

Tabela 3. Concentração dos ETR nos perfis de Outeiro e Mosqueiro (em ppm).

| | La | Ce | Nd | Sm | Eu | Gd | Dy | Ho | Er | Yb | Lu |
|---------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PERFIL DE OUTEIRO | | | | | | | | | | | |
| Solo amarelo (0,6m) | 9,76 | 18,84 | 5,34 | 1,20 | 0,22 | 1,33 | 2,10 | 0,52 | 1,93 | 2,25 | 0,34 |
| Crosta desagregada (2,0m) | | | | | | | | | | | |
| Matriz areno-argilosa | 17,87 | 31,69 | 12,31 | 1,44 | 0,28 | 1,50 | 3,01 | 0,71 | 2,41 | 3,14 | 0,45 |
| Fragmento | 14,31 | 26,52 | 7,89 | 1,77 | 0,31 | 1,80 | 2,95 | 0,69 | 2,34 | 2,92 | 0,42 |
| PERFIL DE MOSQUEIRO | | | | | | | | | | | |
| Solo cinza | 15,77 | 33,29 | 12,10 | 2,76 | 0,46 | 2,54 | 4,37 | 1,02 | 3,49 | 3,49 | 0,59 |
| Solo (0,80m) | 26,33 | 50,32 | 18,25 | 3,77 | 0,60 | 2,90 | 3,88 | 0,92 | 3,20 | 3,27 | 0,48 |
| Solo (1,50m) | 28,24 | 51,29 | 17,14 | 3,21 | 0,50 | 2,14 | 2,33 | 0,54 | 1,84 | 1,68 | 0,26 |
| Crosta sã (2,8m) | 10,88 | 20,56 | 6,76 | 1,27 | 0,22 | 0,92 | 0,92 | 0,21 | 0,73 | 0,65 | 0,13 |

SOMBROEK (1966), GRUBB (1979), KOTSCHOUBEY & TRUCKENBRODT (1981), HIERONYMUS *et al.* (1989), ROSSETTI *et al.* (1989) e TRUCKENBRODT *et al.* (1991), mas de fragmentação e cominuição química “in situ” da crosta, em uma transformação gradacional. Além desse aspecto, a composição mineralógica semelhante, com variação apenas nos teores, e a distribuição

similar dos elementos-traço e ETR nos horizontes dos dois perfis estudados, reforçam a presença de uma afinidade geoquímica do solo com a crosta laterítica sotoposta.

Essas características, também observadas entre crostas e solos sobrepostos em perfis similares na Amazônia (HORBE, 1995), permite supor que os solos areno-argilosos

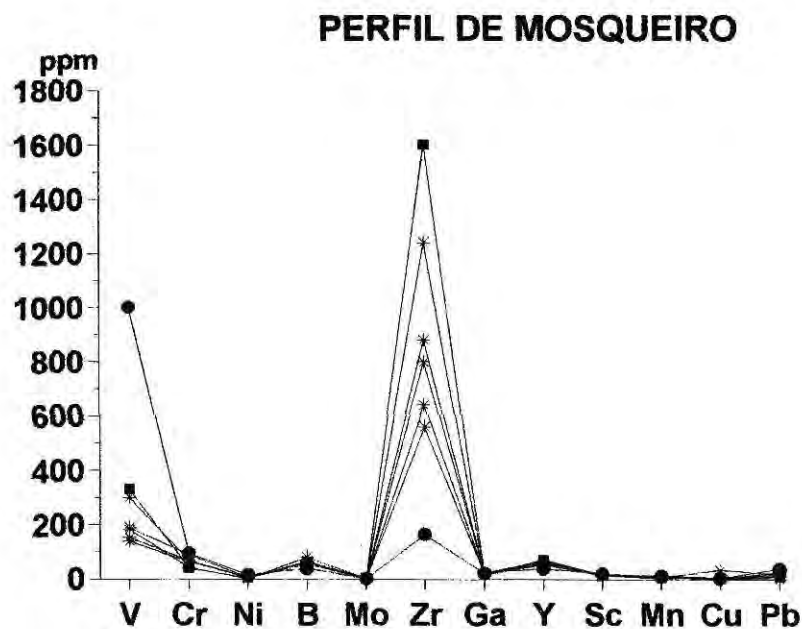
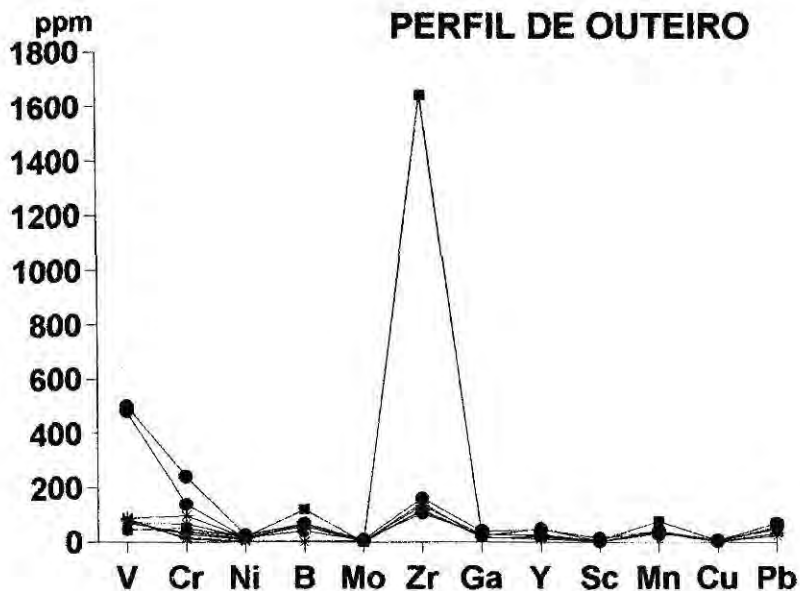


Figura 6. Distribuição dos elementos-traço nos perfis de Outeiro e Mosqueiro (■ = Solo cinza; * = Solo amarelo e matriz argilosa; ● = crosta sílico-ferruginosa e seus fragmentos).

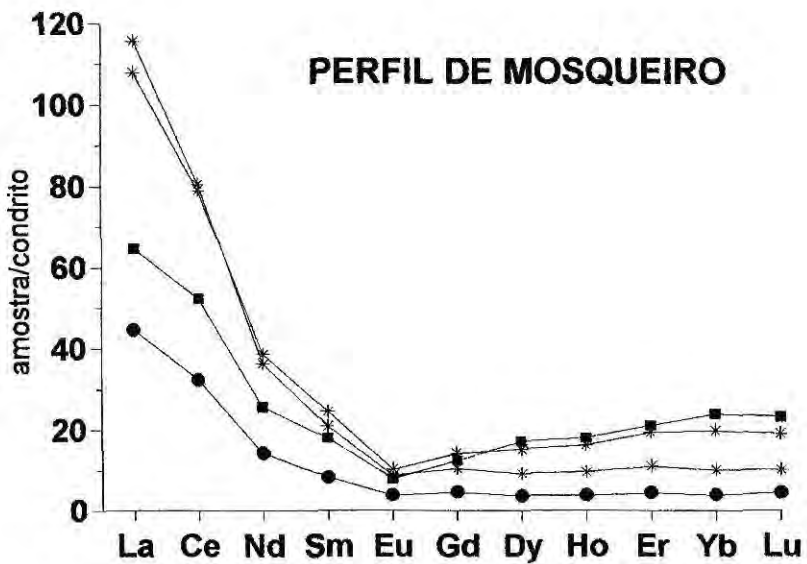
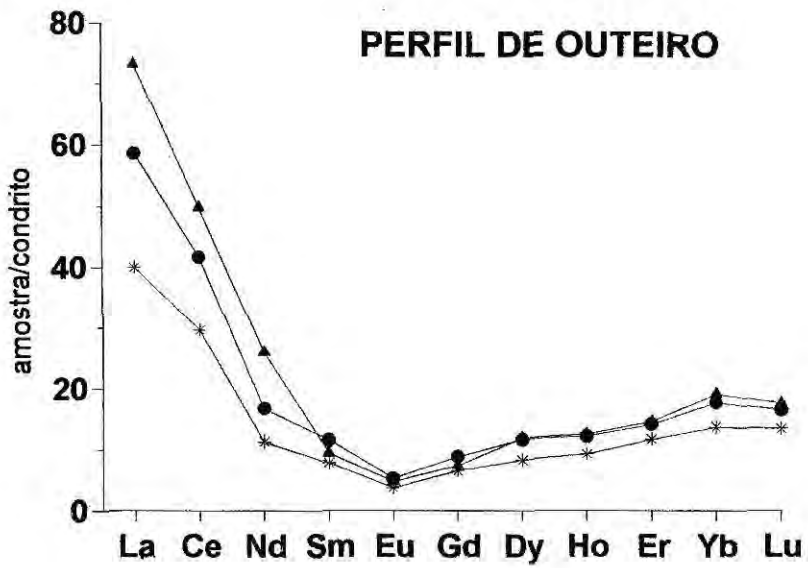


Figura 7. Fracionamentos dos ETR em relação aos condritos nos perfis de Outeiro e Mosqueiro (■ = Solo cinza; * = Solo amarelo; s= matriz argilosa; ● = crosta sílico-ferruginosa e seus fragmentos).

estudados podem ser derivados da crosta e dos fragmentos lateríticos sílico-ferruginosos sotopostos e serem, portanto, de origem autóctones.

A presença tanto de contato gradacional como brusco entre a crosta e o solo no perfil de Mosqueiro sugere superposição de processos. O contato gradacional estaria associado ao processo de transformação da crosta em solo e o brusco relacionado a um período de denudação do relevo com preenchimento de depressões pelo solo formado regionalmente, constituindo uma discordância erosiva local. Esse preenchimento sugere que processos de fluxo gravitacional podem ocorrer mas não estão relacionados a formação do solo conforme sugerem ROSSETTI *et al.* (1989) e TRUCKENBRODT *et al.* (1991) e sim, de origem posterior. Desse modo a presença de contato abrupto não é um caráter de definição para afirmar a ausência de associação/parentesco entre as duas unidades aqui consideradas.

A derivação do material areno-argiloso a partir de sílico-ferruginoso é consequência de intenso processo de desferruginação associado a um clima mais úmido com maior percolação de soluções levando à quebra na estrutura da crosta que se formou em clima muito mais seco, semelhante ao do cerrado da região central do Brasil. Assim, a porção maciça da crosta se fragmenta gerando blocos que mantém, inicialmente, sua estrutura colunar, arredondando-se gradativamente e guardando as características geoquímicas da rocha que lhe deu origem (Fig. 8). A medida que os blocos são cominuídos pelo processo de desferrificação, e a hematita em sua

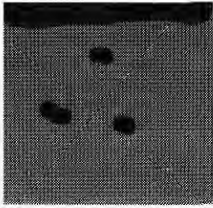
maior parte dissolvida, é gerado como resíduo a matriz areno-argilosa caulinitica, com predomínio de quartzo devido a grande proporção desse mineral na crosta laterítica. A coloração amarelada é consequência da presença de goethita. Essa transformação da crosta em solo provoca, provavelmente, um aumento de volume, contudo dados de densidade não foram obtidos, o que não permite tecer conclusões a respeito da relação volumétrica entre as duas unidades estudadas.

A matriz areno-argilosa preenche inicialmente as fissuras e fraturas passando a predominar a medida que os restos da crosta são totalmente dissolvidos formando o solo (Fig. 8). Parte do ferro se recristaliza formando goethita criptocrystalina. A presença de caulinita é consequência de seu acúmulo residual, assim como o quartzo, pois não há outro mineral passível de liberar alumínio na crosta e nos fragmentos que permita a sua neoformação.

A transformação de uma rocha em material caulinitico é um processo normal no intemperismo independente da composição da rocha-mãe, desde que haja Al e Si disponível em proporções compatíveis. Esse fato é ressaltado se esse mineral já está presente na rocha que lhe deu origem, como é o caso da crosta de Outeiro e Mosqueiro, onde a caulinita (até 27%) ocorre como mineral primário no plasma que envolve os grãos de quartzo.

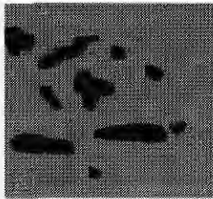
O acúmulo de quartzo formando a matriz e o solo areno-argiloso deve-se à tendência do silício quase não formar quelatos (BENNET & CASEY, 1994), ocasionando sua baixa solubilidade no

quelatos de Al e Fe para a drenagem e horizontes inferiores.



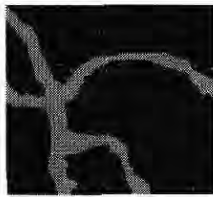
4a. fase

Solo amarelo parcialmente podzolizado com fragmentos milimétricos, cominuídos e arredondados de crosta laterítica silico-ferruginosa.



3a. fase

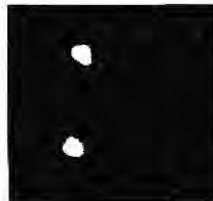
Solo amarelo com restos colunares a arredondados de crosta silico-ferruginosa correspondendo à crosta intemperizada.



2a. fase

Crosta silico-ferruginosa parcialmente desagregada em consequência de seu fissuramento e fraturamento correspondendo à crosta parcialmente intemperizada. Poros e fissuras preenchidos por matriz areno-argilosa amarelada.

⇒ *quelatos de Fe para a drenagem e secundariamente para os horizontes inferiores*



1a. fase

Crosta silico-ferruginosa, sã e porosa correspondendo à rocha-mãe do perfil.

↖ *adição de H₂O+Matéria orgânica a partir do Plio-Pleistoceno em condições de clima tropical quente e úmido com cobertura de floresta*

Figura 8. Fases de transformação de uma crosta silico-ferruginosa em solo.

ambiente supergênico, especialmente se sua granulometria for grosseira.

Em perfis lateríticos completos derivados de rochas primárias observa-se que eles tem em comum a fragmentação gradativa da rocha-mãe, preenchimento de fissuras e fraturas por material argiloso e individualização de blocos, que são cominuídos e arredondados até que desaparecem, dando origem ao horizonte argiloso mais para o topo do perfil. Esses perfis, quando não apresentam os horizontes mais evoluídos típicos dos processos lateríticos (crosta ferruginosa e/ou aluminosa), são normalmente denominados perfis intempéricos. É possível, portanto, correlacionar o topo dos perfis estudados de Outeiro e Mosqueiro a perfis intempéricos, de modo que a crosta corresponde à rocha-mãe, os fragmentos a restos dessa rocha-mãe e o solo ao horizonte argiloso.

No caso dos perfis estudados, a transformação crosta/solo indica a predominância de fases de clima úmido sobre clima mais seco desde o Plio-Pleistoceno, quando as crostas lateríticas imaturas se formaram (COSTA *et al.*, 1991). Assim, sobre a lateritização que formou a crosta sílico-ferruginosa dos perfis estudados, se superpôs um processo intempérico responsável pela formação dos solos encontrados sobre essas crostas. Sobre esses solos, de origem tipicamente residual e, como demonstrado, de origem autóctone, há tendência de formação de podzóis em conseqüência da lixiviação mais intensa de ferro e alumínio a partir da ação da matéria orgânica que se acumula em superfície, restando solos arenosos ainda mais empobrecidos.

Bibliografia citada

- ALEVA, G.J.J. 1981. Essential difference between the bauxite deposits along the southern and northern edges of the Guiana shield, South America. *Econ. Geol.*, 76:1142-1152.
- BENNET, P.C.; CASEY, W. 1994. Chemistry and mechanisms of low temperature dissolution of silicates by organic acids. In: Pittman, E.D.; Lewan, M.D.(eds.), *Organic acids in geological processes*. Springer-Verlag, Berlin, p.162-200.
- BOULANGÉ, B.; CARVALHO, A. 1989. The genesis and evolution of the Porto Trombetas bauxite deposits in the Amazon basin, Pará, Brazil. *Anais Cong. Inter. ICSOBA Poços de Caldas*, 22:115-125.
- COSTA, M.L. 1991. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Rev. Bras. Geol.*, 21:146-160.
- DENNEN, W.D.; NORTON, H.A. 1977. Geology and geochemistry of bauxite deposits in the lower Amazon basin. *Econ. Geol.*, 72:82-89.
- GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. 1980. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Anais Cong. Bras. Geol.Camboriú, SBG*, v2. p.766-771.
- GRUBB, P.L.C. 1979. Genesis of bauxite deposits in the lower Amazon basin and Guianas coastal plain. *Econ. Geol.*, 74:735-750.
- HORBE, A.M.C. 1995. *Evolução mineralógica e geoquímica multi-elementar de perfis de solos sobre lateritos e gossans na Amazônia*. Tese (Doutorado em Geoquímica). Curso de Pós-graduação em Geociências. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém, Pa. 245p
- HIERONYMUS, B.; BILDGEN, P.; KOTSCHOUBEY, B.; BOULANGUÉ, A.M.; KENSABIEC, A.M. 1989. Comparative study of three bauxitic process. *Anais Inter. Cong. ICSOBA, Poços de Caldas*, 22:115-125.

- KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W. 1981. Argila de Belterra - Cobertura Terciária das bauxitas Amazônicas. *Rev. Bras. Geoc.*, 11:203-208.
- KRONBERG, B.I.; FIFE, W.S.; MCKINNON, B.J.; COUSTON, J.F.; STILIANIDI FILHO, B.; NASH, R.A. 1982. Model for bauxite formation: Paragominas (Brazil). *Chem. Geol.*, 35:311-320.
- LUCAS Y.; KOBILSEK, B.; CHAUVEL, A. 1989. Structure, genesis and present evolution of amazonian bauxites developed on sediments. *Anais Inter. Cong. ICSOBA, Poços de Caldas*, 22:81-94.
- NAHON, D.; MELFI, A.; CONTE, C.N. 1989. Présence d'un vieux système de cuirasses ferrugineuses latéritiques en Amazonie du Sud. As transformation in situ en latosols sous forêt équatoriale actuelle. C.R. *Acad. Sci. Paris*, 308:755-760.
- ROSSETTI, D.F.; TRUCKENBRODT, W.; GÔES, A.M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região bragantina, nordeste do Pará. *Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi*, 1:25-74.
- SOMBROEK, W.G. 1966. Amazon soils. A reconnaissance of the soils of the brazilian Amazon region. *Centre Agric. Publ., Wageningen*, 292 p.
- TARDY, Y. 1993. Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Paris, *Masson*. 459p.
- TRUCKENBRODT, W.; KOTSCHOUBEY, B.; SCHELLMANN, W. 1991. Composition and origin of the clay cover on north brazilian laterites. *Geologische Rundschau*, 80:591-610.
- WOLF, F.A.M.; SILVA, J.M.R. 1973. Provincia bauxitífera da Amazônia. *DNPM*, 5 distrito, Belém, Pará, Brasil, 35p, (inédito).

Aceito para publicação em 20.08.97