



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SIGNIFICADO PALEO-AMBIENTAL E ECONÔMICO DOS ALUVIÕES
AURÍFEROS E ESTANÍFEROS DA AMAZÔNIA

Tese de Mestrado
Nº. 62

ANTONIO TADEU CORRÊA VEIGA

Orientador: MARCEL AUGUSTE DARDENNE

BRASÍLIA
1990

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SIGNIFICADO PALEO-AMBIENTAL E ECONÔMICO DOS ALUVIÕES AURÍFEROS E
ESTANÍFEROS DA AMAZÔNIA

TESE DE MESTRADO

Nº 62

ANTONIO TADEU CORRÊA VEIGA

Orientador: Marcel Auguste Dardenne

Examinador: Kenitiro Suguio

Examinador: Jorge Gomes do Cravo Barros

BRASÍLIA

1990

SUMÁRIO

	Pág.
AGRADECIMENTOS	i
RESUMO/RESUMÉ / ABSTRACT	ii
APRESENTAÇÃO	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. O cenário amazônico	3
1.2. Proposições básicas	8
1.3. Abrangência e fundamentos dos estudos	9
2. CONTEXTO GEOLÓGICO	13
2.1. O arcabouço regional	13
2.2. Tipologia das fontes auríferas	23
2.3. Tipologia das fontes estaníferas	29
3. EVOLUÇÃO PALEO-AMBIENTAL	38
3.1. Oscilações climáticas na Amazônia	38
3.2. Sequências aluvionares de pequeno a médio porte	51
3.3. Significado dos registros arqueológicos	58
3.4. A dinâmica ambiental perturbada	61
4. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS ALUVIONARES	65
4.1. Morfologia e dimensões	66
4.2. Características das sequências pretéritas	69
4.3. Características das sequências sub-atuais	75

	Pág.
5. CARACTERIZAÇÃO DAS MINERALIZAÇÕES ALUVIONARES	85
5.1. Distribuição de valores	85
5.2. Mineralogia e granulometria dos concentrados	93
5.3. Processos supergenéticos em curso	96
5.4. O modelo exploratório	97
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

FIGURAS

1. Localização das principais áreas estudadas
2. Sistemas de descontinuidades dominantes no craton Amazônico
3. Síntese geológica da porção sudoeste do craton Amazônico
4. Veios auríferos na região de Cassiporé - AP
5. Condicionamento estrutural das mineralizações primárias em Novo Planeta - MT
6. Distribuição do ouro no perfil laterítico em Cassiporé - AP
7. Pegmatitos estaníferos em Massangana - RO
8. Greisens filonares no granito Água Boa, em Pitinga - AM
9. 'Pipe' de exogreisen em Massangana - RO
10. Geologia de Pitinga - AM
11. Geologia de Bom Futuro - RO
12. Flutuações no nível dos oceanos segundo Fairbridge (1961)
13. Registros sedimentares nos lagos dos platôs de Carajás - PA
14. Registros palinológicos nos lagos dos platôs de Carajás - PA
15. a) Paleovales soterrados em Rondônia
b) Terraços aluvionares em Pitinga - AM
16. Paleovales soterrados do rio Madeira - RO
17. Modificação na seção de um vale devida a recobrimentos colu
viais
18. Exemplos de artefatos líticos e rochas com sulcos de polimen
to encontrados nos aluviões pleistocênicos
19. Seção típica de um aluvião amazônico
20. Seção estratigráfica do paleovale e vale recente do igarapé
Cachoeirinha (distrito de Cachoeirinha - RO)
21. Seção geológica dos terraços do igarapé Queixada, em Pitin
ga - AM
22. Feições de deformação nos paleo-aluviões de Pitinga - AM

23. Cordões de cascalho em aluviões de médio porte (esquemático)
24. Linhas de seixos com fragmentos de crostas lateríticas em São Francisco - MT
25. Seção de um canal da Formação Prainha em Igarapé Preto - AM
26. Retrabalhamento atual no leito ativo da drenagem (esquemático)
27. Seção transversal com distribuição de valores no igarapé Queixada, em Pitinga - AM
28. Disposição dos aluviões do igarapé Queixada, em Pitinga - AM, recobrando suas fontes filonares
29. Seções longitudinais com distribuição de valores ao longo dos aluviões dos igarapés Madeira e Queixada, em Pitinga - AM
30. Mineralizações acanaladas em aluviões de médio porte (esquemático)
31. Padrão de distribuição de valores em aluviões amazônicos
32. Granulometria e mineralogia dos concentrados nos aluviões derivados dos granitos Madeira e Água Boa, em Pitinga - AM.

QUADRO

1. Síntese da evolução geológica e metalogenética do craton Amazônico.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado resulta de alguns anos de vivência da realidade amazônica, iniciada em 1975 na primeira onda de colonização do norte do Mato Grosso. Diversas instituições e empresas concorreram a essa tarefa:

- Universidade de Brasília - UnB, responsável pela minha formação acadêmica na graduação e no mestrado;

- GEOS - Consultoria e Projetos de Mineração Ltda., responsável pela minha formação profissional;

- Mineração Taboca S.A., "gata" que me propiciou estudar - por gosto e por ofício - os aluviões da Amazônia;

- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, responsável pela bolsa de mestrado.

Agradecimentos sinceros aos outros responsáveis, diretos e indiretos:

- meu chefe Elmer;

- meu orientador Dardenne;

- meus outros professores, em particular Othon, Fuck, Jorge, Hilgard;

- meus amigos Calaf, Paulo, Walid, Wilson, Latorraca, Brait, Max, Pelachin, Nelson Bueno, Sara, Cacau Marauí;

- meus pais Ilza e Nelson, minha mulher Ana Cláudia, meus filhos Juliana, Felipe, Gustavo e Pedro - que sempre foram um grande estímulo.

RESUMO

Os aluviões auríferos e estaníferos das terras altas da Amazônia caracterizam-se por sedimentos imaturos, mal selecionados e com alta variabilidade na distribuição de teores. Essas feições indicam origem através de movimentos de massa - transporte curto, sob condições torrenciais, e deposição rápida, com pouco retrabalhamento.

Os jazimentos estudados - amplamente distribuídos na Amazônia - registram a ocorrência de pelo menos dois ciclos deposicionais indicativos de períodos de clima mais seco, correlacionáveis às glaciações nas regiões de alta latitude. Têm portanto idade pleistocênica, refletindo significativas mudanças paleo-ambientais nas regiões periféricas da Amazônia durante o Quaternário. A presença de artefatos de pedra polida nesses sedimentos pleistocênicos atesta a ocupação humana da região em tempos remotos, ampliando de forma efetiva o conhecimento sobre sua Pré-história.

Os sedimentos transportados aos vales por movimentos de massa preservam diversas feições indicativas da natureza, dimensões e posicionamento de suas fontes primárias e/ou secundárias, invariavelmente situadas a relativa proximidade. Neste sentido, o estudo dos parâmetros do aluvião - distribuição de valores, características da assembléia de pesados, etc. -, pode fornecer diretrizes consistentes para busca de suas fontes geradoras, superando algumas limitações das técnicas de prospecção geoquímica tradicionalmente aplicadas no domínio amazônico.

RÉSUMÉ

Les alluvions aurifères et stannifères des hautes terres de l'Amazonie sont caractérisées par des sédiments immatures et mal sélectionnés, montrant une grande variabilité dans la distribution des teneurs. Ces caractéristiques indiquent une origine par l'intermédiaire de mouvements en masse - transport court en conditions torrentielles et déposition rapide avec faible remaniement.

Les gisements étudiés - amplement distribués en Amazonie - enregistrent l'existence de pour le moins deux cycles de sédimentation traduisant des périodes de climat plus sec rattachées aux périodes glaciaires connues dans les régions de latitude élevée. En conséquence, ces gisements ont en âge Pleistocène, reflétant ainsi des changements paléoclimatiques significatifs pour les régions périphériques de l'Amazonie durant le Quaternaire. La présence d'artéfacts de pierre polie dans ces sédiments pleistocènes démontre l'occupation humaine de la région en des temps éloignés, participant ainsi de forme effective à la connaissance de sa pré-histoire.

Les sédiments transportés dans les vallées par les mouvements de masse préservent les caractères spécifiques de la nature, des dimensions et des positionnements de leurs sources primaires et/ou secondaires, invariablement situées à une relative proximité. En ce cas, l'étude des paramètres des alluvions - distribution des teneurs, caractéristiques de l'assemblée des minéraux lourds, etc... - peut fournir des critères consistants pour la recherche de leurs sources primaires, supérant ainsi certaines limitations de la prospection géochimique traditionnellement appliquée dans le domaine amazonien.

ABSTRACT

The tin and gold bearing alluvial deposits of the Amazonian high terrains are characterized by immature, poorly sorted sediments, with highly variable ore grades. These features indicate formation through mass movements: short transportation under torrential conditions, and rapid deposition with little reworking.

The studied placers - widely distributed in the Amazon - register the occurrence of at least two semi-arid depositional cycles, correlated to glaciations in the high-latitude regions. So they have Pleistocenic age, and reflect strong paleoenvironmental changes in the peripheral regions of the Amazon during the Quaternary. The polished-stone artifacts present in these sediments testify the human occupation of the region in ancient times, resulting in a great enlargement of our knowledge about its Prehistory.

The sediments transported to the valleys by mass movements preserve many features indicative of the nature, the size and the site of both primary and secondary source rocks, which are invariably located nearby. In this sense, the study of the alluviums' parameters - distribution pattern of gold and tin values, characterization of the heavy minerals assemblage - can help us in the search for its sources, surmounting some limitations of the geochemical prospecting techniques usually applied in the region.

APRESENTAÇÃO

AMAZÔNIA, quase um continente. Sujeita a grandes mudanças ambientais durante o Quaternário, passa agora por transformações sem precedentes, resultantes de uma escalada desbravadora desordenada. A exploração predatória e abusiva de seus recursos naturais - vastos, diversificados, porém em precário equilíbrio e insatisfatoriamente pesquisados - é a marca desse processo.

Difícil avaliar o impacto dessa ocupação, que pela primeira vez ultrapassa, em larga escala, o domínio dos grandes rios. Difícil prognosticar as consequências futuras - no âmbito regional, do continente e do próprio planeta - das mudanças radicais hoje promovidas pela ação humana.

A urgência em desvendar o ecossistema amazônico - em sua hermética complexidade - impõe um recuo no tempo, na tentativa de reconstituir a evolução geológica e ambiental da região a partir do Pleistoceno. De fato, as peculiaridades ali evidentes e a importância de todo o conjunto por si só justificam o clamor por diretrizes que garantam a utilização harmônica de seus recursos naturais - sequer estimáveis com segurança, ao nível atual de conhecimentos.

O exame das múltiplas faces da Amazônia, ainda que superficial, invariavelmente revela traços antes insuspeitados, porém decisivos para o êxito ou fracasso de empreendimentos ali instalados - tanto no curto prazo da expectativa de lucro, quanto no horizonte mais amplo, e certamente mais importante, das gerações futuras. É o caso da extração mineral, aqui centrada nos aluviões auríferos e estaníferos de pequeno a médio porte, encontrados nas terras altas das regiões periféricas da Amazônia.

A despeito do crescente reconhecimento de sua importância econômica, esses jazimentos nem sempre têm sido abordados segundo suas reais características - o que costuma conduzir a resultados decepcionantes. Mais grave: o enfoque inadequado impede o aproveitamento eficaz de seu potencial mineral, dificulta a busca de suas fontes geradoras e, invariavelmente, acarreta graves e desnecessários danos ao meio ambiente.

O modelo geológico aqui proposto, fundamentado em minuciosas e extensas observações, busca contribuir para superação dessas dificuldades - a partir do melhor entendimento das peculiaridades dos aluviões amazônicos e, conseqüentemente, do seu significado econômico e paleo-ambiental.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O cenário amazônico

OURO-ESTANHO-AMAZÔNIA. Metais valiosos facilmente recuperáveis em seus aluviões, impulsionando o acelerado desbravamento de suas terras altas. Mais de um milhão de quilômetros quadrados de florestas tropicais em processo de incorporação - repentina e descontrolada - ao mundo industrializado, em um novo capítulo da História da Colonização das Américas.

Mais uma vez, a extração mineral se destaca como agente avançado dessa ocupação - em escala e ritmo sem precedentes na Amazônia, porém aplicados no passado em outras regiões menos inóspitas. Aqui o passado permanece mudo, ou emudecido; o presente vertiginoso, indomado; o futuro indecifrado - e inexorável. As feridas da espoliação denunciam o choque - por vezes exagerado pelo alarde sensacionalista, como um "desastre apocalíptico"; por vezes abafado pelo vozerio ufanista como um "mal necessário".

Terra de extremos, fronteira do desconhecido: mitos e realidade convivendo no dia-a-dia. El Dorado, o Pulmão Verde, o Celeiro do Mundo... O patrimônio mineral ainda longe de ser avaliado, à mercê de ações atabalhoadas por vezes bem sucedidas. O fascínio do bamburro.

Curiosamente, algumas importantes descobertas de ouro na região - ocorridas na metade do século 18 - foram mantidas em sigilo pela Coroa Portuguesa. Ocorreram de fato durante o Ciclo do Ouro, porém - ao contrário das demais, registradas no Centro-Sul do país - sua exploração foi prontamente interdita por Dom José 1º, com a recomendação expressa às autoridades locais para

que impedissem, "por todos os meios diretos e indiretos", a atividade mineral na região (Ferreira, 1983).

O ouro do alto rio Negro já era conhecido desde 1749, o do rio Tapajós desde 1755, e o do rio Madeira desde 1758; porém tudo foi mantido em segredo. O argumento utilizado para vedar sua extração carecia de consistência, porém não faltava rigor: os oficiais vindos da Coroa restringiam as atividades na região ao "estabelecimento de aldeias e civilização dos índios", sob a alegação de que apenas a agricultura e o comércio poderiam trazer o progresso à Amazônia. A mineração era ali insistentemente apresentada como atividade nefasta, incompatível com o estabelecimento de uma sociedade estável.

Por trás disso, o reconhecimento da Coroa Portuguesa da sua incapacidade de controlar a produção aurífera da Amazônia - através de um sistema análogo àquele em operação no Centro e Sul do Brasil - e, sobretudo, a consciência do risco de perda, para outras potências colonialistas, desses territórios apenas precariamente conquistados. De fato, no início do século 17 exploradores holandeses extraíram ouro na bacia do rio Maracá, no Pará, até serem expulsos em 1623 por Pedro Teixeira (Lestra & Nardi, 1982).

Fatos similares ocorreram no Amapá após a Independência, com o afluxo de crioulos vindos da Guiana Francesa, a partir de 1882, para extração de ouro nas bacias dos rios Flexal, Araguari, Calçoene e Cassiporé. No final do século 19, a Anglo-French Gold Mining Company implantou no Lourenço uma operação-piloto sobre veios de quartzo aurífero, logo abandonada quando o antigo Contestado Franco-Brasileiro foi reincorporado por acordo ao nosso território. Das antigas "villages" restaram apenas vestígios, porém permanece na região a toponímia de origem francesa.

Nova invasão ocorreria a partir de 1932, com a redescoberta do ouro do rio Cassiporé, garimpado desta vez com maior participação de brasileiros. A região foi novamente desocupada após a desativação das lavras, durante a 2ª Guerra Mundial.

As demais províncias auríferas mencionadas - descobertas entre 1749 e 1758 - somente seriam redescobertas dois séculos de pois, pela ação de novos pioneiros, e ainda fora do alcance do aparelho estatal. Como se vê, a história da mineração na região seguiu um curso distinto do restante do Brasil, onde a produção mineral sempre recebeu algum fomento do Estado.

Uma curiosidade histórica: a Estrada de Ferro Madeira-Mamoré foi penosamente construída (de 1878 a 1879, e de 1907 a 1912) ao longo de uma das maiores jazidas de ouro aluvionar do planeta - o próprio curso do rio Madeira, de Guajará-Mirim a Porto Velho. Não se sabia, à época, do ouro ali descoberto - e zelosamente encoberto - um século e meio antes.

O projeto da ferrovia simbolizava, na visão de Hardman (1988), o estilo do capitalismo vigente na segunda metade do século 19, combinando imaginação romântica, espírito empreendedor e especulação financeira. Representava, na verdade, uma ação espetacular destinada a viabilizar a expansão do sistema capitalista, então dependente da borracha amazônica e ávido em ampliar seus domínios.

À falta de um mínimo conhecimento da realidade local, os mesmos fatores que engendraram o ousado projeto provocaram o abandono precoce da ferrovia. Ironia da História. Se os esforços ali desperdiçados tivessem sido aplicados, por exemplo, na dragagem do leito aurífero do Madeira, os resultados - inclusive geopolíticos - teriam possivelmente justificado mais essa aventura capitalista.

Mas isso não ocorreu. Inúmeros outros fracassos - gerados, em maior ou menor medida, pelo despreparo para atuação na região -, serviram para retardar a expansão capitalista e fortalecer o mito do Inferno Verde, persistente pelo menos até os anos sessenta deste século.

Apenas nessa época os aluviões auríferos e estaníferos da Amazônia - antes praticamente desconhecidos - passaram a ser explorados de forma efetiva. Inicialmente através da garimpagem tradicional, em um modelo próprio de organização, à margem do Estado - ainda ausente da região -, fundado no pioneirismo e ajustado à realidade regional (Salomão, 1984).

Os principais pólos produtores dessa fase distribuíam-se na Província Aurífera do Médio Tapajós, a partir de 1958, e na Província Estanífera de Rondônia, a partir de 1959. Sucederam-se importantes descobertas, convocando a esse "outro Brasil" expressivo contingente de trabalhadores - não incorporados ao processo de industrialização-urbanização então vivido pelo país -, e sustentando produção crescente.

A importância dessas descobertas estimularia o ingresso de empresas de mineração - estruturadas para maiores escalas de produção e então amparadas em uma política oficial, de inspiração militar, para ocupação estratégica da Amazônia. Inicialmente em Rondônia, vedada à atividade de garimpagem por força de ato político em 1971, e posteriormente no Tapajós e em outras áreas auríferas, em resposta ao aumento dos preços do ouro ocorrido em 1979. O exercício da lavra aluvionar nas condições amazônicas resultaria em algum desenvolvimento tecnológico. Porém, parte substancial do sucesso então alcançado deve ser creditada à riqueza desses aluviões, e não à eficiência operacional atingida na pesquisa e na produção.

O novo quadro, então esboçado, ganharia traços fortes com a escalada neo-garimpeira deflagrada pelo impacto da descoberta de Serra Pelada, no final de 1979, e alimentada pela crise econômica dos anos oitenta. Inaugurava-se o conflito entre a mineração empresarial e a garimpagem, agora apoiada em operações de larga escala, articuladas à distância da legislação vigente - definitivamente ultrapassada -, por vezes com entusiasmado apoio de autoridades constituídas.

Novas descobertas sucederam-se, em ritmo acelerado, a testando a vocação mineral das terras altas da Amazônia. Todavia, o uso descontrolado de técnicas altamente mecanizadas, na lavra dos aluviões, e o apego a tecnologias rudimentares no seu beneficiamento, resultaram - e ainda resultam - em evidentes prejuízos ao patrimônio mineral e ambiental da região. Sem falar nas condições de trabalho e de vida das centenas de milhares de pessoas envolvidas nessa faina - em benefício de poucos -, e no choque desigual com as culturas dos povos da floresta.

Em meio ao conflito dos anos oitenta, despontam nas empresas de mineração as primeiras iniciativas consistentes para desenvolvimento de métodos e técnicas de prospecção, pesquisa, lavra e beneficiamento, apropriados aos aluviões amazônicos. Além da revisão de diversos conceitos antes impropriamente utilizados, esse empenho tem resultado em melhor compreensão da natureza e do significado desses jazimentos, com evidentes benefícios econômicos - como assinalado por Salomão & Veiga (1989). Por outro lado, a questão ambiental, outrora esquecida, passa a ser considerada no planejamento e execução da lavra - embora ainda reste, neste campo, um longo caminho a percorrer.

Esse o cenário amazônico de nossos dias: operações relativamente organizadas de lavra aluvionar convivem, sob maior ou menor tensão, com a atividade de garimpagem em larga escala - res

pondendo, em conjunto, pela maior parte da produção brasileira de ouro e estanho dos últimos 30 anos. Em muitas áreas o esforço produtivo já se desloca dos depósitos secundários para suas fontes primárias, ampliando o horizonte exploratório, porém estendendo em igual medida o alcance da devastação.

À falta de um conhecimento mais amplo e consistente da realidade amazônica, e de decisões políticas que assegurem a utilização harmônica de seus recursos naturais, persiste a inquietação quanto aos rumos dessa corrida sem balizamento.

1.2. Proposições básicas

A idéia é tão simples quanto ambiciosa: propor um modelo exploratório para os aluviões auríferos e estaníferos de pequeno a médio porte, situados nas terras altas da Amazônia, e analisar o seu significado na dinâmica ambiental da região.

A experiência de trabalho revela, em primeiro lugar, uma realidade própria, resistente à aplicação indiscriminada de modelos desenvolvidos fora de seus domínios. Estimula, por outro lado, o exame atento e o pensamento inquisitivo, na busca de uma melhor compreensão das feições observadas - em suma, de um modelo capaz de explicá-las e, mais que isso, oferecer novos caminhos.

Os traços comuns ali registrados - bastante distintos dos aluviões clássicos, reconhecidos no restante do país e do mundo - justificam essa proposição de trabalho, aqui desenvolvida nos seguintes passos:

- a) Caracterização geológica dos aluviões amazônicos de pequeno a médio porte, responsáveis por significativa produção de ouro e estanho.

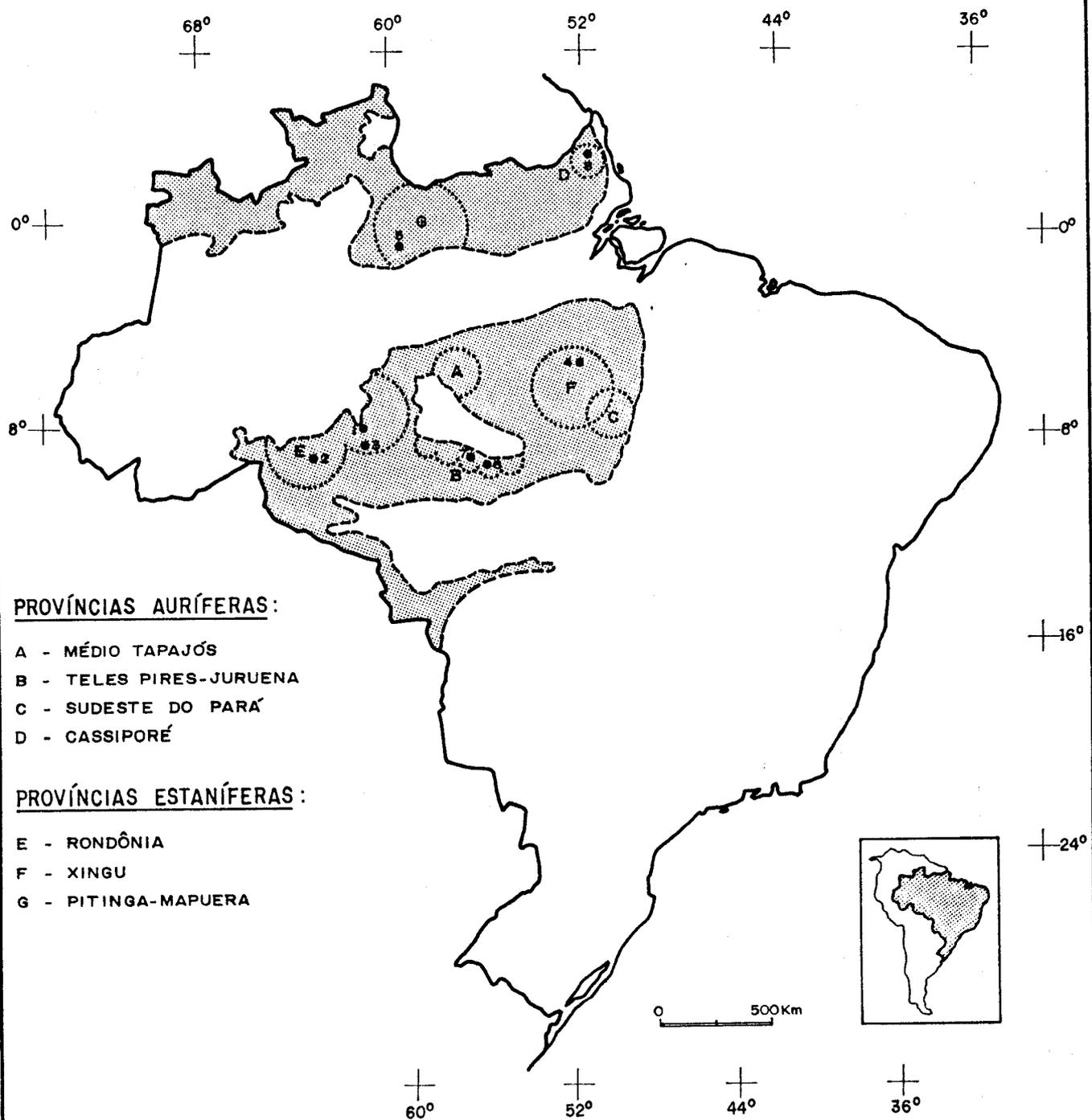
- b) Enquadramento estratigráfico e paleogeográfico desses depósitos, e análise de seu significado na evolução geológica e ambiental da Amazônia durante o Quaternário.
- c) Análise de seus parâmetros econômicos, com destaque para os padrões de distribuição de valores.
- d) Discussão sobre o vínculo entre esses jazimentos e suas fontes primárias e secundárias, e sobre a preservação de feições características dessas fontes nos aluviões delas derivados.
- e) Proposição de diretrizes exploratórias ajustadas à sua realidade geológica.

1.3. Abrangência e fundamentos dos estudos

Os dados apresentados resultam do exercício profissional em diversas áreas de lavra, distribuídas nas províncias auríferas do Médio Tapajós (PA), Teles Pires-Juruena (MT), Sudeste do Pará (PA) e Cassiporé (AP); e províncias estaníferas de Rondônia (RO, MT, AM), Xingu (PA) e Pitinga-Mapuera (AM), conforme apresentado na Figura 1.

Boa parte das informações provém de estudos e levantamentos sistemáticos promovidos pelo Grupo Paranapanema entre 1983 e 1986 em três minas de ouro - Jau (MT), Novo Planeta (MT) e Cassiporé (AP) -, e cinco minas de estanho - Igarapé Preto (AM), Massangana (RO), São Francisco (MT), São Raimundo (PA) e Pitinga (AM). Esse trabalho envolveu vasta equipe de profissionais empenhados na geração e avaliação de reservas, e no monitoramento de cerca de 40 frentes de lavra em aluvião - operando 24 horas por dia, com capacidade total de desmonte da ordem de 18,5 milhões de metros cúbicos de minério por ano.

Figura 1 - LOCALIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ÁREAS ESTUDADAS



PROVÍNCIAS AURÍFERAS:

- A - MÉDIO TAPAJÓS
- B - TELES PIRES-JURUENA
- C - SUDESTE DO PARÁ
- D - CASSIPORÉ

PROVÍNCIAS ESTANÍFERAS:

- E - RONDÔNIA
- F - XINGU
- G - PITINGA-MAPUERA

MINAS:

- | | | |
|------------------------|---|---------|
| 1 - IGARAPÉ PRETO (AM) | } | ESTANHO |
| 2 - MASSANGANA (RO) | | |
| 3 - SÃO FRANCISCO (MT) | | |
| 4 - SÃO RAIMUNDO (MT) | | |
| 5 - PITINGA (AM) | | |
| 6 - JAÚ (MT) | } | OURO |
| 7 - NOVO PLANETA (MT) | | |
| 8 - CASSIPORÉ (AP) | | |

A produção total no período atingiu 43,5 mil toneladas de estanho e 1,5 toneladas de ouro. Afora as atividades de rotina necessárias à manutenção desse ritmo - como, por exemplo, o total de 250 mil metros de sondagens banca consignado por Salomão & Falleiros (1986) -, a determinação de melhorar a qualidade das informações geradas pela pesquisa requeria um zelo adicional no trabalho de toda a equipe.

A caracterização geológica dos jazimentos e de seu subtrato rochoso tornou-se, a partir de então, também uma atividade de rotina, junto à análise crítica - cada vez mais rigorosa - dos procedimentos em uso e dos resultados obtidos na pesquisa. O acervo de dados gerado nessa empreitada foi documentado de diversas formas, de modo a facilitar sua utilização no planejamento e execução da lavra. Alguns dos meios utilizados - mapas e seções detalhadas, gráficos diversos - serão apresentados como ilustrações ao longo do texto.

O exame minucioso dos atributos do aluvião - na pesquisa e no acompanhamento da lavra -, e a atenção permanente ao significado das informações geradas resultaram, como esperado, em maior segurança na abordagem desses jazimentos. O progressivo ajuste dos critérios e parâmetros adotados na pesquisa conduziram, de fato, a um ganho substancial na precisão das estimativas de reservas e teores.

O desenvolvimento dessa metodologia amparou-se ainda em observações realizadas em inúmeros garimpos de ouro - nas províncias do Médio Tapajós, Teles Pires-Juruena, Cassiporé, Madeira e Sudeste do Pará - e na reavaliação de áreas submetidas a invasões temporárias de garimpeiros, como foi o caso da mina de Novo Planeta.

Além da confirmação de feições observadas em minas próximas, o acompanhamento dos garimpos resultou em muitas indicações importantes sobre o condicionamento das fontes primárias. Em verdade, o empenho dos garimpeiros na busca dessas fontes costuma resultar em descobertas importantes, superando de forma clara a eficácia de programas exploratórios ainda executados sem compromisso com a realidade amazônica.

O trato com os aluviões amazônicos não se esgotava toda via nessas questões práticas, extensamente abordadas por Salomão & Veiga (1989). O frequente aparecimento de artefatos líticos polidos, e outras feições intrigantes observadas durante a lavra dos aluviões, estimulavam a busca de um entendimento amplo sobre o significado desses depósitos. Não bastava caracterizá-los, com vistas ao seu aproveitamento econômico: era preciso enquadrá-los, do ponto de vista paleo-ambiental; situá-los no tempo; e entender a sua presença hoje, em terrenos cobertos pela floresta amazônica.

Surge daí o reconhecimento da sua importância como registro de oscilações climáticas acentuadas, e consequentes mudanças paleo-ambientais, ocorridas nas terras altas da Amazônia durante o Quaternário. Em verdade, a possibilidade de reconstituir a evolução da região, a partir das feições observadas em seus placeros auríferos e estaníferos, constitui a linha mestra desta dissertação.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1. O arcabouço regional

Como visto, os aluviões estudados distribuem-se nas terras altas da Amazônia, correspondentes às suas porções cratônicas setentrional e meridional (Figura 1). O craton Amazônico compreende extensos terrenos pré-cambrianos pouco conhecidos, cuja evolução tem sido interpretada segundo dois modelos.

A primeira corrente - representada por Amaral (1974), Almeida (1978), e discutida por Schobbenhaus e Campos (1984) - considera que o craton consolidou-se ao final do ciclo Transamazônico (2.200 a 1.800 Ma), e sofreu três principais eventos de reativação plataformal, circunscritos a províncias distintas e manifestados da seguinte forma:

- a) Uatumã (1.900 a 1.700 Ma): vulcânicas ácidas a intermediárias associadas a granitos anorogênicos, coberturas sedimentares;
- b) Parguazense (1.600 a 1.500 Ma): granitos anorogênicos predominantemente rapakivíticos;
- c) Rondoniense (1.300 a 1.000 Ma): granitos "Rondonianos" associados a vulcânicas ácidas, básico-alcalinhas, e intrusivas alcalinas.

As amplas manifestações magmáticas que marcam essas reativações implicariam em processos de grande envergadura, supostamente envolvendo enormes plumas do manto (Hasui et al. 1984). Santos & Loguércio (1984) reafirmam a importância do retrabalhamento crustal, em reativações sucessivas, na evolução do craton Amazônico.

A outra corrente interpretativa - defendida por Cordani & Brito Neves (1982) - adota o conceito de acresção continental. Segundo esse modelo, o craton Amazônico seria compartimentado em cinco megacinturões móveis pré-cambrianos, justapostos em sequência cronológica a um núcleo cratônico mais antigo, com idade superior a 2.300 Ma.

As duas correntes de interpretação pressupõem a ocorrência sincronizada, em todo o craton, de mecanismos de grande escala. Fundamentam-se essencialmente em dados geocronológicos, muitas vezes obtidos em áreas ainda pouco conhecidas do ponto de vista geológico, conforme assinalado por Daoud (1988).

Recorde-se que o próprio ciclo Transamazônico não tem até o momento área delimitada e nem sequência-tipo. Como aventado por Schobbenhaus & Campos (1984), este consagrado marco na evolução geológica da região parece se resumir a um evento tectono-magmático, manifestado pelo aparecimento de granitóides pré-Uatumã e por generalizado rejuvenescimento isotópico. Outras indefinições semelhantes têm dificultado a aplicação dos modelos propostos e, conseqüentemente, a compreensão da evolução geológica do craton Amazônico.

A chave para esse entendimento parece ser a análise do papel desempenhado pela rede de lineamentos que marca a região, registrada no Mapa Geológico do Brasil, escala 1:2.500.000 (Schobbenhaus et al., 1981). As rochas do embasamento - e os sedimentos, vulcânicas e corpos intrusivos nelas instalados - são limitados e internamente afetados por falhamentos de expressão regional, conjugados segundo cinco direções principais: N70 a 80W, N40 a 60W, N10W a N10E, N40 a 60E, e N70 a 80E. A Figura 2 ilustra o padrão simétrico dessas descontinuidades.

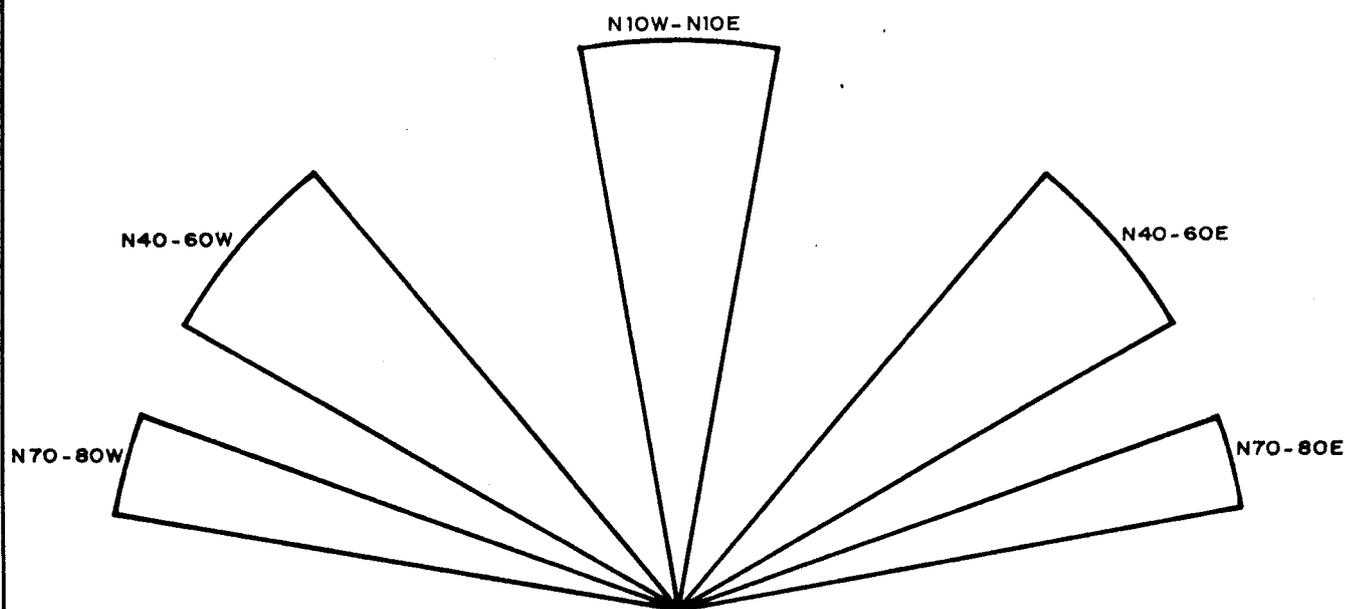


Figura 2 - SISTEMAS DE DESCONTINUIDADES DOMINANTES NO CRATON AMAZÔNICO

As direções próximas de E-W correspondem aos principais cinturões de cisalhamento. Destas, as rupturas segundo N70 a 80W manifestam-se no embasamento tonalítico - complexo Xingu ao sul, e Guianense ao norte - desde os tempos arqueanos, condicionando a deposição e posterior deformação de sequências vulcano-sedimentares de notório potencial econômico. Embora mais conhecidas na porção oriental da Amazônia - onde foram caracterizados "greenstone belts" típicos -, essas sequências têm distribuição mais ampla, atestando uma mesma origem para todo o arcabouço regional.

Essas unidades teriam sofrido deformação e metamorfismo de baixo a médio grau no ciclo Aroense, ao redor de 2.600 Ma, conforme sintetizado no Quadro 1. A ampla cratonização então ocorrida - na passagem do Arqueano para o Proterozóico Inferior -, traduz-se por eventos intrusivos de grandes proporções, que tendem a se confundir com os complexos siálicos em evolução. Não há, a partir daí, registros de novos ciclos tectono-metamórficos na região.

As feições evolutivas tornam-se então mais evidentes, revelando uma sucessão de episódios de magmatismo e sedimentação intracratônicos, nitidamente controlados - em toda a Amazônia - por reativações periódicas dos sistemas conjugados de falhamentos ilustrados na Figura 2. A evolução do craton, integralmente consolidado ao final do Arqueano, estaria assim condicionada à reativação cíclica de suturas crustais bem definidas - o que não implica em processos de grande envergadura, e sequer em sincronismo.

A diversidade geológica instaurada a partir do Proterozóico seria explicada pela variação das condições e processos atuantes em cada reativação:

- a) Rupturas crustais profundas acarretam fusões do manto, com aparecimento de rochas máficas e ultramáficas.

Quadro 1 - SÍNTESE DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E METALOGÊNÉTICA DO CRATON AMAZÔNICO (MODIFICADA DE SCHOBENHAUS & CAMPOS, 1984)

INTEGRAÇÃO FINAL À PLATAFORMA SUL-AMERICANA

570 Ma

EVOLUÇÃO INICIAL DA SINÉCLISE DO AMAZONAS

PROTEROZOÍCO
SUPERIOR

MAGMATISMO BÁSICO-ALCALINO CACHOEIRA SECA + SEDIMENTOS CONTINENTAIS TIPO " RED BEDS " : PACAÁS NOVOS, DARDANELOS, PRAINHA (Sn, diam.), PROSPERANÇA ?

FIM DO MAGMATISMO RONDONIENSE

1100 Ma

INÍCIO DO EVENTO RONDONIENSE : GRANITOS RONDONIANOS (Sn, Nb-Ta, W, tpz)

SEDIMENTOS CONTINENTAIS CUBENCRANQUÉM

PROTEROZOÍCO
MÉDIO

EVENTO FARGUAZENSE : GRANITOS SURUCUCUS, ABONARI, S. PROVIDÊNCIA, V. GUILHERME (Sn e associados)

MAGMATISMO BÁSICO : CREPORI, QUARENTA ILHAS

SEDIMENTOS CONTINENTAIS E MARINHOS EPICONTINENTAIS : RORAIMA, URUPI, GOROTIRE, PALMEIRAL, BENEFICIENTE (Cu, Co, Ag, U, diam.)

EVENTO UATUMÁ : GRANITOS MALOQUINHA, MAPUERA (Sn), S. CARAJÁS, TELES PIRES (Au), VULCÂNICAS ÁCIDAS IRIRI E IRICOURMÉ

1.900 Ma

EVENTO TRANSAMAZÔNICO : REJUVENESCIMENTO ISOTÓPICO
DEFORMAÇÃO ? METAMORFISMO ? MAGMATISMO ?

PROTEROZOÍCO
INFERIOR

SEDIMENTOS PLATAFORMAIS RIO FRESCO : FILITOS CARBONOSOS / MANGANESESÍFEROS (Au, S. PELADA)
FOLHELHOS, MARGAS, CALCÁRIOS (Mn, IGARAPÉ AZUL)
GRAUVACAS, PELITOS CARBONOSOS, ARENITOS (Cu/Au, IGARAPÉ BAHIA)

2600 Ma

CICLO AROENSE : DEFORMAÇÃO E METAMORFISMO

GRANITÓIDES ÁGUA BRANCA, PARAUARI

SEQUÊNCIAS VULCANO-SEDIMENTARES DE ALTO GRAU : CUIU-CUIU, CASSIPORÉ (Au)

SEQUÊNCIAS VULCANO-SEDIMENTARES DE BAIXO GRAU : GRÃO PARA (Fe)

INTRUSIVAS MÁFICO-ULTRAMÁFICAS : PUMA, ONÇA (Ni, Cr)

SEQUÊNCIAS VULCANO-SEDIMENTARES TIPO "GREENSTONE BELT" : SALOBO, S. INAJÁ, VILA NOVA, TUNUÍ,
JACAREACANGA, COMEMORAÇÃO (Au, Cu, Mo, Ag, etc)

ARQUEANO

EMBASAMENTO TONALÍTICO : COMPLEXOS XINGU E GUIANENSE (INCLUEM SUPRACRUSTAIS E INTRUSIVAS AINDA NÃO INDIVIDUALIZADAS)

- b) Fusões crustais e da interface crosta/manto - ou diferenciação de magma básico, de origem profunda, retido na base da crosta - originam vulcânicas intermediárias a ácidas e granitóides anorogênicos, comumente formados por vários pulsos magmáticos, e em parte cisalhados e hidrotermalizados.
- c) Rifteamentos mais amplos propiciam a ascensão de rochas básico-alcálicas e a deposição de sedimentos continentais e marinhos epicontinentais - cujo melhor exemplo é a própria sinéclise do Amazonas, instalada em um sistema aulacogênico (Bahia & Abreu, 1985).

A persistência desses controles é um traço marcante em todas as províncias estudadas, e sua compreensão é fundamental à abordagem criteriosa dos recursos minerais da Amazônia. Seja na forma de corpos primários - auríferos e estaníferos -, seja nos aluviões deles derivados, muitas vezes controlados pelo mesmo sistema de fraturamentos que propiciou a formação de suas fontes filonares.

Sternberg, em 1950, já chamava a atenção para o controle tectônico dos vales amazônicos. O mesmo tema foi abordado por Franzinelli & Piuci (1988), evidenciando feições de neotectonismo na Formação Alter do Chão, de idade cretácica. Observações realizadas em diversos aluviões indicam que esses controles persistem de fato até o Quaternário.

Sua importância na evolução metalogenética do craton Amazônico pode ser demonstrada pela reconstituição da sequência de eventos ocorrida em sua porção sudoeste - englobando Rondônia, norte de Mato Grosso e sul do Pará e Amazonas -, representada na

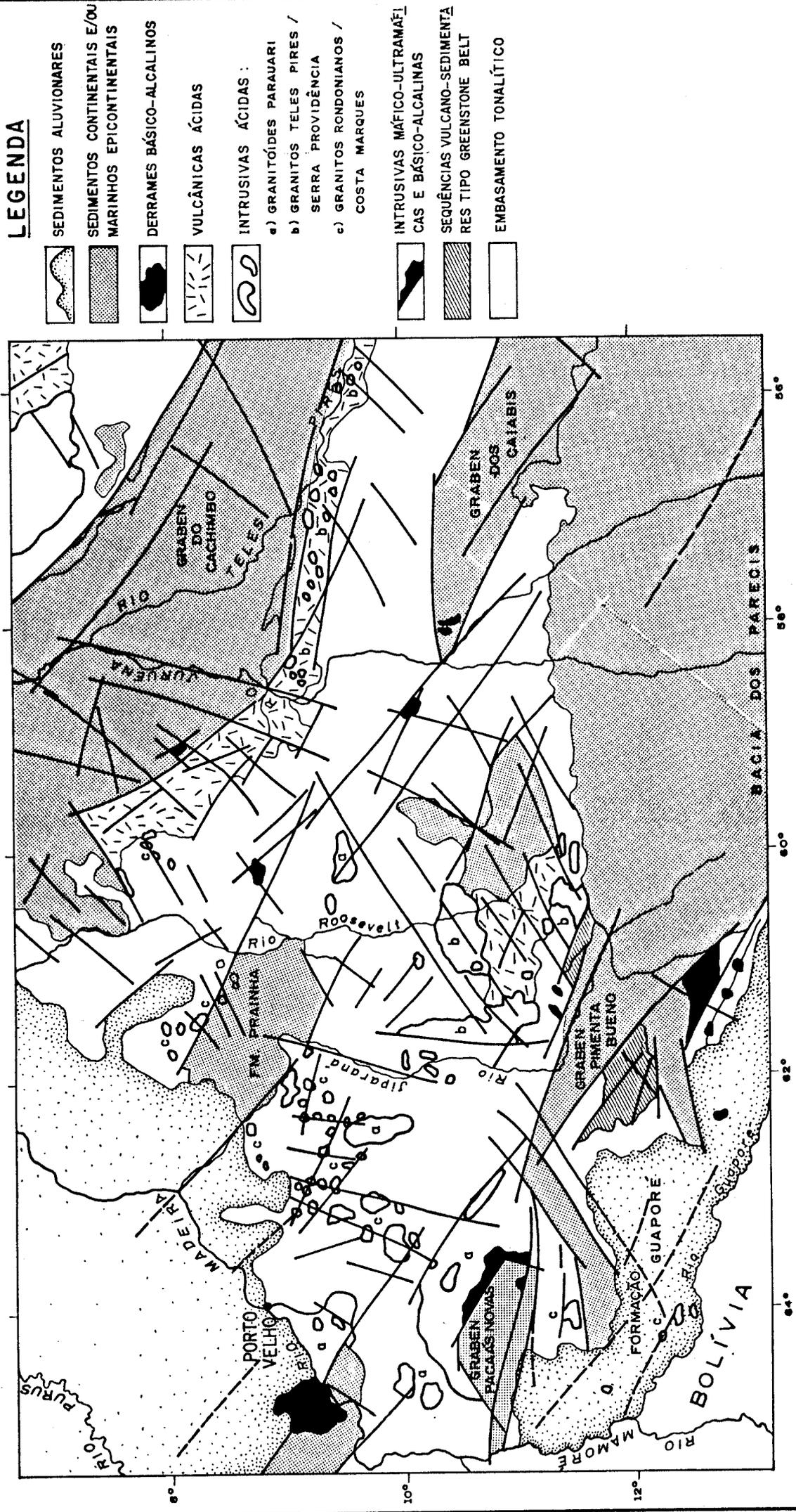
Figura 3. O quadro geológico é dominado por terrenos pré-cambrianos e coberturas sedimentares inconsolidadas, ainda pouco conhecidas do ponto de vista da exploração mineral.

As diferentes unidades geológicas - desde arqueanas até quaternárias - são limitadas e internamente afetadas por falhamentos dispostos segundo quatro direções principais: N80 a 85W, N55 a 60W, N10 a 15E, e N55 a 65E. Como se vê, essas direções correspondem a quatro dos cinco sistemas principais assinalados na Figura 2. Representam, no caso, os controles geotectônicos que determinaram a evolução dessa porção do craton.

A releitura crítica das sínteses formuladas por Schobbenhaus & Campos (1984), e por Santos & Loguercio (1984), apresenta a seguir, conduz a uma nova interpretação de sua história evolutiva e, conseqüentemente, de seu potencial econômico:

- Arqueano (?): formação no embasamento tonalítico de calhas alongadas segundo N50 a 80W, e deposição da seqüência vulcano-sedimentar Comemoração - possivelmente do tipo "greenstone belt", em analogia ao Grupo Vila Nova, no Amapá, e às seqüências auríferas da região de Carajás e sudeste do Pará.
- Arqueano (?): fusão mantélica e formação do complexo máfico-ultramáfico Cacoal, controlado por falhamentos segundo N55 a 60W, e N55 a 65E. Sem datações confiáveis.
- Ciclo Aroense (?): deformação e metamorfismo de baixo grau; possível fusão crustal com geração de amplos granitóides - tipo Parauari, Juruena, Jamanxim e Mangabal -, enquadrados no limite entre Arqueano e Proterozóico por Santos & Loguercio (1984), embora as datações disponíveis forneçam idades transamazônicas, apa

Figura 3 - SÍNTESE GEOLÓGICA DA PORÇÃO SUDOESTE DO CRATON AMAZÔNICO



LEGENDA

- SEDIMENTOS ALUVIONARES
- SEDIMENTOS CONTINENTAIS E/OU MARINHOS EPICONTINENTAIS
- DERRAMES BÁSICO-ALCALINOS
- VULCÂNICAS ÁCIDAS
- INTRUSIVAS ÁCIDAS :
- a) GRANITÓIDES PARAUAÍ
- b) GRANITOS TELES PIRES / SERRA PROVIDÊNCIA
- c) GRANITOS RONDONIANOS / COSTA MARQUES
- INTRUSIVAS MÁFICO-ULTRAMÁFICAS E BÁSICO-ALCALINAS
- SEQUÊNCIAS VULCANO-SEDIMENTÁRIAS TIPO GREENSTONE BELT
- EMBASAMENTO TONALÍTICO

Modificado de SCHOBENHAUS et al (1981)

rentemente devido a rejuvenescimento isotópico. De qualquer forma, parte desses corpos pode realmente ter se formado durante o evento Transamazônico.

- 1.800 Ma: fusão crustal controlada por rupturas segundo N80 a 85W (e subordinadamente N55 a 65E), com ascensão de vulcânicas ácidas Iriri - correlacionáveis às rochas Iricoumé, no norte do craton -, marcando o evento Uatumã.
- 1.800 a 1.600 Ma: rifteamento segundo N80 a 85W, e desenvolvimento do graben do Cachimbo, preenchido por sedimentos predominantemente marinhos intracontinentais do Grupo Beneficente.
- 1.600 Ma: fusão mantélica e formação de diques e sills básicos Crepori, controlados por falhamentos segundo N55 a 60W, e N55 a 65E.
- 1.500 Ma: fusão da interface crosta/manto e ascensão de corpos graníticos tipo Teles Pires (controlados por falhamentos segundo N80 a 85W, e N55 a 65E) e, possivelmente, tipo Serra da Providência (N10 a 15E, e N55 a 65E).
- 1.200 Ma: nova fusão e ascensão de corpos sieníticos tipo Canamã, controlados - como os corpos Cacoal e Crepori - por falhamentos segundo N55 a 60W, e N55 a 65E.
- 1.200 a 1.000 Ma: rifteamentos localizados e ascensão de rochas básico-alcálicas tipo Cachoeira Seca - incluindo os derrames basálticos da Formação Nova Floresta e Arinos, que marcam, respectivamente, o início do desenvolvimento dos grabens Pacaás Novos e Caiabis, sub-paralelos ao graben do Cachimbo.

- 1.200 a 900 Ma: fusão crustal e ascensão de vulcânicas ácidas e corpos graníticos Costa Marques, ao sul de Pacaás Novos, e vulcânicas Caripunas e granitos Rondonianos, ao norte, controlados por falhamentos N10 a 15E, e N55 a 65W.
- Após 900 Ma: preenchimento dos grabens Pacaás Novos e Caiabis por sedimentos arcoseanos continentais ("red beds") das formações Pacaás Novos e Dardanelos, respectivamente; ao norte, deposição dos sedimentos Praia, cobrindo granitos Rondonianos.
- Paleozóico (indiviso): desenvolvimento do graben Pimenta Bueno, configurando uma extensão para leste do graben Pacaás Novos, com sedimentação predominantemente marinha da Formação Pimenta Bueno; e desenvolvimento da bacia epicontinental do Alto Tapajós, instalada sobre os sedimentos Beneficente no graben do Cachimbo.
- 250 a 150 Ma: nova fusão e ascensão de derrames basálticos e intrusivas associadas da Formação Anari, controlada por falhamentos segundo N55 a 60W, e N55 a 60E.
- 140 a 65 Ma: intrusão de corpos kimberlíticos no graben Pimenta Bueno, condicionados por lineamentos N55 a 60W.
- Plio-Pleistoceno: deposição dos sedimentos aluvionares da Formação Guaporé, a montante do Lineamento Pacaás Novos; a jusante, desenvolvimento de aluviões em paleovales posteriormente soterrados.

Esta interpretação da evolução regional tende a ser enriquecida com o avanço dos estudos, dirigidos sobretudo à indivi

dualização de unidades de expressão provincial, e ao refinamento dos dados petrológicos e geocronológicos. De qualquer forma, o modelo evolutivo proposto permite uma aproximação consistente com a realidade geológica do craton Amazônico.

A sequência apresentada, válida para a porção enfocada, não pode ser indiscriminadamente aplicada em outras áreas, onde alguns eventos aqui destacados podem estar ausentes; enquanto outros, aqui inexpressivos, podem ser preponderantes. Além disso, certos processos podem se repetir em áreas distintas, materializando-se como unidades geológicas similares, porém com idades diferentes - como alertado por Dall'Agnol (1986) em relação aos processos magmáticos. Isto compromete a definição de eventos sincrônicos de âmbito regional. Permanecem válidos, todavia, os mecanismos evolutivos - semelhantes para todo o craton.

A aparente complexidade da geologia da Amazônia representaria, portanto, apenas o estágio final de uma prolongada sucessão de eventos similares - relacionados a reativações diversas de mecanismos simples, afetando superfícies variadas. Atende-se assim ao objetivo exploratório: a origem e o posicionamento de inúmeras fontes primárias de ouro e estanho passam a ser explicados segundo uma abordagem ampla da geologia da Amazônia.

Em verdade, este modelo tem se revelado adequado em diversas províncias trabalhadas, fornecendo diretrizes seguras para avaliação de suas possibilidades econômicas. A caracterização tipológica das fontes auríferas e estaníferas, sintetizada a seguir, reforça os argumentos apresentados e permite uma compreensão mais clara do arcabouço regional.

2.2. Tipologia das fontes auríferas

Os jazimentos de ouro não-aluvionar do Brasil são enquadrados por Leonardos et al. (1988) em três classes principais,

distintas quanto à gênese: hidrotermais, em zonas de cisalhamento ("shear belts") ou de cavalgamento ("thrust belts"); vulcanogênicos; ou em conglomerados piritosos (tipo Witwatersrand).

A maioria dos jazimentos primários conhecidos na Amazônia resulta de atividades hidrotermais em zonas de cisalhamento, sobretudo de alto ângulo. Este tipo de condicionamento é evidenciado em todo o craton Amazônico, segmentado - como visto - por inúmeros cinturões de cisalhamento, reativados em diversos episódios. Como assinalado por Veiga et al. (1988), as fontes filonares resultantes ocupam contextos geológicos distintos, distribuindo-se amplamente nas províncias auríferas trabalhadas:

- a) Nas províncias do Cassiporé e parte do Tapajós os corpos primários estão encaixados em rochas supracrustais metamorfizadas em alto grau - sequências do Cassiporé e Cuiu-Cuiu, respectivamente -, e intrusões granitóides associadas;
- b) No leste e sudeste do Pará os corpos primários desenvolvem-se em sequências vulcano-sedimentares - algumas correspondendo a "greenstone belts" típicos - submetidas a metamorfismo de baixo grau ou incipiente, como registrado em Andorinhas, Bacajás, Redenção, Diadema, Inajá, Serra Pelada, etc.;
- c) Na Província do Teles Pires-Juruena as fontes filonares instalam-se preferencialmente nos granitos Teles Pires e vulcânicas Iriri, não metamorfizados, e secundariamente no Complexo Xingu - condicionadas ao cinturão de cisalhamento que marca a aba sul do graben do Cachimbo. O mesmo condicionamento é observado nos lineamentos que sublinham o graben Pacaás Novos e na chapada de Dardanelos.

Os corpos primários revelados apresentam em geral dimensões reduzidas, porém são notavelmente enriquecidos em ouro. Na região do Cassiporé predominam corpos de quartzo com pirita e arsenopirita, alcançando localmente teores da ordem de 1.000 ppm, com disseminações visíveis de ouro. Os veios são abundantes e podem ser enquadrados em pelo menos quatro gerações distintas (Veiga et al. 1985), submetidas a deformação progressiva, conforme ilustrado na Figura 4.

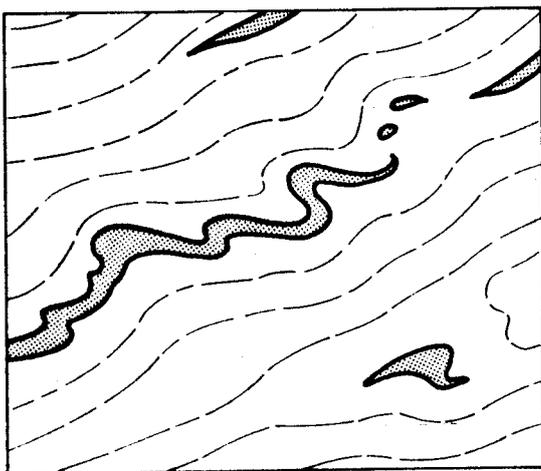
Na região do Teles Pires e Juruena as ocorrências primárias não se restringem a corpos de quartzo. Os processos de cisalhamento descritos por Daoud & Veiga (1988) na mina de Novo Planeta propiciaram a formação de extensa zona hidrotermalizada, na borda de um corpo granítico tipo Teles Pires. Os filões auríferos recentemente descobertos têm espessuras decimétricas a métricas, e são constituídos essencialmente por albita e epidoto, com concentrações expressivas de pirita, arsenopirita, galena e esfalerita. Os teores de ouro são da ordem de 50 a 100 ppm.

O corpo granítico e a zona de cisalhamento têm direção em torno de E-W, enquanto os veios distribuem-se em três direções principais: N20E, N55W, e N70E (vide Figura 5). A investigação de áreas próximas - garimpos do Filão e do Natal, na região do rio Aripuanã, a oeste - demonstra a existência de corpos similares no âmbito do Complexo Xingu. Todavia, são bem mais abundantes na abasul do graben do Cachimbo - domínio das rochas vulcânicas e intrusivas associadas -, onde a existência de fontes múltiplas resultou em jazidas aluvionares expressivas.

A ação intempérica sobre as fontes primárias tende a resultar, em toda a Amazônia, em significativos enriquecimentos superficiais condicionados à mobilização do ouro em ambiente laterítico (vide Figura 6). Os pláceres aluvionares delas derivados re-

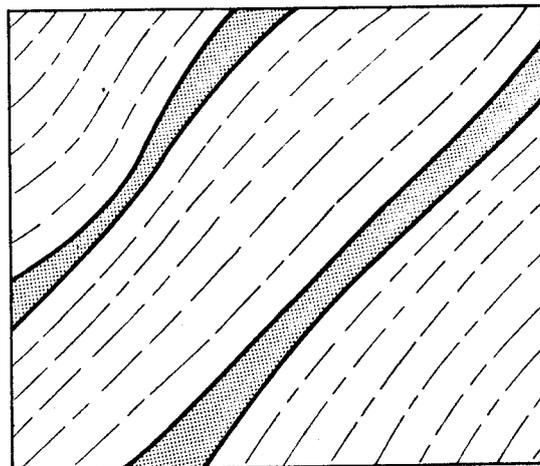
Figura 4 - VEIOS AURÍFEROS NA REGIÃO DE CASSIPORÉ - AP

1ª GERAÇÃO : VÊNULAS DESCONTÍNUAS DE QUARTZO, ACOMPANHANDO A FOLIAÇÃO PRINCIPAL DO GNAISSE MILONÍTICO (S_n)



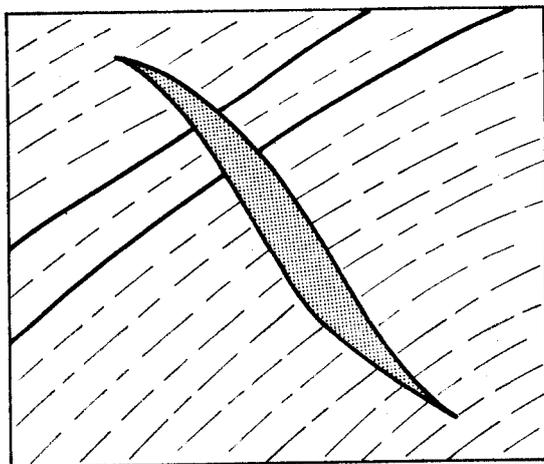
10 cm

2ª GERAÇÃO : VEIOS CONCORDANTES À FOLIAÇÃO TRANSPOSTA (S_{n+1})



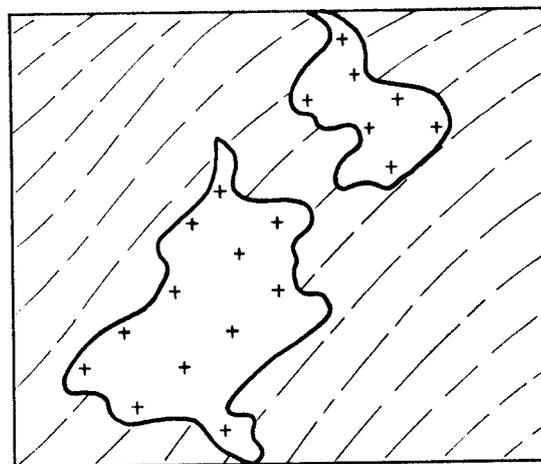
30 cm

3ª GERAÇÃO : VEIOS DISCORDANTES À FOLIAÇÃO TRANSPOSTA, CORTAM VEIOS DE 2ª GERAÇÃO



30 cm

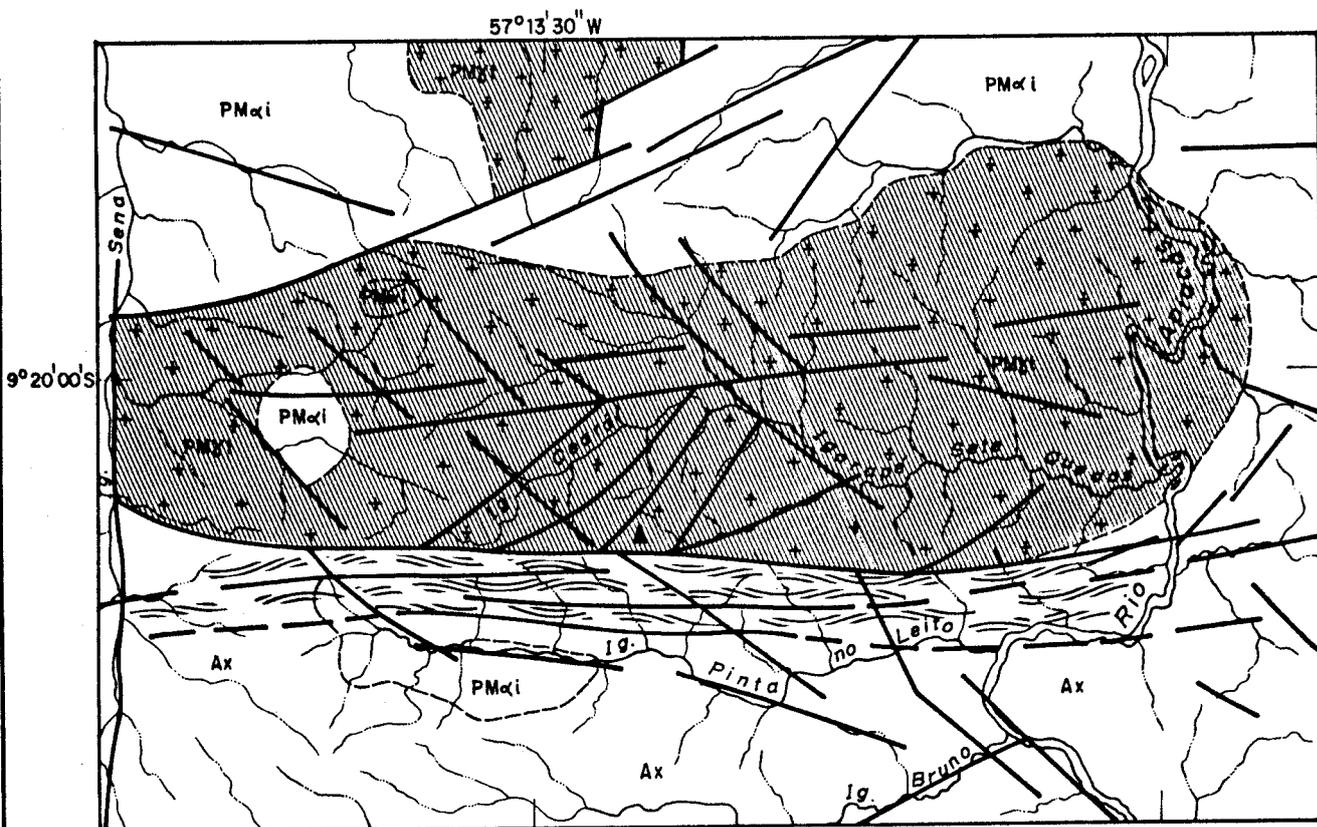
4ª GERAÇÃO : BOLSÕES PEGMATÓIDES IRREGULARES, CORTAM OS OUTROS VEIOS



50 cm

Figura 5 - CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL DAS MINERALIZAÇÕES EM NOVO PLANETA - MT

GEOLOGIA DA ÁREA - MODIFICADO DE DAUD E VEIGA (1988)



LEGENDA

SUPERGRUPO UATUMÃ

GRANITOS TELES PIRES

VULCÂNICAS IRIRI

COMPLEXO XINGÚ

GRANITÓIDES/MIGMATITOS

CONVENÇÕES

ACAMPAMENTO CENTRAL

CONTATO GEOLÓGICO

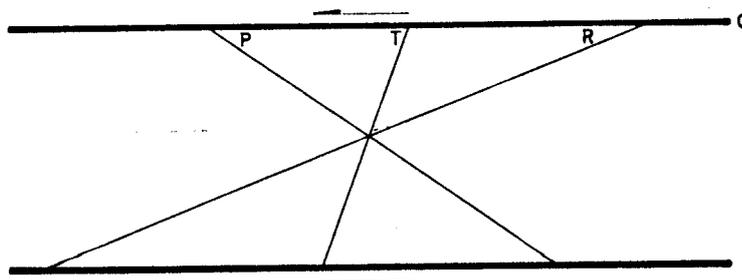
FALHA / FRATURA

ZONA DE CISALHAMENTO PRINCIPAL



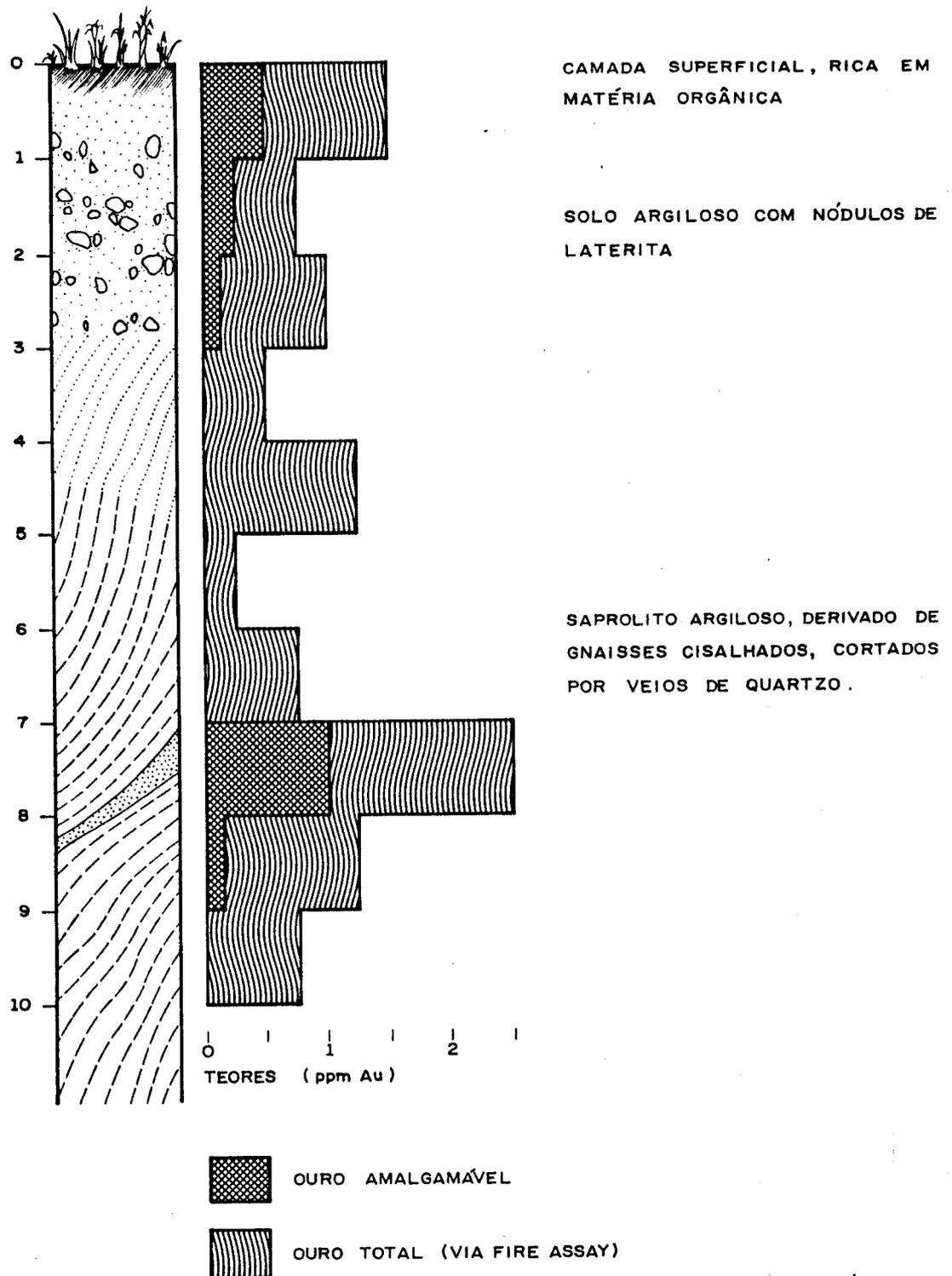
Nv

PRINCIPAIS DIREÇÕES DOS VEIOS AURÍFEROS NA ZONA DE CISALHAMENTO



C - EW
R - N70E
T - N20E
P - N55W

Figura 6 - DISTRIBUIÇÃO DO OURO NO PERFIL LATERÍTICO DE CASSIPORÉ-AP



Modificado de VEIGA et al (1985).

presentam portanto apenas o estágio final de acumulação do ouro, a partir de concentrações prévias em zonas de elúvio e colúvio.

Como destacado por Veiga et al. (1988) o ouro contido nos veios ou disseminado nas encaixantes apresenta geralmente granulometria fina a ultrafina, e grau de pureza em torno de 75 a 85% Au. O enriquecimento laterítico promove, além de aumento da granulometria, considerável purificação da liga nativa - através da lixiviação preferencial de metais mais solúveis associados, como prata, cobre e outros (Mann, 1984).

É comum, em consequência, a existência de ouro laterítico com grau de pureza entre 92 e 98%, como registrado em Novo Planeta (Marauí & Veiga, 1985) e Cassiporé (Veiga et al., 1985). A área de ocorrência, da mesma forma, pode ser significativamente ampliada pela mobilização laterítica.

2.3. Tipologia das fontes estaníferas

As mineralizações estaníferas conhecidas na Amazônia distribuem-se em três províncias - Rondoniense (RO, AM, MT), Xingu (PA), e Pitinga-Mapuera (AM) -, além de ocorrências registradas no norte de Roraima e na região do Tapajós. Estão relacionadas a intrusões graníticas, algumas delas claramente condicionadas a falhamentos de expressão regional.

A maioria corresponde ao modelo clássico de acumulações de metais raros vinculadas a emanações tardias de corpos graníticos diferenciados. As concentrações primárias de cassiterita e minerais associados ocorrem no interior desses corpos ou em sua zona de contato, sob variadas formas e dimensões. Desde disseminações em vênulas caulinizadas e pegmatitos (Massangana), até veios de cassiterita maciça em greisens filonares (granito Água Boa, em Pitinga), e "pipes" de exogreisen (Massangana); conforme descrito

por Carvalho Fo. et al. (1984), Daoud & Antonietto (1985 e 1988), Horbe et al. (1985), Pelachin et al. (1986), Pelachin & Daoud (1988), Macambira et al. (1987), Veiga (1988), Daoud (1988), dentre outros. As Figuras 7, 8 e 9 ilustram essas fontes primárias de pequeno a médio porte.

Há porém duas notáveis exceções a esse modelo clássico, ambas representando jazimentos estaníferos de grande porte, com destaque mundial: a jazida primária de cassiterita e minerais associados da serra do Madeira, em Pitinga - AM (Figura 10), e o jazimento primário de Bom Futuro, em Ariquemes - RO (Figura 11).

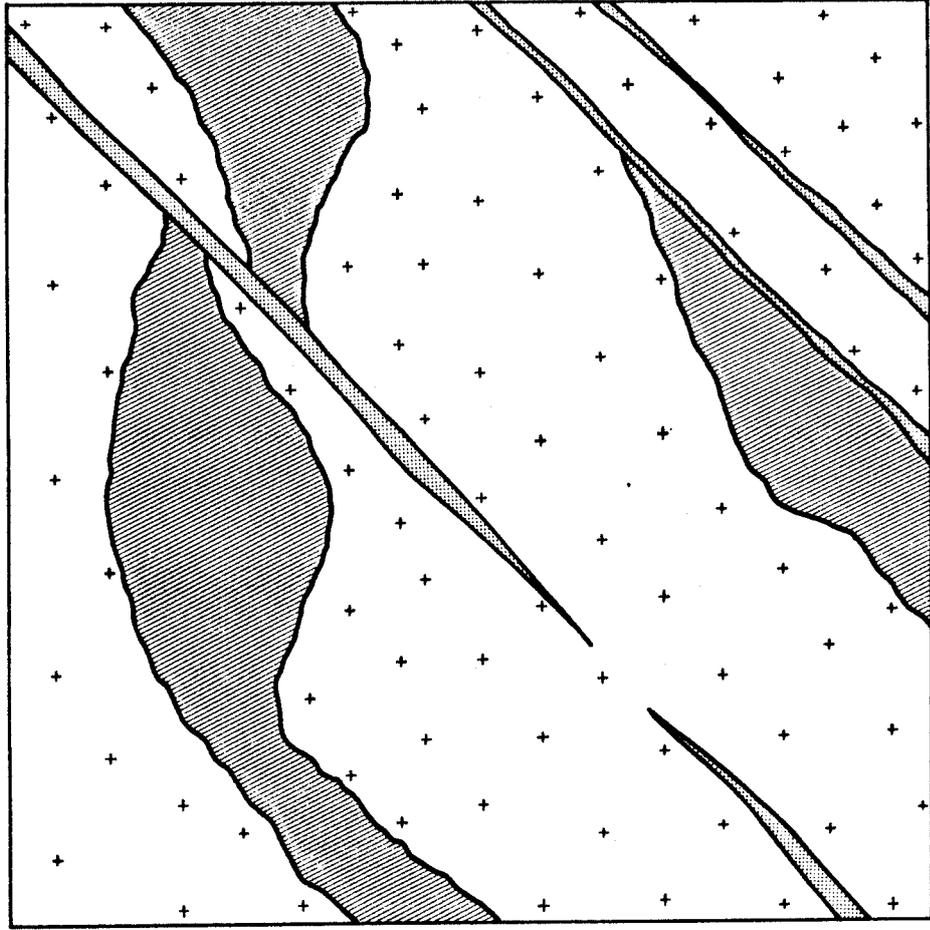
O jazimento primário de Pitinga - notável fonte de estanho e ampla gama de metais associados, com 2,5 km² -, é considerado por Daoud (1988) como um corpo de albita granito de origem magmática, afetado por processos metassomáticos superimpostos. As concentrações metálicas, segundo os dados disponíveis, teriam resultado de cristalização direta do magma.

A jazida de Bom Futuro, descoberta em 1987, corresponde a um segmento de uma zona de cisalhamento NNW-SSE, que corta biotita-gnaisses do Complexo Xingu. Essa importante fonte estanífera apresenta feições de intensa deformação, de caráter progressivo, compreendendo diversas manifestações hidrotermais tectonicamente controladas, por vezes envolvidas em estágios posteriores de deformação. A matriz gnáissica, cisalhada e hidrotermalizada, envolve corpos de greisens, veios de quartzo, bolsões pegmatóides e brechas, alcançando 1,5km de largura.

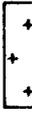
Em sua borda ocorre um corpo granítico com cerca de 0,5km², alongado segundo NW-SE. Trata-se, possivelmente, do ápice de uma cúpula granítica, cuja tendência seria a de se expandir em profundidade. Ressalta-se, de qualquer forma, o vínculo direto entre a mineralização estanífera e a zona de cisalhamento, que afete

Figura 7 - PEGMATITOS ESTANÍFEROS EM MASSANGANA - RO

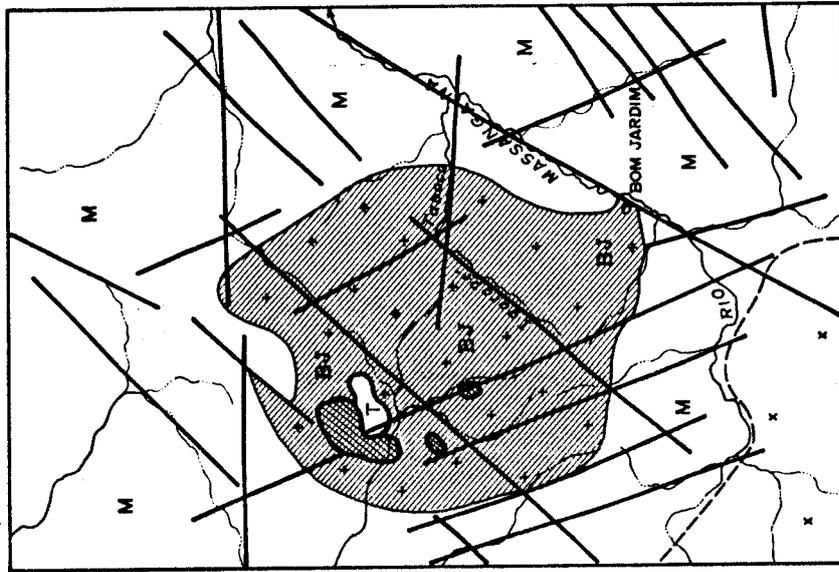
SUBSTRATO DO ALUVIÃO DO IGARAPÉ TABOCA (ALTO CURSO)



LEGENDA :

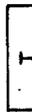
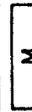
-  VEIOS DE QUARTZO COM CASSITERITA GROSSEIRA
-  VEIOS E BOLSÕES PEGMATÓIDES CAULINIZADOS (Sn, W, Nb-Ta)
-  GRANITO BOM JARDIM, CAULINIZADO AO REDOR DOS VEIOS

SITUAÇÃO GEOLÓGICA

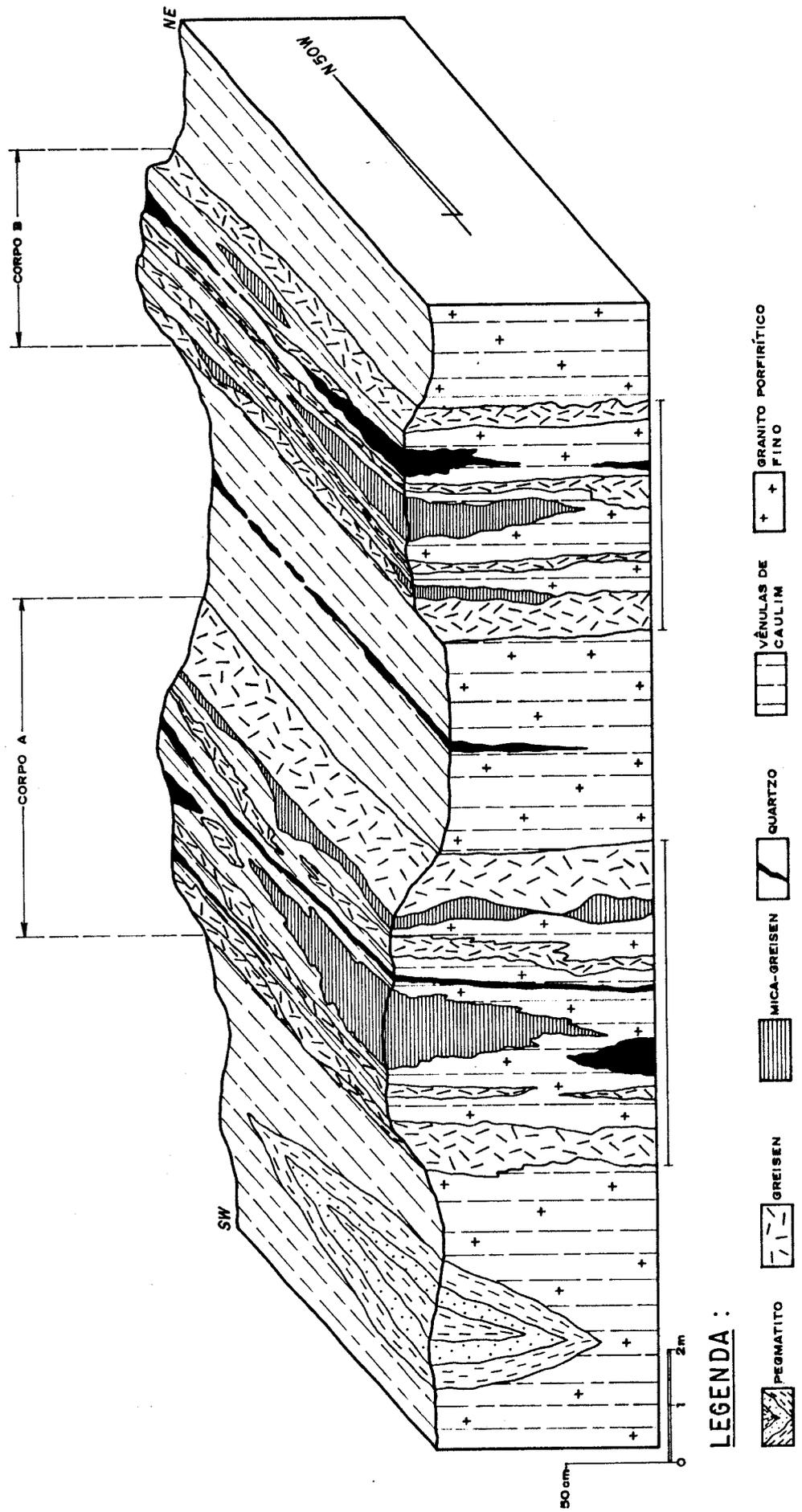


LEGENDA :

COMPLEXO GRANITOÍDE MASSANGANA :

-  T SIENTOS/MONZONITOS TABOCA
-  B-1 GRANITO ESTANÍFERO BOM JARDIM
-  M GRANITO MASSANGANA
-  X COMPLEXO XINGU :
GNAISSES, GRANULITOS E ROCHAS BÁSICAS

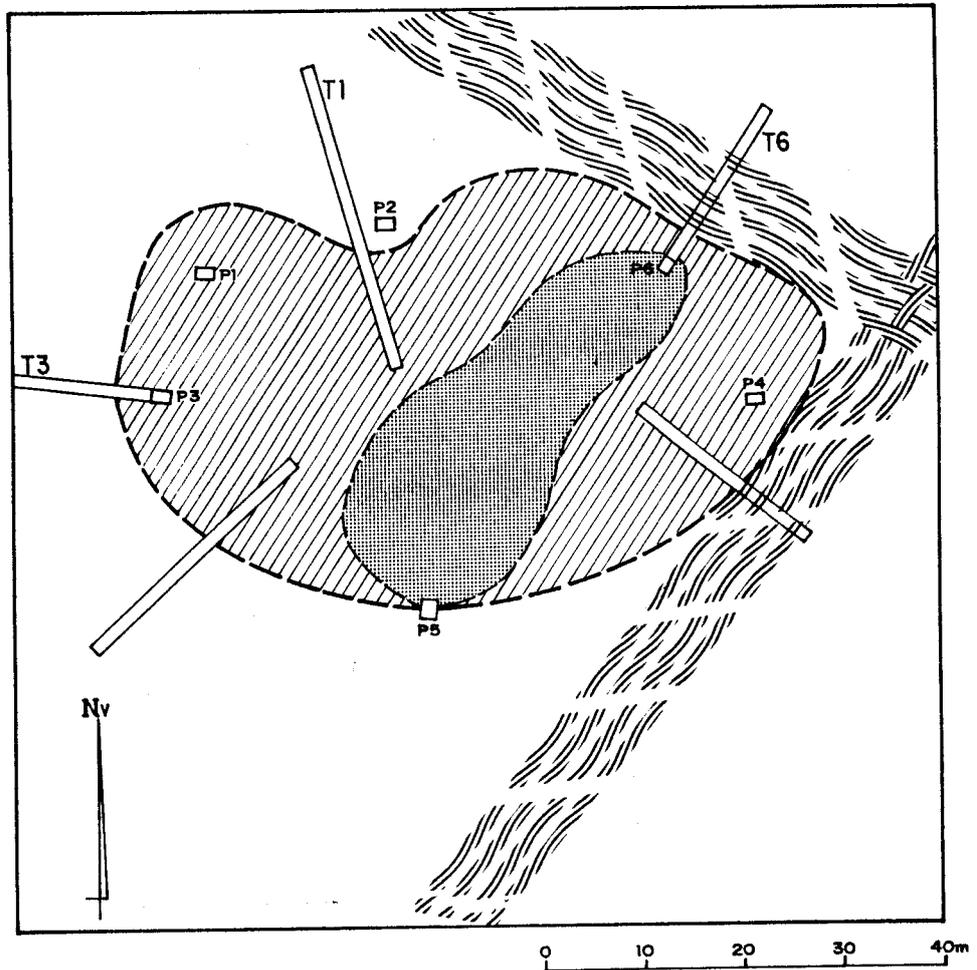
**Figura 8 - GREISENS FILONARES NO GRANITO ÁGUA BOA, EM PITINGA - AM
(LEITO DO IGARAPÉ QUEIXADA)**



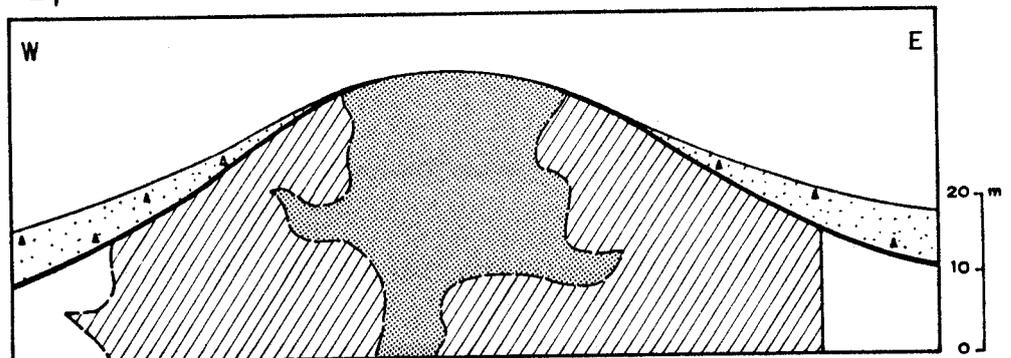
FONTE : DAUD (1988).

Figura 9 - "PIPE" DE EXOGREISEN EM MASSANGANA - RO

GEOLOGIA DO MORRO DO PAU BAIXO



SEÇÃO ESQUEMÁTICA

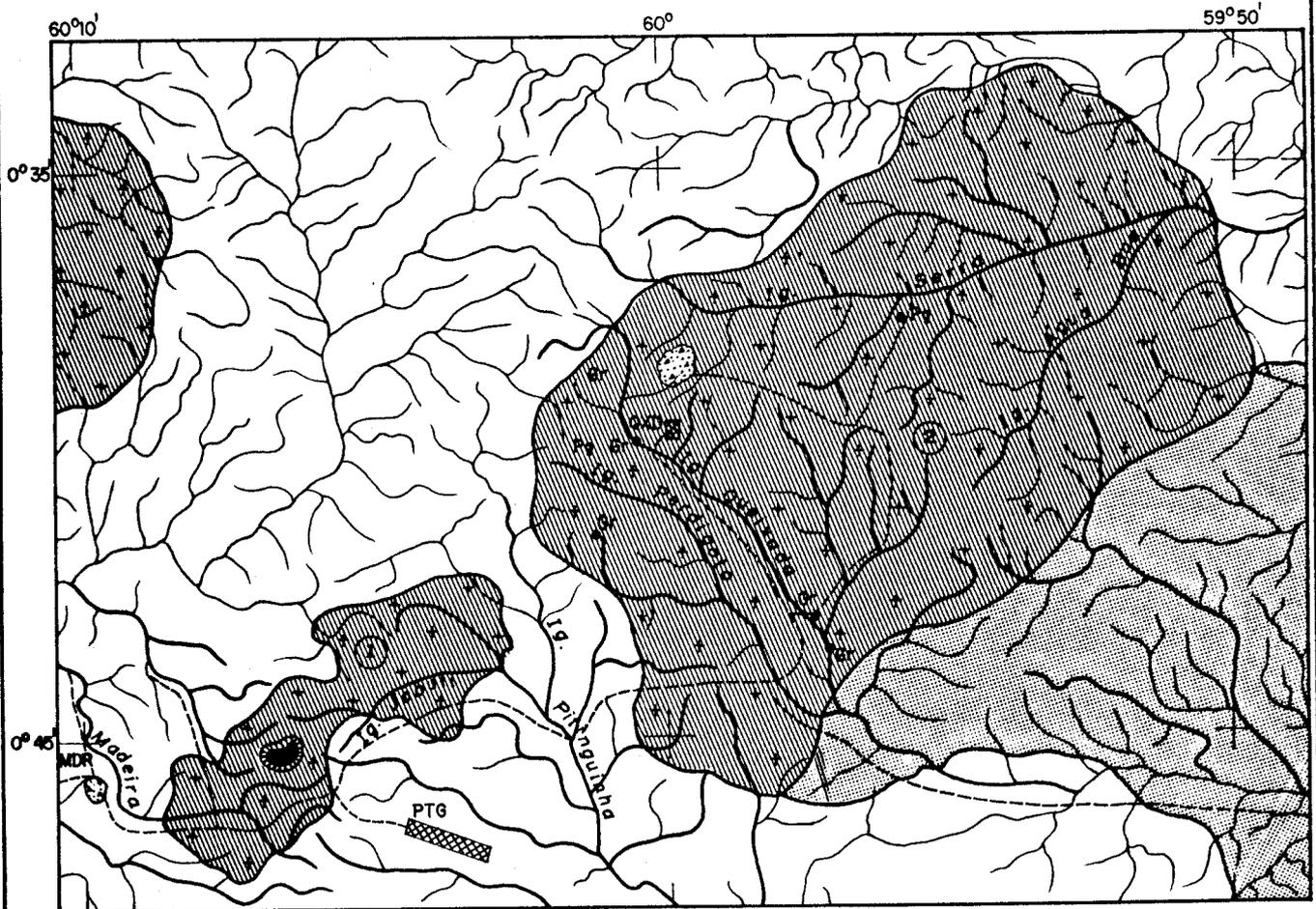


LEGENDA

- | | |
|---|---|
|  COLÚVIOS |  ZONA DE CISALHAMENTO |
|  QUARTZO HIALINO (Sn, W) |  TRINCHEIRA |
|  GREISEN (Sn, W) |  POÇO DE PESQUISA |
|  GNAISSES / GRANULITOS | |

Figura 10 - GEOLOGIA DE PITINGA - AM

(DISTRIBUIÇÃO DOS DEPÓSITOS ESTANÍFEROS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS ASSOCIADOS AOS GRANITOS ÁGUA BOA E MADEIRA)



LEGENDA

INFRAESTRUTURA :

- ESTRADA
- ACAMPAMENTOS
- PTG -PITINGA
- MDR -MADEIRA
- QXD -QUEIXADA

DEPÓSITOS :

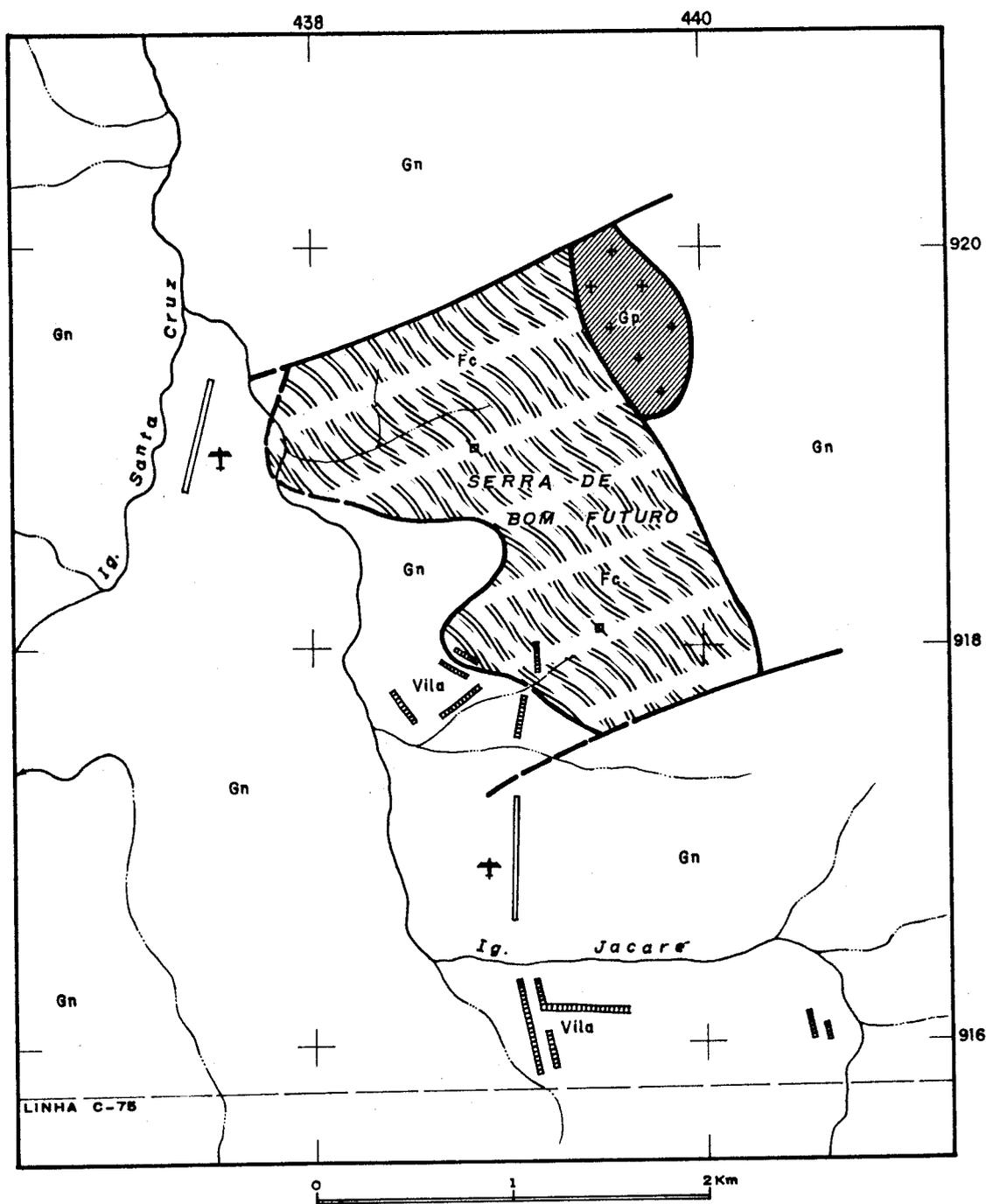
- DEPÓSITO ALUVIONAR DE CASSITERITA E MINERAIS ASSOCIADOS
- DEPÓSITO COLUVIONAR
- ALBITA GRANITO: MINERALIZAÇÃO PRIMÁRIA POLIMETÁLICA
- eGr -VEIO DE GREISEN: MINERALIZAÇÃO PRIMÁRIA DE Sn e Nb
- ePg -PEGMATITO

VARIEDADES LITOLÓGICAS :

- GRANITO: ① MADEIRA
② ÁGUA BOA
- ARENITO, SILTITO, ARGILITO, CONGLOMERADO E TUFO
- RIOLITO, RIODACITO, TUFO

0 2 4 6 Km

Figura 11- GEOLOGIA DE BOM FUTURO - RO



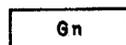
LEGENDA



GRANITO PALANQUETA



FAIXA CISALHADA (GNAISSES CISALHADOS, GREISENS, VEIOS DE QUARTZO, PEGMATITOS, BRECHAS)



BIOTITA - GNAISSES

ta indistintamente as encaixantes gnáissicas e o próprio granito intrusivo - atestando seu caráter polifásico e sua importância como vetor da mineralização primária.

Como no caso das fontes auríferas, é marcante o controle estrutural das fontes estaníferas. O modo de ocorrência dos granitos estaníferos de Pitinga - corpos elípticos alongados segundo N50E, concordantemente com grandes lineamentos regionais - é compatível com a idéia de que a ascensão magmática foi controlada por planos de fraqueza profundos, capazes de alcançar a base da crosta (Daoud, 1988).

Além disso, os granitos estaníferos da Amazônia usualmente representam complexos polifásicos. Isto atesta a persistência, ao longo do tempo, dos controles estruturais que determinaram a formação e o posicionamento dos diversos pulsos magmáticos - progressivamente diferenciados - que marcaram sua evolução.

Ressalta-se, uma vez mais, a importância do conhecimento desses controles para a exploração mineral na Amazônia. A jazida de Bom Futuro enquadra-se na Província Estanífera de Rondônia, razoavelmente conhecida do ponto de vista geológico, e com um histórico de 30 anos de expressiva produção mineral. A descoberta fortuita, em 1987, de uma jazida desse porte, é um claro atestado de que a exploração mineral, nessa vasta região, resente-se ainda da falta de programas efetivamente dirigidos à revelação de suas amplas possibilidades econômicas.

Ainda na Província Estanífera de Rondônia, há registro de importantes fontes estaníferas secundárias, na forma de concentrações de cassiterita em conglomerados condicionados a canais, na base de sequências sedimentares continentais. Isto é constatado nas bordas da Formação Prainha - arenitos arcoseanos depositados em discordância sobre granitos estaníferos -, como descrito por Veiga (1988) nas minas de São Francisco e Igarapé Preto.

O intemperismo acentuado das fontes primárias tende ainda a resultar em enriquecimento residual, anterior à acumulação aluvionar - sobretudo no caso de corpos de grande superfície, como o albita granito Madeira, em Pitinga, e o segmento da zona de cisalhamento revelado em Bom Futuro.

3. EVOLUÇÃO PALEO-AMBIENTAL

3.1. Oscilações climáticas na Amazônia

As mudanças globais que marcam a Era Cenozóica resultaram na Amazônia em repetidas e profundas mudanças paleoclimáticas. Embora ainda pouco estudadas, as evidências disponíveis - de natureza sedimentológica, geomorfológica, e pedológica - são bem concordantes, e indicam a alternância cíclica de fases climáticas mais secas e mais úmidas, como apontado por Soubiès et al. (1989).

Em consequência, os terrenos amazônicos pré-cambrianos e, particularmente, suas fontes auríferas e estaníferas, têm sido submetidos a profundo intemperismo, marcado pela alternância de períodos de clima quente e úmido - favorável ao enriquecimento supergênico, em ambiente laterítico -, e períodos de clima mais seco - favorável à erosão e concentração dos resistatos.

Sob clima úmido, como o atual, prevalece o intemperismo químico, com desenvolvimento de coberturas vegetais densas. A estabilização da paisagem propiciada pela proteção florestal favorece a formação de espessos regolitos, com concentração residual de ouro e estanho nas zonas de elúvio e colúvio.

Climas mais secos, ao contrário, são marcados por acentuada sazonalidade, com concentração de chuvas torrenciais em períodos bem definidos, alternados com estiagens. Nestas condições prevalecem coberturas vegetais ralas - suscetíveis a queimadas, na estação seca -, favorecendo a erosão dos solos e a rápida deposição nos vales de grandes volumes de sedimentos.

Drenagens de pequeno a médio porte com baixo gradiente - como as estudadas - têm capacidade restrita de transporte e sele

cionamento. Seus vales, em consequência, tendem a ser rapidamente entulhados por sedimentos imaturos e mal selecionados, com baixo grau de concentração gravimétrica (Slingerland & Smith, 1986).

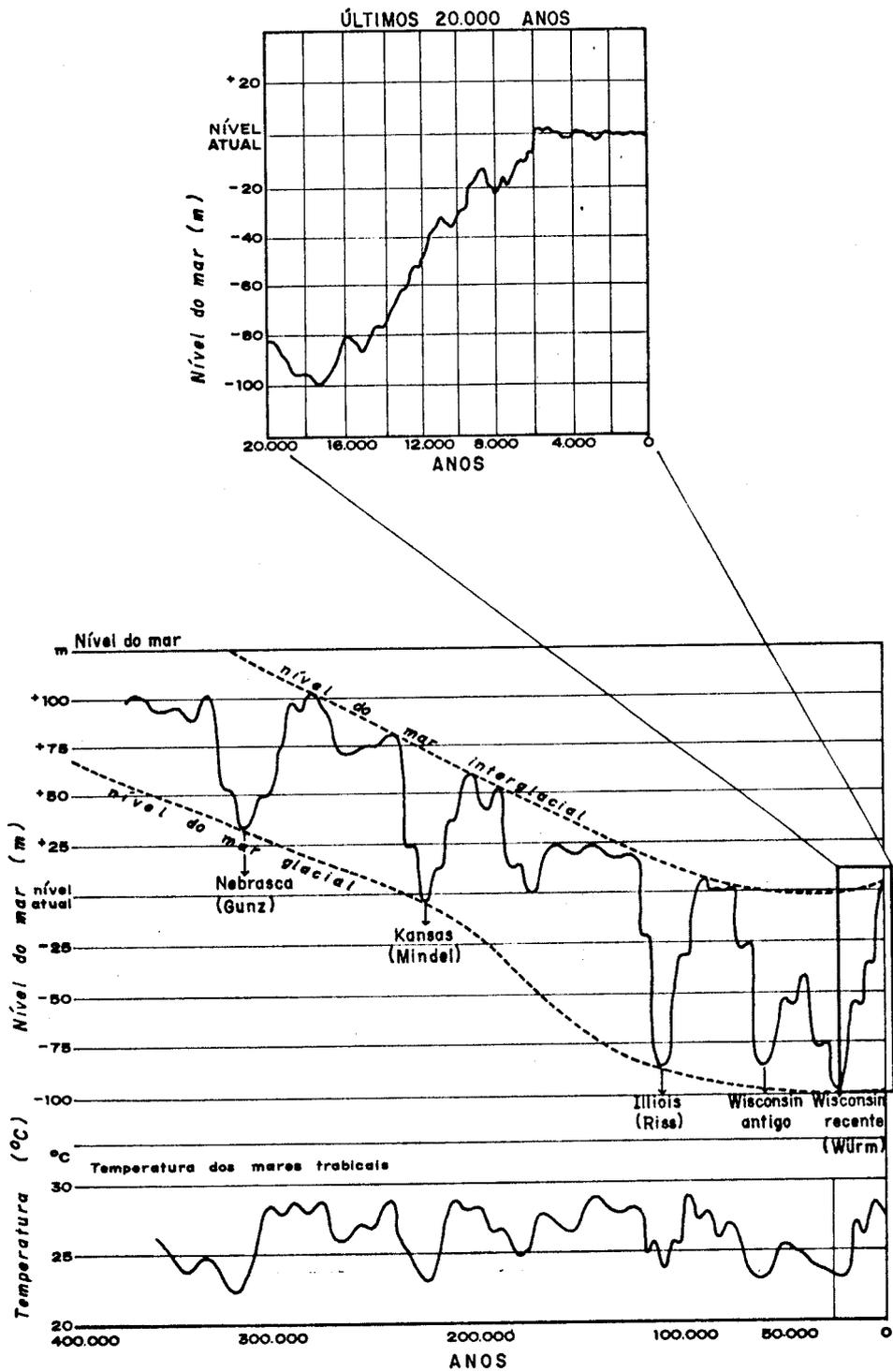
Diversos autores - entre os quais Baker (1978), Petri & Fúlfaro (1983) - desenvolveram a hipótese de correlação entre a evolução paleoclimática das regiões intertropicais e a ocorrência de ciclos glaciais nas regiões de alta latitude. Esse vínculo é hoje reafirmado sob o enfoque das mudanças globais - alterações encadeadas na Geosfera, Hidrosfera, Atmosfera e Biosfera, evidenciadas em registros astronômicos, geofísicos, geoquímicos, sedimentológicos e biológicos, nos oceanos e continentes - conforme enfatizado por Berger (1989), Hastenrath (1989) e Ruocco (1989), dentre outros.

Sioli (1985) sintetiza com clareza o mecanismo de evolução paleo-ambiental da Amazônia. Com o decréscimo da temperatura atmosférica nos períodos glaciais, os avanços cíclicos das geleiras, nas calotas polares e cordilheiras, determinaram expressivo rebaixamento no nível dos oceanos - cerca de 100m na última glaciação, como ilustrado na Figura 12. Paralelamente estabeleceram-se nos trópicos climas mais secos - e consideravelmente mais frios, na opinião de Colinvaux (1989), fundamentada em estudos desenvolvidos nos contrafortes andinos.

Isto implicaria, nas regiões periféricas da Amazônia - ou seja, em seus terrenos cratônicos -, em avanços e recuos nos limites da floresta, confinada, nos períodos secos, a matas ciliares circundadas por cerrados. Na Bacia Amazônica central não há evidências dessas flutuações.

De qualquer forma, nas terras altas os ciclos glaciais teriam como reflexo intensa erosão dos solos, com ocorrência generalizada de movimentos de massa, e consequente entulhamento dos

Figura 12 - FLUTUAÇÕES NO NÍVEL DOS OCEANOS SEGUNDO FAIRBRIDGE (1961)



vales por sedimentos imaturos. Nos períodos interglaciais, mais úmidos, a floresta reinstalada propiciaria a formação de espessos regolitos e a preservação dos aluviões antes depositados.

Apesar da firmeza desse raciocínio - seguido por Daoud & Veiga (1986), Veiga et al. (1988) -, o estudo das oscilações climáticas e consequências ambientais na Amazônia é ainda incipiente, dando margem a longa controvérsia sobre a idade da floresta atual e a origem de sua bio-diversidade.

Algumas tentativas de interpretação da evolução climática da Amazônia, em princípio aceitáveis do ponto de vista biológico, perdem credibilidade quando confrontadas com as evidências geológicas disponíveis. É o caso da teoria dos "refúgios pleistocênicos", imaginados por Van der Hammen (1972) e Whitmore & Prance (1987), como pequenas "ilhas" de florestas úmidas remanescentes, dispersas na Amazônia durante os períodos secos, em meio a grandes savanas e desertos.

É desnecessário estender a controvérsia sobre a existência ou não desses refúgios. Diversos registros geológicos estudados na Amazônia atestam a ocorrência de acentuadas mudanças ambientais durante o Cenozóico - sobretudo em suas regiões periféricas -, porém delineiam um outro caminho para a evolução, à maneira do apontado por Sioli (1985).

Essas mudanças estão materializadas na forma de ciclos sedimentares bem definidos, de ocorrência ampla, e idade terciária a quaternária. Caracterizam-se por mudanças nítidas nos processos de concentração secundária - indicativas, como se sabe, de diferentes regimes pluviométricos e tipos de cobertura vegetal.

O estudo evolutivo das bauxitas de Paragominas (PA) e Açailândia (MA), realizado por Kotschoubey & Truckenbrodt (1981), evidencia uma sucessão de cinco fases climáticas durante o Terciário. Três fases úmidas são responsáveis pela concentração laterí

tica de Al e Fe, alternadas com duas fases secas envolvendo retrabalhamento mecânico - fragmentação das crostas, transporte e redistribuição. A sequência laterito-bauxítica é recoberta pelas Argilas de Belterra, denominação de espesso pacote homogêneo, atribuído ao Plio-Pleistoceno, hoje esculpido pela rede de drenagem na forma de platôs isolados.

A partir daí, as oscilações climáticas na Amazônia passam a ser registradas em depósitos lacustres e aluvionares - incluindo os jazimentos auríferos e estaníferos de pequeno a médio porte, encontrados em suas terras altas. Estudos recentemente realizados no extremo sudoeste e no leste da Amazônia evidenciam a ocorrência de períodos secos bem definidos durante o Pleistoceno, em perfeita correspondência com a evolução proposta para toda a região com base em seus aluviões.

Campbell Jr. (1989) estudou os aluviões de grande porte da Formação Madre de Dios, que ocupam vales entalhados sobre sedimentos terciários no Peru e na Bolívia, a oeste de Rondônia. Os seguintes pontos merecem destaque:

- a) Na base da sequência aluvionar ocorrem conglomerados argilosos, com fósseis terciários retrabalhados, recobertos por dois ou três horizontes de areias finas, siltes e argilas. A espessura total do pacote varia entre 45 e 70m.
- b) Acima do conglomerado ocorrem abundantes troncos fósseis, cujas datações C14 forneceram idades de 32.740 ± 420 anos A.P., e 36.600 ± 950 anos A.P. - idade mínima de conglomerado basal.
- c) A origem do conglomerado é atribuída por Campbell Jr. (1989) a um período de acentuada drenagem do altiplano

no andino a montante, supostamente relacionado à recessão úmida que dividiria em todo o mundo o glacial Wisconsiniano, do Pleistoceno superior (vide Figura 12).

- d) Neste raciocínio, o extremo sudoeste da Amazônia a brigaria hoje um ecossistema relativamente jovem, instalado no período de alta precipitação que marca o fim do Pleistoceno e o início do Holoceno. Conta-se assim o "refúgio pleistocênico" aí proposto por Whitmore & Prance (1987), já que os aluviões estudados evidenciam, durante a última glaciação, condições ambientais bem diferentes das atuais.

É possível, entretanto, que o conglomerado argiloso estudado por Campbell Jr. (1989) seja consequência de sedimentação imatura sob clima semi-árido, e portanto mais antigo - relacionando-se, na verdade, à primeira fase seca do glacial Wisconsiniano, ou mesmo ao glacial Illinoisiano, do Pleistoceno médio. À falta de outras evidências, a questão permanece em aberto. Todavia, a idade pleistocênica e as condições ambientais distintas das atuais são inquestionáveis.

Evidências semelhantes foram coletadas por Soubiès et al. (1989), nos sedimentos que preenchem pequenos lagos - semelhantes a dolinas -, instalados nos platôs lateríticos que se estendem sobre as formações ferríferas de Carajás, no Pará. Esses platôs, hoje recobertos por vegetação rala a incipiente, são circundados por exuberante floresta. Os dados apresentados são sumarizados a seguir:

- a) Os lagos são de origem pluvial e relativamente rasos - em torno de 5 a 6 m -, exibindo diversos estágios de preenchimento por sedimentos finos.

- b) Superpõem-se três sequências sedimentares análogas, indicativas de três ciclos de bruscas mudanças ambientais na área.
- c) A alternância de três níveis com siderita e três níveis argilosos ricos em matéria orgânica - ilustrados na Figura 13 - evidencia a sucessão de três fases semi-áridas e três fases úmidas.
- d) O nível superior de siderita marca o último período de clima seco na área, e está contido entre dois níveis argilosos com idades C14 em torno de 22.870 e 10.460 anos A.P., respectivamente (Soubiès et al. 1989). Tem idade pleistocênica portanto, correlacionável ao último período glacial de abrangência mundial (Würm ou Winsconsiniano recente).
- e) Os níveis inferiores de siderita têm idades maiores que 30.000 anos A.P., e sua datação requer o refinamento dos estudos, atualmente em execução.
- f) Os dados palinológicos disponíveis confirmam a ocorrência de duas fases importantes de clima seco - correlacionadas aos dois níveis principais de siderita -, alternadas com fases de dominância de florestas, como assinalado por Absy et al. (1989) e ilustrado na Figura 14.
- g) A primeira fase importante de clima seco, não data da, apresenta dominância de vegetação tipo savana - com alta porcentagem de pólenes de gramíneas, e presença de elementos típicos (Compositae, Borreria e Cuphea).
- h) A última fase de clima seco é marcada por brusco de crescimento dos elementos arbóreos, incluindo espécies hoje desaparecidas da região (Ilex).

Figura 13 - REGISTROS SEDIMENTARES NOS LAGOS DOS PLATÔS DE CARAJÁS - PA

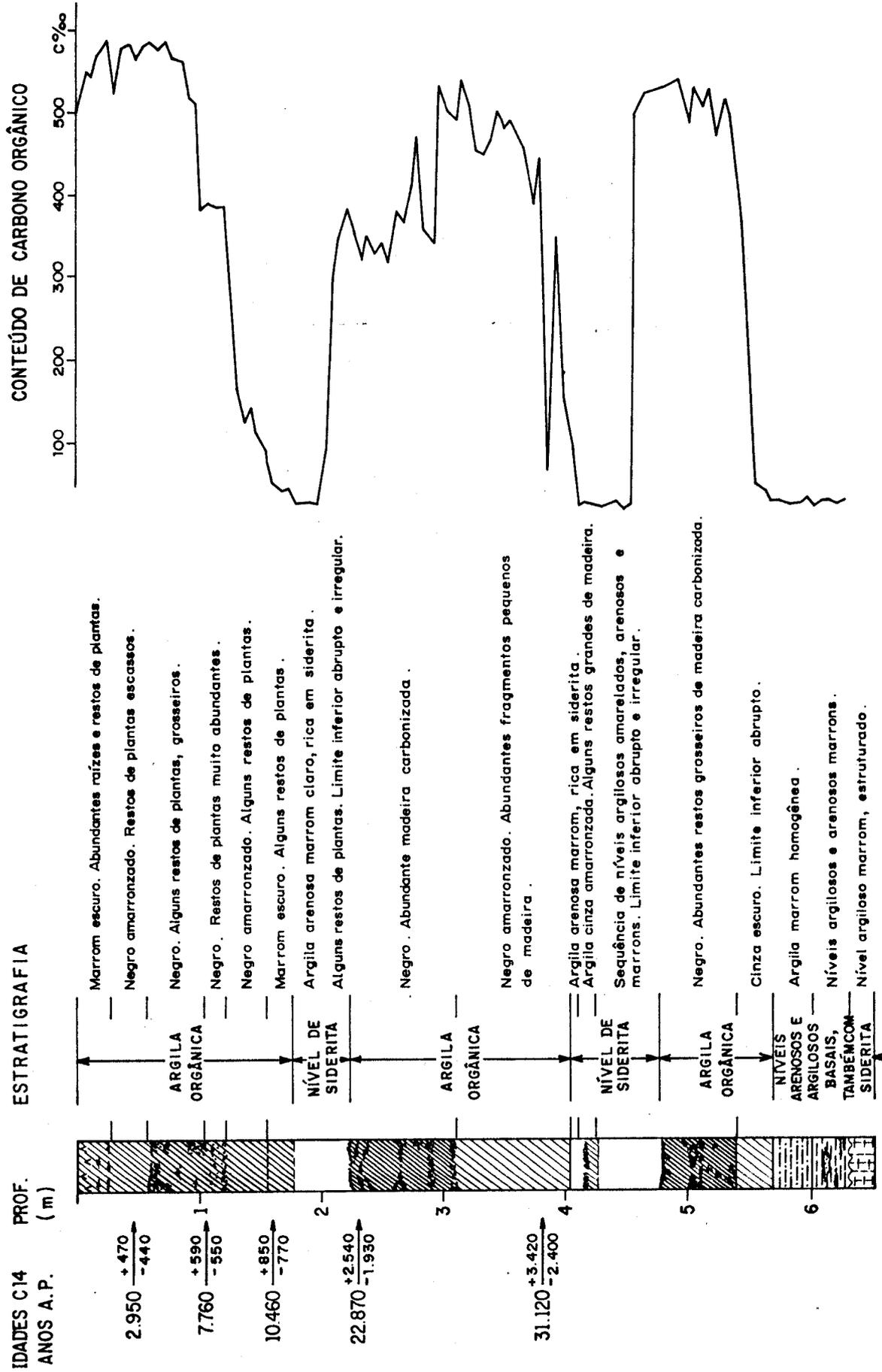
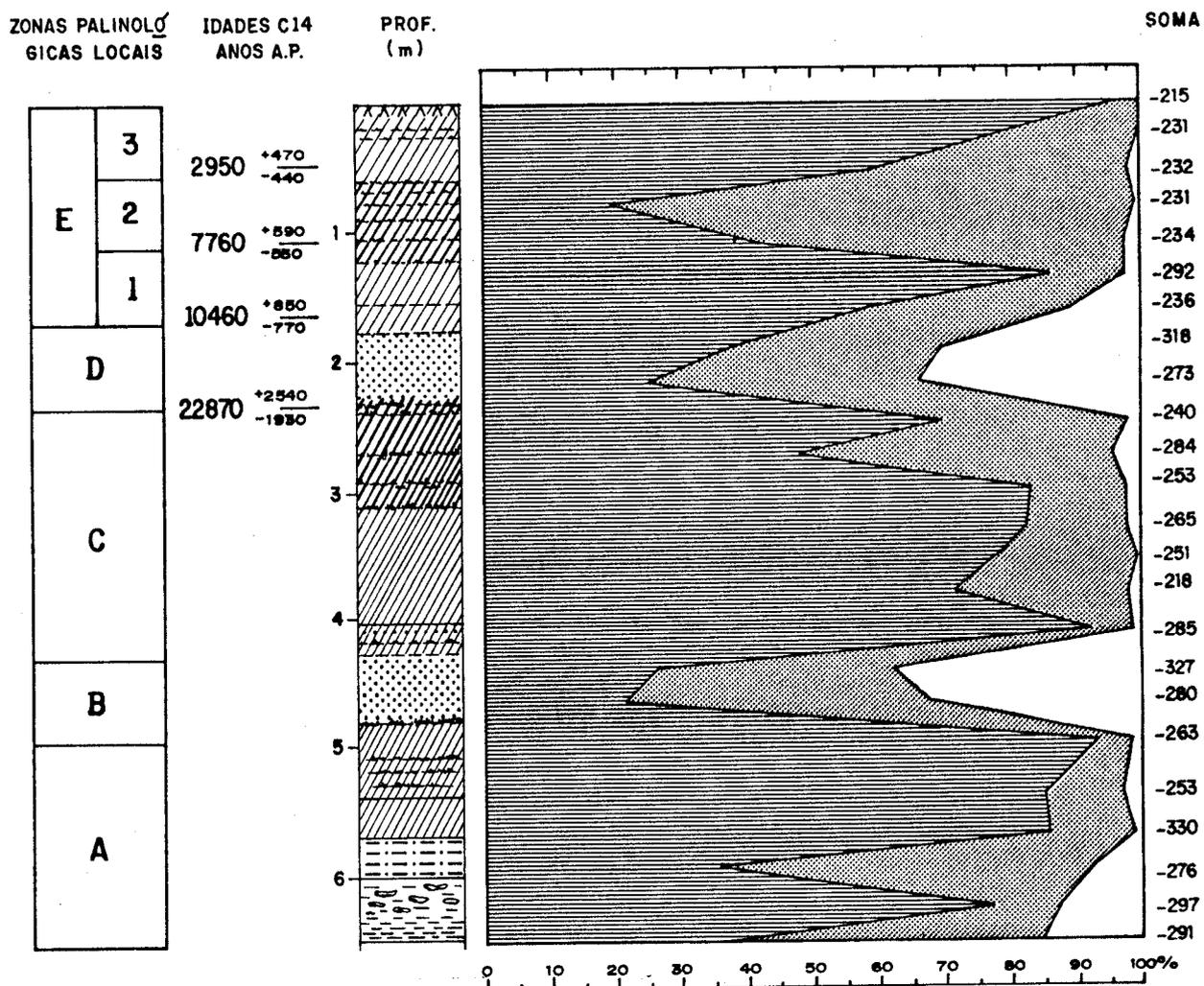


Figura 14 - REGISTROS PALINOLÓGICOS NOS LAGOS DOS PLATÔS DE CARAJÁS - PA



LEGENDA

- | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|
| | ARGILA ESCURA COM RESTOS DE PLANTAS | | ÁRVORES |
| | ARGILA NEGRA COM RESTOS DE PLANTAS | | GRAMINEAE |
| | ARGILA ARENOSA MARROM COM SIDERITA | | ARGILA ESCURA COM MADEIRA CARBONIZADA |
| | ARGILA ESCURA COM MADEIRA CARBONIZADA | | ARGILA MARROM HOMOGÊNEA |
| | ARGILA MARROM HOMOGÊNEA | | COMPOSITAE + BORRERIA + CUPHEA |
| | NÍVEIS ALTERNADOS ARGILOSOS E ARENOSOS | | ARGILA MARROM ESTRUTURADA |
| | ARGILA MARROM ESTRUTURADA | | |

Comprova-se assim a ocorrência de pelo menos duas fases importantes de clima seco durante o Pleistoceno, com acentuadas mudanças na cobertura vegetal e nos padrões de sedimentação em Carajás. A fase mais recente é correlacionável ao clima seco vigente no último período glacial - entre 20.000 e 13.000 anos A.P., aproximadamente. A fase anterior tem idade mínima em torno de 30.000 anos, similar à obtida por Campbell Jr. (1989) para o conglomerado basal da Formação Madre de Dios. Nos períodos úmidos que as separam a área teria sido extensivamente coberta por florestas.

A analogia com a evolução proposta para os aluviões das terras altas é evidente. Os dados relatados por Waghorn (1974), Payolla et al. (1984), e Bettencourt et al. (1988), para a Província Estanífera de Rondônia, permitem uma primeira abordagem de sua estratigrafia:

- a) São identificadas duas sequências deposicionais distintas, separadas por discordância erosiva.
- b) A sequência mais antiga está alojada em paleovales soterrados, em parte retrabalhados pela drenagem atual.
- c) Os sedimentos são imaturos - argilosos, com fragemtos angulosos de tamanho variado, minerais instáveis e restos de madeira - e foram carreados aos vales através de movimentos de massa.
- d) A estratigrafia de cada pacote resume-se em geral a um leito único com acamamento gradacional, concentrando-se na base sedimentos grosseiros mal seleccionados e os minerais pesados.

- e) A sequência mais antiga é usualmente recoberta por espessa camada de argila plástica, que fecha os paleovales, supostamente produzida em uma inundação de grande abrangência - uma mega-inundação, na interpretação de Campbell Jr. (1989).
- f) Os sedimentos da sequência mais nova são também imaturos, e indicam um retorno às condições ambientais anteriores, com dominância dos processos de movimentos de massa.

Daoud & Veiga (1986) descrevem em Pitinga também duas sequências aluvionares distintas, separadas por discordância erosiva, a mais antiga porém ocupando terraços laterais recobertos por espessos colúvios. Fica clara, de qualquer forma, a existência de dois ciclos aluvionares, neste caso condicionados ao entalhamento natural do vale em dois episódios erosivos.

O caráter imaturo dos sedimentos aluvionares é marcante em todas as províncias estudadas, indicando que sofreram transporte curto, sob condições torrenciais, e foram rapidamente depositados, estabilizando-se com pouco retrabalhamento. Os jazimentos aluvionares das terras altas da Amazônia registrariam, portanto, a ocorrência de dois ciclos de clima mais seco, anteriores à expansão da floresta atual (Veiga et al. 1988), em perfeita correspondência com os estudos detalhados feitos por Soubiès et al. (1989) e Campbell Jr. (1989) em áreas específicas.

Bruce Nelson (com. pes.) considera que os aluviões das terras altas constituem, até o momento, a única evidência de âmbito regional da ocorrência de períodos de clima mais seco na Amazônia - e de consequentes mudanças paleo-ambientais em suas regiões periféricas -, durante o Quaternário.

Hilgard O'Reilly Sternberg (com. pes.) questiona essa dedução, exercitando a hipótese de que os aluviões das terras altas não seriam indicativos de climas semi-áridos, e sim da destruição de porções da floresta em decorrência de secas episódicas, acompanhadas de grandes incêndios - semelhantes aos registrados neste século em Manaus e na Venezuela.

Destruições acidentais de porções da floresta parecem de fato ter ocorrido na Amazônia durante o Holoceno - período dominado por clima quente e úmido, propício portanto ao desenvolvimento de espessos regolitos. Na região de Ariquemes em Rondônia, e de Alta Floresta, em Mato Grosso, a hegemonia da paisagem florestal - vista do alto - é quebrada por extensos afloramentos rochosos, na forma de morros pelados ou "pirocas", no dizer local, vocábulo de origem tupi que significa "calvo, careca".

Essas verdadeiras anomalias geomorfológicas em paisagem dominada por feições típicas de clima úmido sugerem que esses locais foram desflorestados por queimadas localizadas, durante o Holoceno, dando margem a acelerada remoção dos solos e exposição do substrato rochoso.

Esta desestabilização local da paisagem pode ter contribuído com algum aporte de sedimentos recentes aos vales próximos e, sobretudo, para movimentação de massas coluviais que por vezes recobrem os aluviões ali instalados. Porém, não é suficiente para explicar a similaridade das feições extensamente observadas nos aluviões de pequeno a médio porte das terras altas amazônicas.

A homogeneidade constatada e o enquadramento dessas feições em um modelo amplo de evolução regional aponta a ocorrência de períodos de clima seco bem definidos na região durante o Pleistoceno - indicativos portanto de mudanças amplas, e não de acontecimentos episódicos e localizados, como aventado por Sternberg em sua análise crítica.

Reafirma-se assim a ocorrência de oscilações climáticas acentuadas na Amazônia durante o Quaternário, com deslocamento dos limites da floresta e conseqüente mudança dos processos de intemperismo, erosão e sedimentação. Esta conclusão pode ser estendida a todas as regiões periféricas da Bacia Amazônica, sobretudo ao entorno de trechos ainda hoje dominados por coberturas vegetais ralas e sazonais - mais suscetíveis, nos períodos secos, ao recuo das florestas e expansão dos cerrados.

Este é o caso de algumas áreas estudadas: Pitinga situa-se entre os cerrados de Roraima e as campinaranas (caatingas) do rio Negro; São Francisco e Igarapé Preto estão às margens dos cerrados que recobrem os arenitos Prainha; Jau e Novo Planeta, de um lado, e a Província do Médio Tapajós, de outro, estão próximos aos cerrados e florestas estacionais da serra do Cachimbo.

Constata-se, desta forma, que as mudanças paleoclimáticas na Amazônia acarretaram modificações acentuadas no regime pluviométrico e - ao menos nas regiões periféricas, no entorno de áreas hoje cobertas por savanas e florestas estacionais -, resultaram em alterações na cobertura vegetal, com conseqüências diretas nos processos de sedimentação. Os aluviões aí encontrados configuram portanto um registro abrangente dessa evolução.

A seqüência mais recente é claramente correlacionável ao glacial Winsconsiniano, mais precisamente ao seu segundo subciclo glacial, do final do Pleistoceno. Sua idade seria portanto similar ao da segunda fase de clima seco registrada em Carajás, ocorrida entre 20.000 e 13.000 anos A.P., aproximadamente. O período úmido anterior pode corresponder à recessão glacial que marca o Winsconsiniano médio, há mais de 36.000 anos.

Esta é a idade mínima da seqüência aluvionar mais antiga. À falta de datações, todavia, é possível correlacioná-la tan

to ao primeiro sub-ciclo do glacial Winsconsiniano, quanto ao glacial Illinoisiano, conforme discutido a seguir.

3.2. Sequências aluvionares de pequeno a médio porte

O detalhamento estratigráfico dos aluviões das províncias estaníferas de Rondônia e Pitinga-Mapuera permite, como visto, a individualização de duas sequências aluvionares pleistocênicas, a mais recente ocupando as calhas da rede de drenagem atual. A mais antiga ocupa, em Rondônia, paleovales soterrados com pouco ou nenhum vínculo com a drenagem atual, conforme caracterizado por Bettencourt et al. (1988). Em Pitinga está preservada em terraços marginais recobertos por colúvios (Daoud & Veiga, 1986).

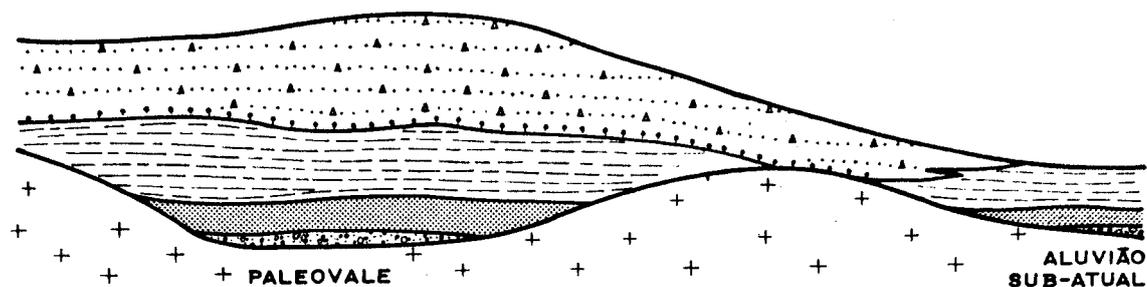
Tratando-se de regiões relativamente próximas, chama a atenção, em primeiro lugar, o contraste na posição relativa das duas sequências, denunciando evoluções distintas (vide Figura 15). Como mencionado anteriormente, a situação das duas sequências em Pitinga retrata o processo normal de entalhamento dos vales - com retrabalhamento parcial do aluvião mais antigo, e deslocamento lateral do eixo da drenagem -, em resposta à superposição de dois ciclos erosivos.

Os depósitos rondonienses, todavia, resultam de evolução peculiar, marcada pela elevação relativa do nível de base durante a fase úmida que separa a deposição das duas sequências. Este fenômeno tem sido informalmente atribuído às seguintes causas:

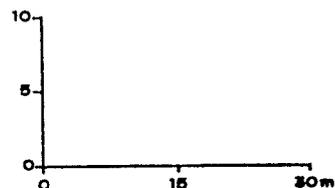
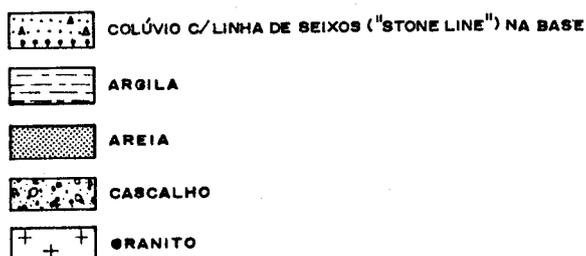
- a) Elevação do nível dos oceanos durante os períodos interglaciais.
- b) Aterramento generalizado, em função do aporte de grandes volumes de sedimentos originados dos Andes.

Figura 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA EM SEÇÃO TRANSVERSAL DE ALUVIÕES POLICÍCLICOS

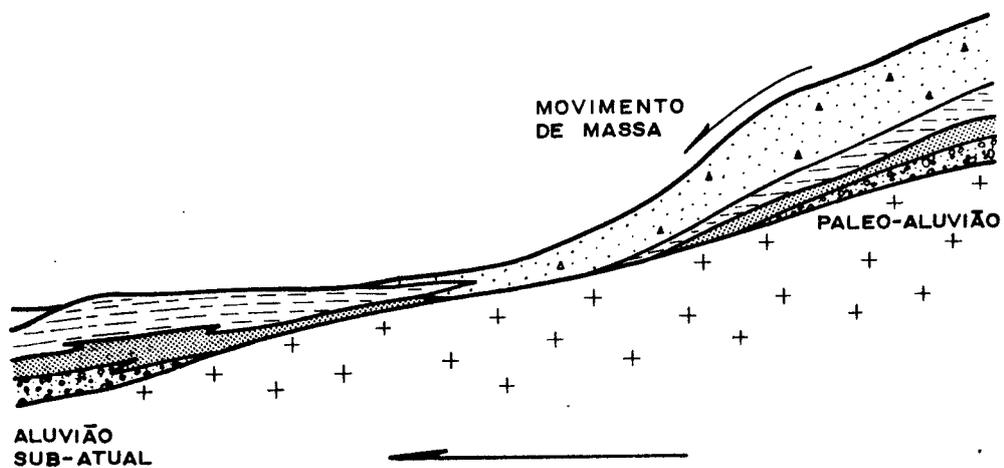
A - PALEOVALES SOTERRADOS EM RONDÔNIA



LEGENDA



B - TERRAÇOS EM PITINGA - AM



DESLOCAMENTO DO EIXO DA DRENAGEM DURANTE O REENTALHAMENTO DO VALE

As duas idéias fazem algum sentido, já que os processos aventados realmente ocorreram - porém sua atuação na região é melhor evidenciada por outras feições geológicas, adiante comentadas. Aqui seu papel certamente não foi preponderante, parecendo mais lógico vincular a evolução singular de Rondônia à atuação de um outro mecanismo, pouco considerado: a neotectônica.

Como visto, a rede de falhamentos que marca o craton Amazônico tem uma longa história evolutiva, de importância fundamental na definição dos traços geológicos da região.

Observa-se, na Figura 3, que os aluviões pleistocênicos da Formação Guaporé estão restritos ao sul do lineamento de Pacaás Novos. Cerca de 60km ao norte, nos garimpos do Araras e Periquitos, às margens do rio Madeira, foram recentemente descobertos expressivos paleo-aluviões auríferos, distantes até 12km do leito atual. À maneira dos depósitos descritos por Bettencourt et al. (1988) a leste do rio Madeira, esses depósitos estão soterrados e alcançam espessuras da ordem de 25m, conforme ilustrado na Figura 16.

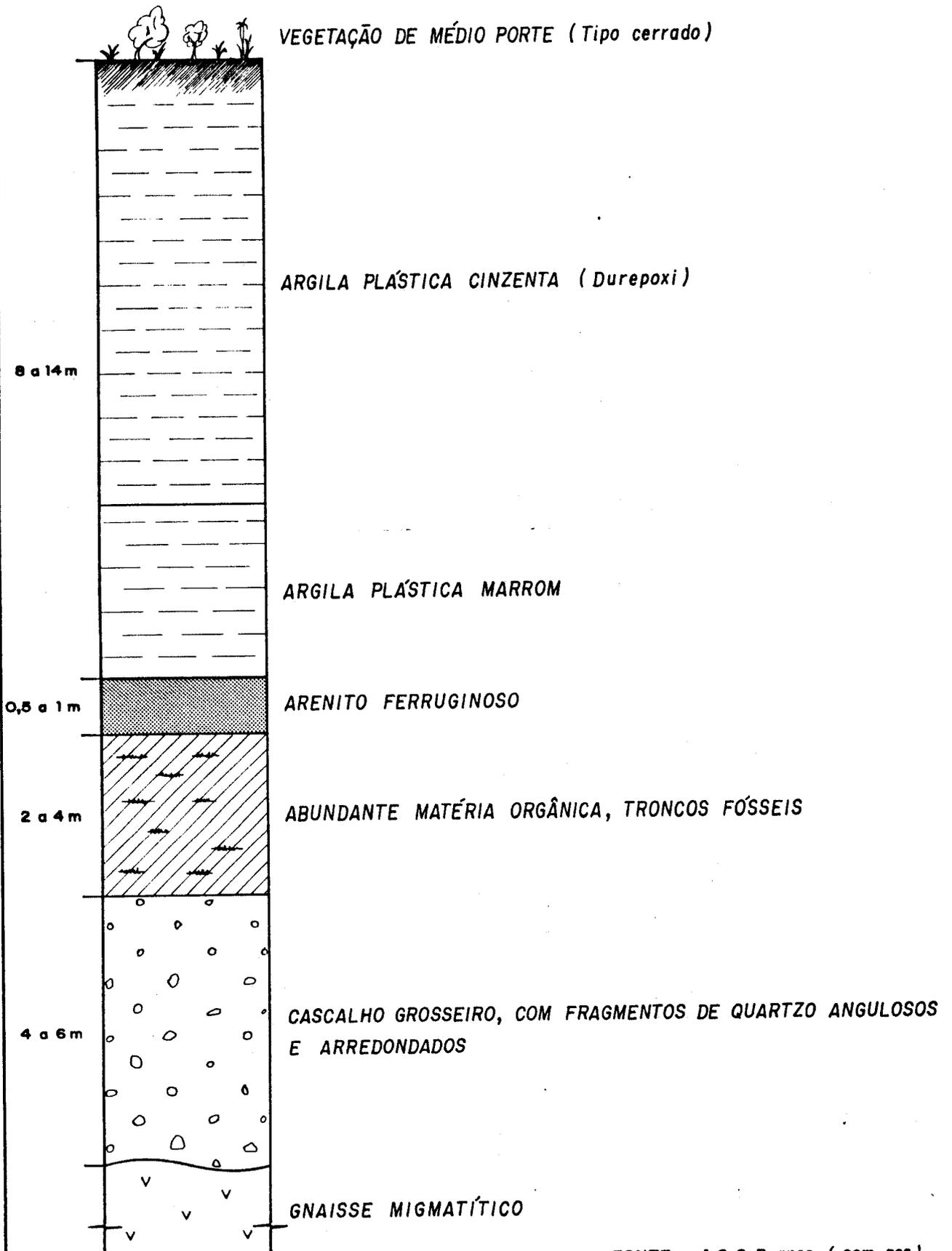
Sua estratigrafia é perfeitamente correlacionável à dos paleo-aluviões estaníferos, incluindo espessa camada superior de argila plástica cinzenta - denominada "durepoxi" pelos garimpeiros. À maneira dos sedimentos da Formação Madre de Dios, descrita a oeste por Campbell Jr. (1989), o horizonte basal de cascalho é recoberto por abundantes troncos de madeira fóssil e restos de matéria orgânica, ainda não datados.

O soterramento dos paleo-aluviões ao norte do lineamento de Pacaás Novos indica a subsidência da porção norte de Rondônia após sua deposição - em resposta ao soerguimento tectônico do bloco andino adjacente -, acompanhada de uma ampla inundação que propiciou a deposição da argila plástica, selando os antigos vales e modificando toda a paisagem.

Figura 16 - PALEOVALE SOTERRADO DO RIO MADEIRA - RO

ESTRATIGRAFIA NO GARIMPO DO PERIQUITO

(ESPESSURA TOTAL : 15 a 25 m)



Esses sedimentos assemelham-se às Argilas de Belterra que ocorrem na Amazônia Oriental, atribuídas por Kotschoubey & Truckenbrodt (1981) ao Plio-Pleistoceno, tendo em vista sua ocorrência em platôs dissecados pela drenagem atual. Todavia, o modo de ocorrência não parece suficiente para a definição da idade, mesmo porque os paleovales estaníferos de Rondônia também estão parcialmente escavados pela drenagem atual, conforme ilustrado na Figura 15.

Existe portanto a possibilidade de correlação entre os sedimentos que preenchem os paleovales de Rondônia e a sequência laterito-bauxítica recoberta pelas Argilas de Belterra. Mas qualquer tentativa nesse sentido deve obrigatoriamente considerar o papel desempenhado pela neotectônica na evolução de cada área.

A ocorrência de subsidências na porção oeste do craton Amazônico é reafirmada por Dumont (1989) no Peru e por Bakker (1989) na Colômbia. A epirogênese negativa em relação à tectônica andina, a partir do Terciário, manifesta-se na Amazônia peruana na forma de terraços sedimentares, de diferentes idades, limitados por falhas - da mesma rede de falhamentos que define os blocos do embasamento. Datações C14 indicam idades de 35.000 a 40.000 anos A.P. para os terraços superiores, e de 14.000 anos A.P. para os terraços inferiores, atestando que o encaixamento dos vales ocorreu nessa área durante o Pleistoceno.

Sobre a cronologia dos aluviões, Campbell Jr. (1989) apresenta, como visto, uma idade mínima de 36.600 anos A.P. para os conglomerados basais da Formação Madre de Dios, atribuindo sua formação à recessão úmida que divide em dois sub-ciclos o glacial Winsconsiniano, do Pleistoceno superior. Payolla et al. (1984) correlacionam os paleovales de Rondônia ao glacial Illinoisiano, do Pleistoceno médio - hipótese acatada por Daoud & Veiga (1986) para os terraços de Pitinga, e reafirmada por Bettencourt et al. (1988) para a região de Rondônia.

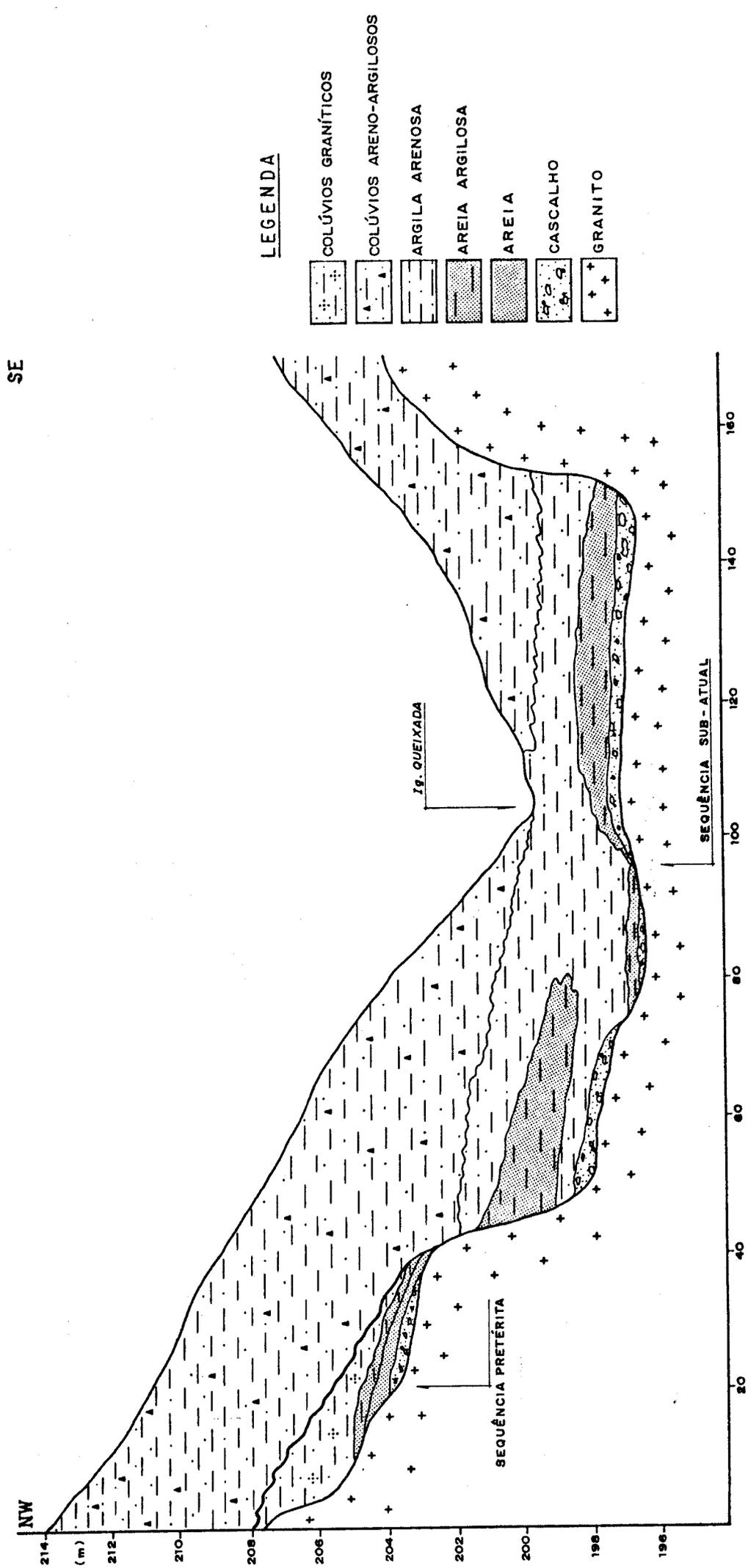
É possível, entretanto, que esses paleo-aluviões tenham se formado sob as condições de clima semi-árido que marcam o sub-ciclo antigo do glacial Winsconsiniano. Ampliando o raciocínio, pode-se admitir a existência de paleo-aluviões tanto do Pleistoceno superior quanto do Pleistoceno médio - porém não há no momento evidências para fundamentar essa hipótese.

De qualquer forma, ao nível atual de conhecimentos distinguem-se as seguintes sequências aluvionares de pequeno a médio porte na Amazônia (Veiga et al. 1988):

- a) Sequências pretéritas: em parte retrabalhadas, ocupam paleovales soterrados ou terraços. Têm idades mínimas da ordem de 35.000 anos A.P., e são atribuídas ao Pleistoceno superior a médio.
- b) Sequências sub-atuais: ocupam as calhas da rede de drenagem atual porém são anteriores à última expansão da floresta, e estão ocasionalmente recobertas por colúvios. Suas idades devem variar entre 20.000 e 13.000 anos, aproximadamente, correlacionando-se portanto ao segundo sub-ciclo do glacial Winsconsiniano, do Pleistoceno superior.
- c) Sequências atuais: representam o retrabalhamento localizado das sequências sub-atuais, restrito ao leito ativo das drenagens, a partir da expansão da cobertura florestal no início do Holoceno.

As coberturas coluviais que em muitas áreas mascaram os aluviões, chegando a modificar a seção dos vales - vide Figura 17 - podem ser atribuídas a períodos de clima relativamente seco durante o Holoceno. Recorde-se todavia seu possível vínculo com queimadas episódicas, comentado anteriormente, e o fato de que,

Figura 17 - MODIFICAÇÃO NA SEÇÃO DE UM VALE DEVIDA A RECOBRIMENTOS COLUVIAIS
 (SEÇÃO GEOLÓGICA TRANSVERSAL DO IGARAPÉ QUEIXADA L-131, NA MINA DE PITINGA - AM)



sob pluviosidade acentuada, nem mesmo as coberturas florestais densas são suficientes para cessar completamente os movimentos de massa, sobretudo nos trechos mais íngremes.

3.3. Significado dos registros arqueológicos

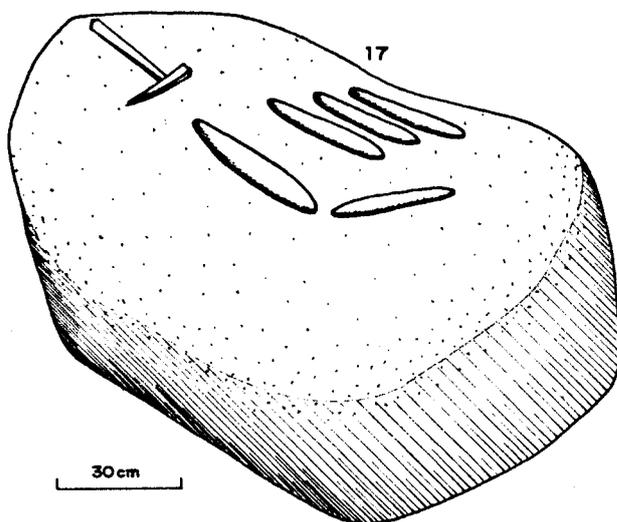
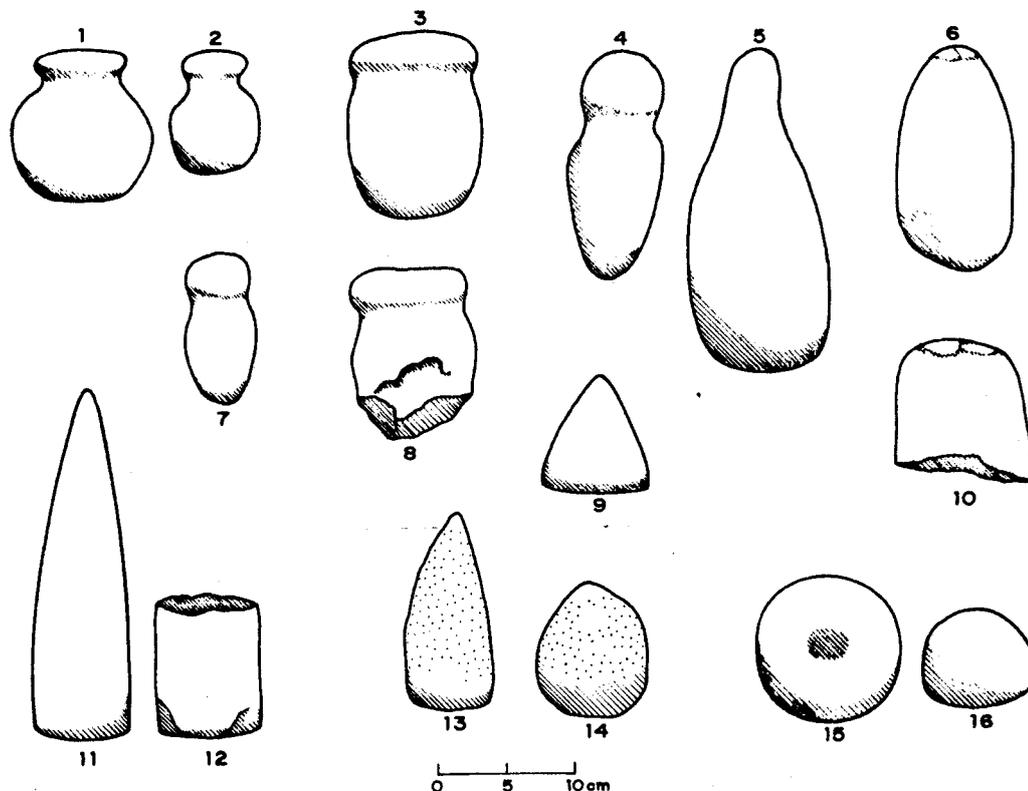
Estas interpretações sobre a evolução paleo-ambiental da Amazônia ganham destaque com a descoberta, nos aluviões auríferos e estaníferos, de abundantes registros arqueológicos, na forma de instrumentos líticos preservados como sedimentos. A atividade de lavra revela com frequência artefatos bem elaborados de pedra polida - machados, raspadores, percutores, ilustrados na Figura 18 -, de desenho e acabamento homogêneos, culturalmente distintos das tradições ceramistas reconhecidas na região (Veiga, 1989).

A ocorrência desses artefatos em meio aos sedimentos atuais e pretéritos, e a existência de oficinas de polimento soterradas pelos aluviões, permite demarcar uma importante tradição cultural pleistocênica, amplamente disseminada na Amazônia. Isto significa que a ocupação humana da região ocorreu muito antes do que se supunha.

O enquadramento estratigráfico dos registros encontrados nas terras altas constitui de fato um ponto de partida para revisão do conhecimento atual sobre a Pré-história da Amazônia - ainda centrado em estudos na região da várzea, de idade holocênica.

Cientistas do Smithsonian Institution, liderados por Betty J. Meggers, consideram que a ocupação humana das Américas iniciou-se pelo norte ao redor de 12.000 anos atrás. Esta posição decorre da idade dos sítios por eles estudados na América do Norte, e está em concordância com a idade de sítios cerâmicos da várzea amazônica (Meggers & Evans, 1973).

Figura 18 - EXEMPLOS DE ARTEFATOS LÍTICOS E ROCHAS COM SULCOS DE POLIMENTO ENCONTRADOS NOS ALUVIÕES PLEISTOCÊNICOS



- 1 e 2 - MACHADOS REDONDOS (OU RASPADORES) DE DIABÁSIO, NOVO PLANETA - MT
- 3 - MACHADO DE DIABÁSIO, NOVO PLANETA - MT
- 4 - MACHADO / RASPADOR DE DIABÁSIO, NOVO PLANETA - MT
- 5 - RASPADOR DE DIABÁSIO, PITINGA
- 6 - MACHADO DE ANFIBOLITO, S. RAIMUNDO - PA
- 7 - RASPADOR DE DIABÁSIO, NOVO PLANETA - MT
- 8 - FRAGMENTO DE MACHADO DE DIABÁSIO, CASSIPORÉ - AP; COMPARAR COM Nº 3
- 9 - PERCUTOR DE DIABÁSIO, NOVO PLANETA - MT
- 10 - FRAGMENTO DE MACHADO DE DIABÁSIO, CASSIPORÉ - AP; COMPARAR COM Nº 6
- 11 - PERCUTOR (MÃO-DE-PILÃO) DE DIABÁSIO, PITINGA - AM
- 12 - FRAGMENTO DE PERCUTOR DE GRANULITO, MASSANGANARO; COMPARAR COM Nº 11
- 13 - PERCUTOR DE GRANITO, PITINGA - AM
- 14 - PERCUTOR / MACHADO DE DIABÁSIO, IGARAPÉ PRETO - AM
- 15 e 16 - RODAS (MÓS?) DE DIABÁSIO DE PITINGA - AM
- 17 - MATAÇÃO DE GRANITO EQUIGRANULAR COM SULCOS DE POLIMENTO, REVELADO PELA LAVRA SOB O ALUVIÃO SUB ATUAL DO IGARAPÉ MADEIRA, PITINGA - AM .

Não consideram, todavia, inúmeras evidências mais antigas ora estudadas no Piauí pela Missão Arqueológica Franco-Brasileira, sob coordenação de Niède Guidon; e na Bahia, por arqueólogos do Instituto Goiano de Pré-história e Arqueologia. Os dados disponíveis, em boa parte inéditos, sustentam a existência de atividade humana nessas regiões há pelo menos 50.000 anos. Além disso, os dados aqui apresentados demonstram que o limite de 12.000 anos representa na verdade a idade mínima dos registros líticos das terras altas da Amazônia.

De fato, sítios arqueológicos com mais de 12.000 anos tendem a ser encontrados, na região, apenas fora da influência dos grandes rios. A elevação do nível do mar ao final do glacial Winsconsiniano provocou o represamento dos grandes rios, como o Solimões-Amazonas, com vigorosa sedimentação argilosa em resposta à diminuição do fluxo das águas. Os estratos mais antigos e os sítios porventura existentes foram assim profundamente soterrados pelos sedimentos que hoje compõem a várzea amazônica.

Os rios com pequena carga em suspensão - como o Negro e o Tapajós - tiveram essa sedimentação restrita a zonas localizadas, como assinalado por Sioli (1985). Todavia, os sítios ocasionalmente presentes em suas margens estariam submersos pela considerável elevação do nível das águas então ocorrida.

Os registros arqueológicos das terras altas da Amazônia representam portanto uma expressiva ampliação do conhecimento sobre a Pré-história da região. Os artefatos ali encontrados denotam uma tradição cultural remota com perfeito domínio das técnicas de polimento, incluindo a seleção criteriosa das matérias-primas minerais. Artefatos de pedra lascada raramente são coletados nos aluviões - possivelmente em razão da maior dificuldade de distinguí-los de fragmentos naturais - porém recentemente pontas de projéteis, confeccionadas em sílex lascado, foram coletadas na região de Pitinga (José Luiz Seno Gonzaga, com. pes.).

De qualquer forma, a vasta distribuição geográfica, a frequência e a similaridade dos registros em pedra polida, atestam difusão cultural muito ampla e homogênea. A natureza e abundância dos artefatos indica ocupação humana de longo prazo, e não uma permanência esporádica ou passageira. Por outro lado, o possível vínculo entre esses polidores e os registros de arte rupestre descritos na região (Miller, 1987 "a" e "b", dentre outros) abrem um largo campo de investigações científicas.

O reexame da Pré-história da Amazônia pode resultar em significativa contribuição para a reconstituição da Pré-história remota de todo o continente, ainda muito pouco conhecida. De fato, a Amazônia parece ter desempenhado importante papel na ocupação humana da América do Sul, atuando - sob condições ambientais distintas da atual - como ligação natural entre a América Central e os Andes, de um lado, e o Centro-Sul e Nordeste do Brasil, de outro. É notável, no caso, a similaridade dos registros antigos da Amazônia com artefatos descritos nessas regiões por Wüst & Menezes (1985), Khallyhabby (1977), Naranjo (1985), Politis (1989), e outros.

O desconhecimento, na Amazônia, de registros semelhantes mais recentes, permite imaginar que o desaparecimento dessa tradição pré-cerâmica esteja relacionado com as grandes mudanças ambientais ocorridas ao final da última glaciação. A expansão da floresta pode ter representado um obstáculo intransponível à permanência desses paleo-ameríndios, bem como para diversas espécies faunísticas então extintas.

3.4. A dinâmica ambiental perturbada

A extração descontrolada de ouro e estanho tem acarretado sérios danos ao patrimônio mineral e ambiental da Amazônia, além de inúmeros e complexos problemas de amplo conhecimento, mas

de difícil solução. A ênfase dada à colonização da região através de projetos agro-pecuários tem determinado, por outro lado, desmatamentos abusivos e predatórios, com pouco ou nenhum retorno econômico e social.

Dentre as alternativas ao desmatamento da Amazônia, muito se tem falado sobre agro-silvicultura, manejo da flora e da fauna, mas raras vezes se considera a notória vocação mineira de suas terras altas. Ignorar o seu enorme potencial aurífero e estanífero e as ações hoje praticadas - quase à revelia do Estado - em cerca de mil áreas de produção garimpeira, é simplesmente negar a realidade e retardar sua superação.

Como se sabe, a extração mineral na Amazônia provoca hoje - em diversas províncias distribuídas sobretudo no Pará, Mato Grosso, Rondônia e Roraima - considerável perturbação à dinâmica ambiental, bem como danos econômicos, sociais, étnicos e culturais, de difícil dimensionamento e controle. Sucedem-se debates acalorados, polarizados entre o conservacionismo ortodoxo e o imediatismo do lucro fácil.

Já é hora de abandonar esses extremos, e traçar uma via mais duradoura e produtiva, em benefício do Homem. Primeiro, porque é possível - e necessário - assegurar à Nação um melhor usufruto de seus patrimônios mineral e ambiental, antes que o equilíbrio da Amazônia seja irreversivelmente perturbado, como aventado por Colinvaux (1989). Os exemplos, ou melhor, os anti-exemplos atuais já nos bastam.

Longe de ser incompatível com a proteção ambiental, a extração mineral pode se converter, de fato, em agente de desenvolvimento sustentado e de melhoria da qualidade de vida. Em comparação com a atividade agropecuária, por exemplo, a extração mineral permite absorver expressivo contingente de trabalhadores e - desde que criteriosamente conduzida - assegura-lhes condições dignas, tecnicamente evoluídas, e afeta pequenas superfícies.

Mais que isso: a magnitude da riqueza ali gerada viabiliza o cumprimento da obrigação constitucional de recuperar a área após a lavra, e tem grande potencial multiplicador na economia local, regional e nacional. Resta enquadrar a extração mineral de forma a aproveitar o minério de forma eficaz, com controle do impacto ambiental, e real otimização dos benefícios econômicos e sociais decorrentes. Neste campo, ainda há muito por ser feito.

Sabemos que a reversão do quadro atual demanda ações planejadas de longo curso, economicamente atrativas, dirigidas ao ordenamento legal da atividade extrativa - do ponto de vista minerário, ambiental, trabalhista e tributário. Felizmente, algumas iniciativas recentes prenunciam certo progresso nessa direção.

De imediato, é possível intervir racionalmente em muitas áreas de garimpagem, ativas ou abandonadas, visando o aproveitamento eficaz do ouro e do estanho remanescentes - não lavrados e/ou indevidamente lançados nos rejeitos do beneficiamento -, e a efetiva recuperação e proteção ambiental do trecho afetado. A recuperação de uma área já degradada ou em degradação estaria assim incorporada a um projeto de aproveitamento racional do minério, sob rigoroso controle ambiental. Ou seja, um Projeto de Manejo Mineral.

Tais iniciativas evidentemente requerem - além do esforço conjunto de toda a sociedade, órgãos governamentais, e de entidades comprometidas com a proteção ambiental -, uma clara definição de critérios e diretrizes efetivamente ajustados à nossa realidade. Torna-se urgente, portanto, o desenvolvimento de novos modelos operacionais, e de metodologias específicas para atuação nesas áreas.

É necessário saber discernir, em cada caso, o que pode ainda ser lavrado e o que deve ser recuperado ou preservado, e de

que forma. As medidas preconizadas para recuperação de áreas de gradadas pela extração mineral descontrolada compreendem, entre outras:

- a) Restauração do equilíbrio morfogenético, pela harmonização do relevo e obras de drenagem, nos trechos irregularmente escavados.
- b) Remoção e/ou neutralização do mercúrio e outros poluentes inadvertidamente lançados ao meio ambiente.
- c) Recomposição do solo orgânico e revegetação, de preferência com espécies nativas de interesse comercial.
- d) Recuperação da qualidade das águas, através da dragagem dos trechos assoreados, com aproveitamento dos bens econômicos presentes no rejeito, deposição adequada dos efluentes sólidos, garantia do fluxo de água limpa, e preparação do local para posterior repovoamento com moluscos e peixes, também para exploração econômica.
- e) Preservação criteriosa dos testemunhos arqueológicos comumente presentes, e possível aproveitamento turístico de algumas áreas recuperadas.

Em verdade, a extração eficiente do ouro e do estanho, em um sistema rentável, socialmente justo e ecologicamente sustentável, é a maior garantia - se não a única - da efetiva recuperação e proteção ambiental das terras altas da Amazônia. Considere-se, neste sentido, que o Manejo Mineral aqui proposto pode contribuir para a salvaguarda da dinâmica ambiental de toda a região.

4. GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS ALUVIONARES

Os estudos sobre as formações quaternárias em geral não têm acompanhado o mesmo ritmo de desenvolvimento que marca outros ramos da Geologia, em âmbito mundial. Aqui não há vulcões, terremotos, ou outros fenômenos espetaculares a desvendar - cujo fascínio sobre os homens tem impulsionado, na visão de Gohau (1988), considerável progresso nas Geociências.

São apenas acumulações superficiais de fragmentos inconsolidados, de resto desprovidas de charme. A pouca atenção que têm recebido prende-se em geral a áreas de excepcional interesse econômico, onde há concentrações de minerais pesados e gemas.

O enfoque aqui não é muito diferente. Porém, não se esgota nos depósitos secundários. Quando se trata dos aluviões auríferos e estaníferos da Amazônia pensa-se também em suas fontes primárias - na tentativa de reconstituir, ao inverso, o caminho trilhado pela Natureza. Este é um dos deveres do ofício.

O percurso revela, em primeiro lugar, diversas características peculiares, cujo significado extrapola o campo estrito da Geologia, interdigitando-se, como visto, com a Ecologia e a Arqueologia. Além disso, as observações realizadas revelam muitas vezes - por trás da aparente simplicidade desses depósitos -, uma arquitetura complexa e variada, cuja compreensão é fundamental à perfeita avaliação de seu significado econômico, e à busca eficiente das fontes geradoras.

A análise dos traços mais característicos, aqui apresentada, busca facilitar esse entendimento e permitir uma visão global dos aluviões de pequeno a médio porte das terras altas da Amazônia. Sua imaturidade e complexidade contrastam com os atributos do modelo clássico de aluviões - depósitos simples, regulares, ho

mogêneos, bem selecionados, e com elevada capacidade de concentração de valores -, adotado no desenvolvimento de quase toda a metodologia e tecnologia disponíveis para pesquisa, lavra e beneficiamento. Requerem, por consequência, uma abordagem específica, ajustada à sua realidade geológica e importância econômica.

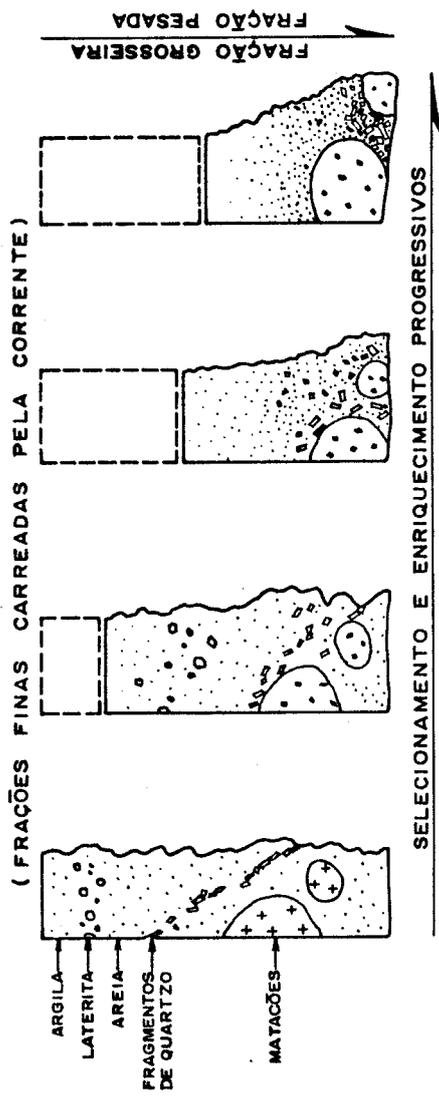
Por outro lado, as feições observadas constituem, como visto, um registro abrangente da evolução paleo-ambiental das terras altas da Amazônia, conforme documentado em diversas áreas a seguir descritas.

4.1. Morfologia e dimensões

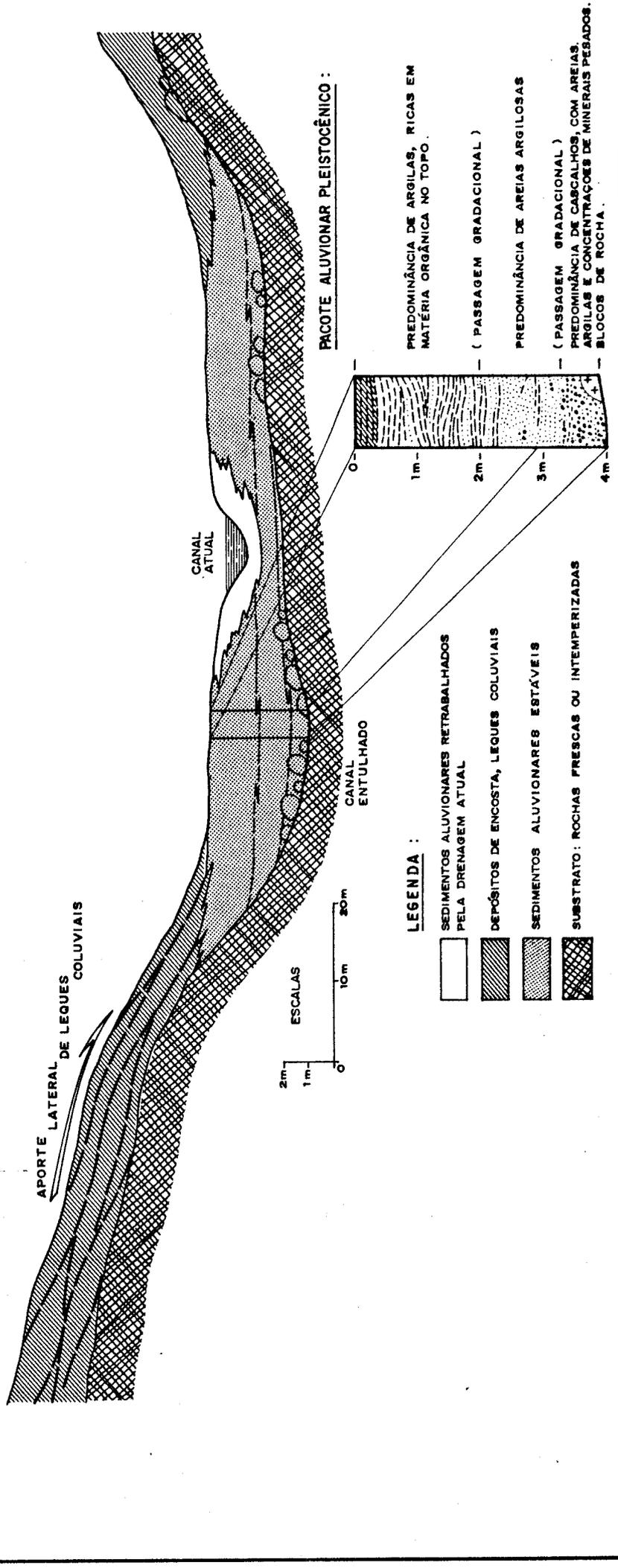
A caracterização morfológica dos aluviões amazônicos deve ter em conta os seguintes aspectos gerais, enumerados por Veiga et al. (1988):

- a) Os depósitos desenvolvem-se sobre relevos arrasados a moderadamente acidentados, entulhando as calhas da rede de drenagem atual e da paleodrenagem pleistocênica - soterrada, como em Rondônia, ou suspensa, como em Pitinga (Figura 15).
- b) São fortemente estruturados ao longo do eixo da drenagem, caracterizada geralmente por calhas amplas de baixo gradiente.
- c) As relações entre espessura e largura são da ordem de 1:50 a 1:100, constituindo depósitos relativamente delgados, interdigitados aos colúvios laterais (Figura 19).
- d) Deslizamentos posteriores de colúvios podem recobrir parcialmente os aluviões, alterando radicalmente o perfil do vale e mascarando os sedimentos sotopostos (Figura 17).

Figura 19 - SEÇÃO TÍPICA DE UM ALUVIÃO AMAZÔNICO



SELECCIONAMENTO E ENRIQUECIMENTO PROGRESSIVOS



- e) As sequências aluvionares têm, em geral, estratigrafia pouco nítida, resumindo-se muitas vezes a um leito único com acamamento gradacional (Figura 19).

Quanto às dimensões, os aluviões amazônicos podem ser enquadrados em três classes principais, conforme proposto por Salomão & Veiga (1984) com base nos seguintes parâmetros de referência:

- a) pequeno porte: - largura inferior a 200m
- espessura entre 2 e 4m
- b) Médio porte : - largura entre 200 e 1.000m
- espessura entre 4 e 10m
- c) Grande porte : - largura superior a 1.000m
- espessura superior a 10m

Esta classificação simplificada exclui intencionalmente os micro e macro-depósitos - situados respectivamente abaixo e acima dos parâmetros considerados -, visto apresentarem no momento pequeno significado econômico.

No Brasil, as atividades de lavra aluvionar - em operações organizadas ou em garimpos - concentram-se nos depósitos de pequeno a médio porte, ainda com grande destaque para o primeiro. Em geral representam, individualmente, jazidas com alguns quilômetros de extensão e volumes da ordem de 300.000 e 1.000.000m³, respectivamente, podendo em alguns casos atingir 10.000.000m³ de minério. Os teores médios de estanho nesses aluviões variam entre 0,1 e 1,0 kg Sn/m³, enquanto os de ouro situam-se entre 0,1 e 1,0 gAu/m³.

Nos aluviões de grande porte as atividades de lavra concentram-se nos sedimentos do leito, como por exemplo a ex

tração de ouro no rio Madeira, em Rondônia. Todavia, o conhecimento desses depósitos é ainda precário, em razão das dificuldades operacionais para pesquisa em drenagens com essa magnitude. Por consequência, as atenções aqui estarão centradas nos aluviões de pequeno a médio porte.

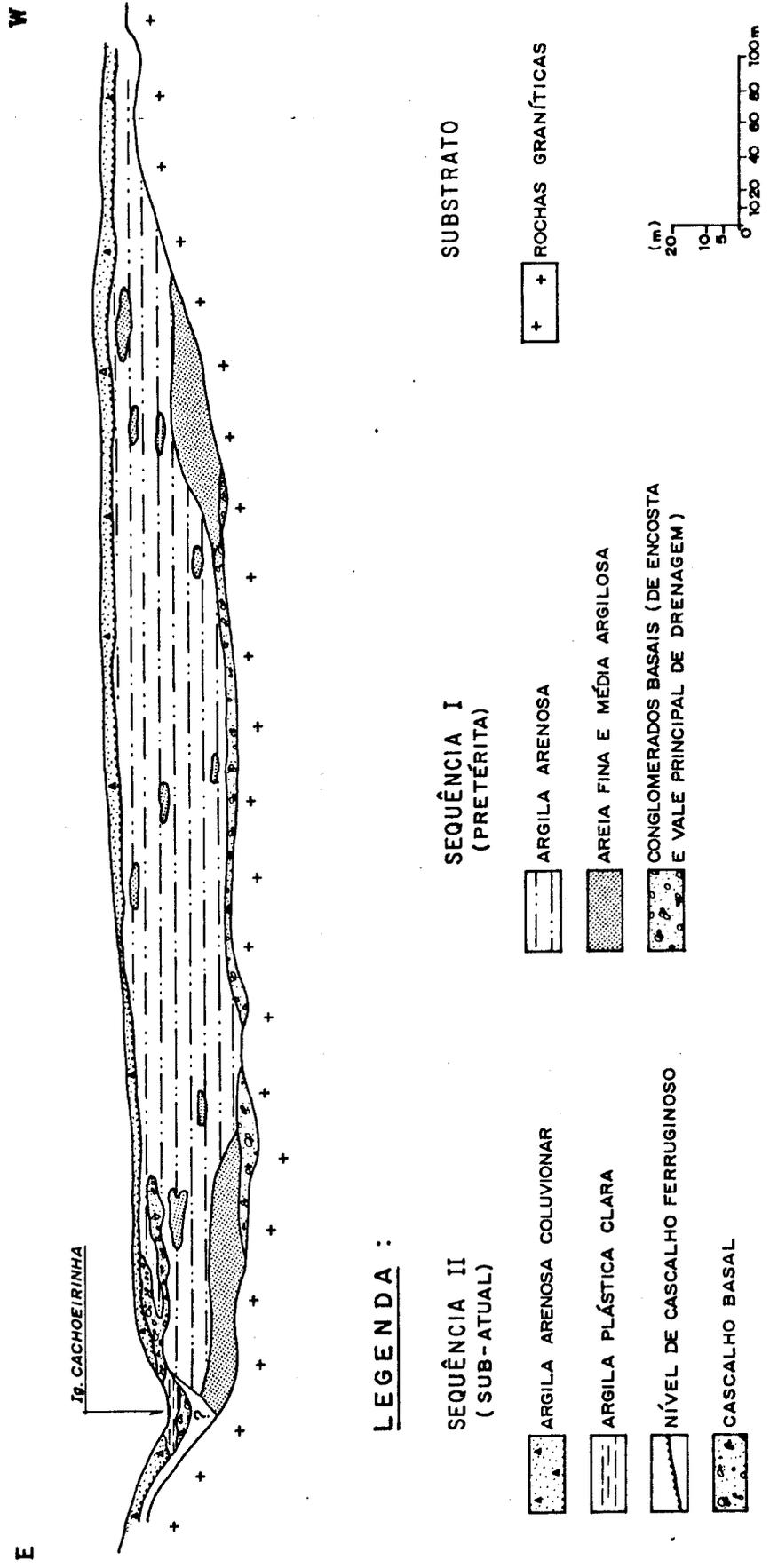
4.2. Características das sequências pretéritas

A estratigrafia das sequências pretéritas é bem evidenciada nos paleovales da Província Estanífera de Rondônia. Caracterizados por Payolla et al. (1984) e Bettencourt et al. (1988), esses depósitos assemelham-se aos paleovales do rio Madeira garimpados na região da cachoeira dos Periquitos, e aos da Formação Madre de Dios, anteriormente comentados. Evidenciam a ocorrência de pelo menos um ciclo deposicional na região, antes do preenchimento dos vales atuais.

Como ilustrado na Figura 15A, esses sedimentos relacionam-se a paleodrenagens soterradas, pouco perceptíveis na paisagem atual. Consequentemente, seu potencial econômico permanece em boa parte intacto, à exceção de poucas áreas com exposições naturais dos sedimentos soterrados, ou no caso de descobertas fortuitas ocorridas durante a sondagem ou a lavra de aluviões sub-atuais.

As sequências pretéritas estão instaladas em paleo-superfície de idade incerta, esculpida no embasamento metamórfico de alto grau e em rochas granitóides. Ocupam hoje depressões relativamente profundas, amplas, com fundo plano e margens escarpadas - morfologia típica, segundo Bloom (1970), dos vales formados sob clima árido a semi-árido. Dentre os jazimentos estudados por Payolla et al. (1984), destaca-se o de Cachoeirinha, a norte de Ariquemes, com largura da ordem de 1.000m e profundidade de até 70m, ilustrado na Figura 20.

Figura 20 - SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO PALEOVALE E VALE RECENTE DO IGARAPÉ CACHOEIRINHA
(DISTRITO DE CACHOEIRINHA - RO)



LEGENDA :

- | | | |
|--|--|--|
| <p>SEQUÊNCIA II
(SUB-ATUAL)</p> <ul style="list-style-type: none"> ARGILA ARENOSA COLUVIONAR ARGILA PLÁSTICA CLARA NÍVEL DE CASCALHO FERRUGINOSO CASCALHO BASAL | <p>SEQUÊNCIA I
(PRETÉRITA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ARGILA ARENOSA AREIA FINA E MÉDIA ARGILOSA CONGLOMERADOS BASAIS (DE ENCOSTA E VALE PRINCIPAL DE DRENAGEM) | <p>SUBSTRATO</p> <ul style="list-style-type: none"> + ROCHAS GRANÍTICAS |
|--|--|--|

FONTE : BETTENCOURT et al. (1988).

As sequências pretéritas - separadas das sub-atuais por discordâncias marcadas por linhas de seixos ("stone lines") -, podem ser subdivididas da seguinte forma, da base para o topo:

a) Pacote inferior:

Os conglomerados basais recobrem a paleo-superfície em camadas regulares, e assumem características distintas em função da posição que ocupam no vale. Nas vertentes íngremes aparecem como leques coalescentes com 1 a 6m de espessura, constituídos por seixos centimétricos de quartzo, angulosos a moderadamente arredondados, imersos em matriz areno-argilosa não estratificada, com marcante concentração de minerais pesados - sobretudo cassiterita. Rumo ao fundo dos vales esses sedimentos desaparecem ou passam a facies de canal, evidenciadas por matriz arenosa com estratificação cruzada planar. O retrabalhamento no eixo do canal resulta em melhor selecionamento, com dominância de seixos de quartzo com 1 a 5cm imersos em matriz arenosa, e intercalações de areia com estratificação cruzada.

b) Pacote intermediário:

Os conglomerados basais são por vezes recobertos por camadas métricas de areia grossa a fina, com estratificação cruzada, similares às que ocorrem como intercalações no pacote inferior. Outras vezes, porém, os conglomerados estão recobertos por camada de argila plástica, que - sobretudo no eixo dos vales - alcança espessuras da ordem de 0,5m. Os níveis arenosos

apresentam com frequência aspecto ferruginoso, e con
têm abundante matéria orgânica, na forma de troncos
fósseis.

c) Pacote superior:

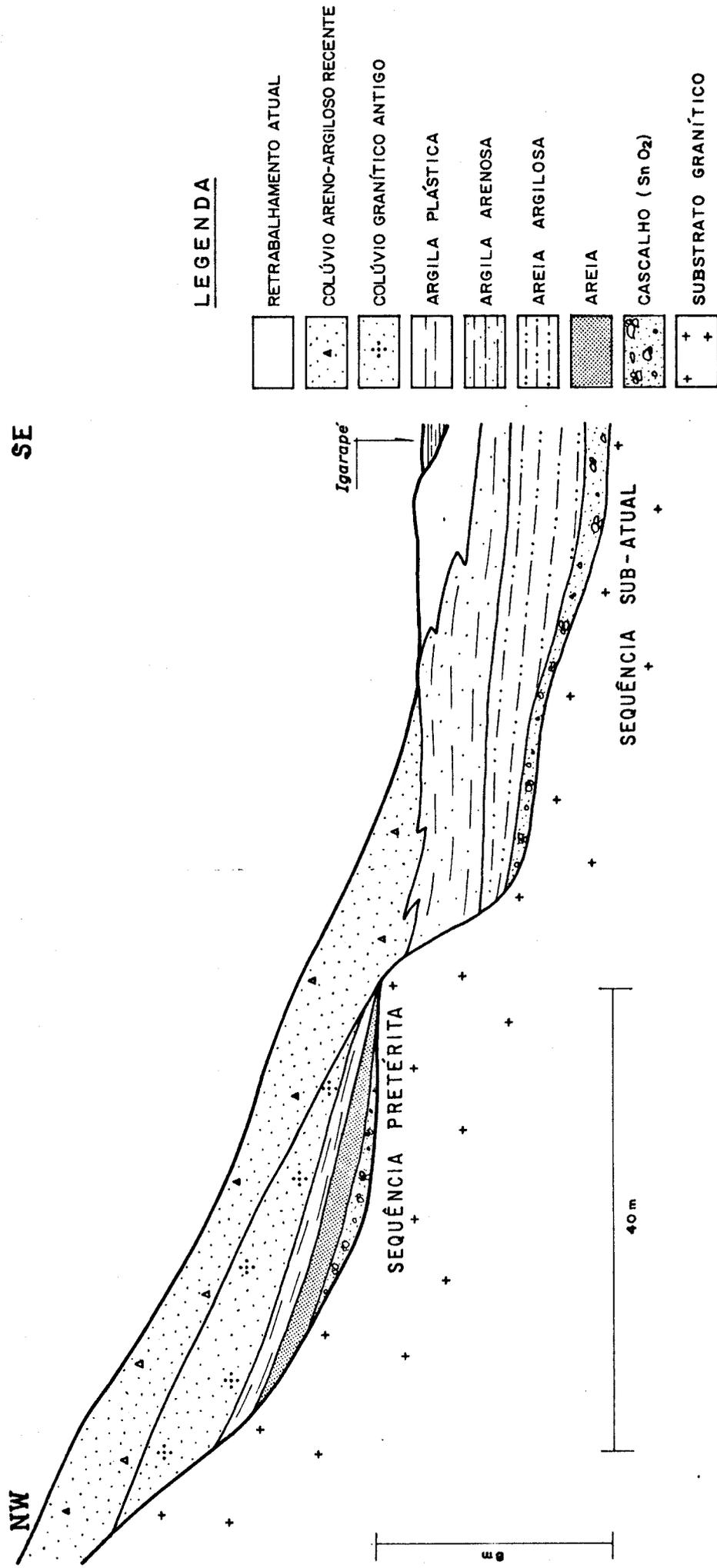
Os horizontes superiores dos paleovales são consti
tuídos por leques interdigitados de argilas caulíni
cas arenosas, areias arcoseanas e argilas lacustres.
Esses sedimentos preenchem as antigas depressões, e
indicam a ocorrência de repetidos fluxos torrenciais,
com elevação progressiva do nível de base - em conso
nância com a evolução paleo-ambiental proposta para
a região.

Em Pitinga, os remanescentes das sequências pretéritas
ocupam terraços marginais aos vales atuais, conforme descrito por
Daoud & Veiga (1986). Os depósitos antigos apresentam-se aqui per
turbados por movimentos descendentes nas encostas, provocados pe
la interação dos seguintes fatores:

- a) Entalhamento do vale, com deslocamento lateral do
eixo da drenagem; e
- b) Pressão exercida pela carga coluvial sobreposta.

A Figura 21 ilustra a disposição atual dos sedimentos
pretéritos. Interdigitam-se aos sedimentos que preenchem os vales
e, à maneira dos paleo-aluviões de Rondônia, separam-se deles por
uma discordância erosiva - evidenciada, nos locais onde se encon
tram preservados em sua posição original, através de linhas de
seixos ("stone lines").

Figura 21 - SEÇÃO GEOLÓGICA DOS TERRAÇOS DO IGARAPÉ QUEIXADA, EM PITINGA - AM
(ESQUEMÁTICO)



Os terraços desenvolvem-se à meia-encosta, em uma das margens do igarapé, paralelamente ao eixo da drenagem atual. Formam estreitas faixas alongadas, com largura entre 50 e 100m, e espessura média em torno de 2m. Os desníveis entre as duas sequências são praticamente constantes, da ordem de 5 a 15m.

As massas coluviais sobrepostas têm espessuras entre 1 e 8m, e são por vezes representadas por extensos lajedos de granito semi-intemperizado. Os terraços assim obliterados - descobertos apenas ocasionalmente, durante a condução das lavras - são uma característica marcante da região de Pitinga, que pode se repetir em outras áreas da Amazônia. A grandeza dos volumes movimentados neste caso pode refletir um soerguimento tectônico da área, durante a retomada dos processos erosivos.

Os sedimentos pretéritos remanescentes podem ser assim descritos, da base para o topo:

a) Cascalhos basais:

Ocorrem em leitos descontínuos com espessuras da ordem de 0,1m, compostos por seixos centimétricos angulosos de quartzo, fragmentos de laterita - indicativos de um período de clima úmido anterior -, e massas feldspáticas intemperizadas. Apresentam notáveis concentrações de cassiterita e outros minerais pesados.

b) Areias quartzosas:

As camadas de areia dos paleovales suspensos de Pitinga apresentam espessuras da ordem de 1m e são compostas, predominantemente, por grãos de quartzo angulo

sos, de granulometria média a grosseira. Denotam melhor grau de selecionamento, em relação aos aluviões que preenchem os vales atuais, provavelmente devido ao maior retrabalhamento dos sedimentos depositados. É marcante a ocorrência de intercalações milimétricas constituídas essencialmente por cassiterita - atribuíveis igualmente ao retrabalhamento -, e a presença de descontinuidades, indicativas de deslizamentos diferenciais durante a movimentação descendente nas encostas (vide Figura 22).

c) Argilas:

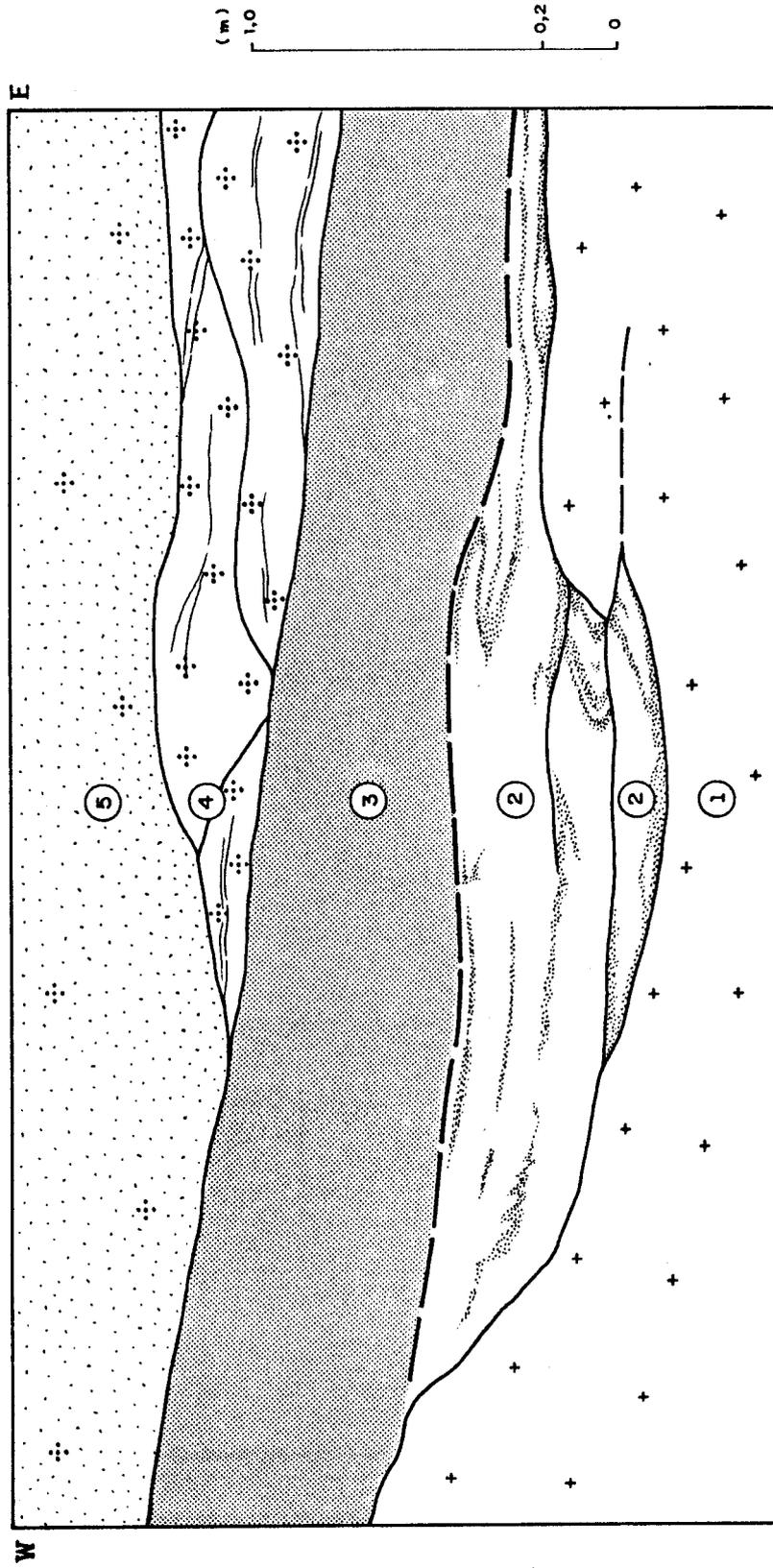
Os horizontes superiores, constituídos por areias argilosas e argilas arenosas, são mais regulares e constantes, com espessuras variando entre 0,5 e 1,0m. Têm coloração variando entre branca e castanha avermelhada. Nelas se destacam intercalações de argila plástica cinzenta, similares às que ocorrem em Rondônia.

4.3. Características das sequências sub-atuais

Os sedimentos que preenchem as calhas das drenagens de pequeno a médio porte das terras altas da Amazônia derivam diretamente de suas fontes primárias, e/ou do retrabalhamento de sedimentos mais antigos. Embora de modo geral similares, estes aluviões apresentam características distintas em função do porte da drenagem, e do tipo de fonte a que estão vinculadas.

Como antecipado, drenagens de médio porte tendem a desenvolver sequências com estratigrafia mais nítida que aquelas relacionadas a drenagens de pequeno porte. Nestas, a ausência de re

Figura 22 - FEIÇÕES DE DEFORMAÇÃO NOS PALEO-ALUVIÕES DE PITINGA - AM



SEÇÃO VERTICAL EM FRENTE DE LAVRA - IGARAPÉ QUEIXADA (ALTO CURSO)
DESCONTINUIDADES GERADAS POR COMPRESSÃO E DESLIZAMENTO DIFERENCIAL

- ① - SUBSTRATO GRANÍTICO INTEMPERIZADO
- ② - AREIA GROSSA COM LEITOS DEFORMADOS DE CASSITERITA (PONTILHADOS)
- ③ - AREIA FINA A MÉDIA, ARGILOSA, ASPECTO FERRUGINOSO
- ④ - LAJES DE GRANITO INTEMPERIZADO COM TEXTURA ORIGINAL E VÊNULAS DE CAULIM PRESERVADAS (PSEUDO-"BEDROCK")
- ⑤ - COLÚVIO GRANÍTICO

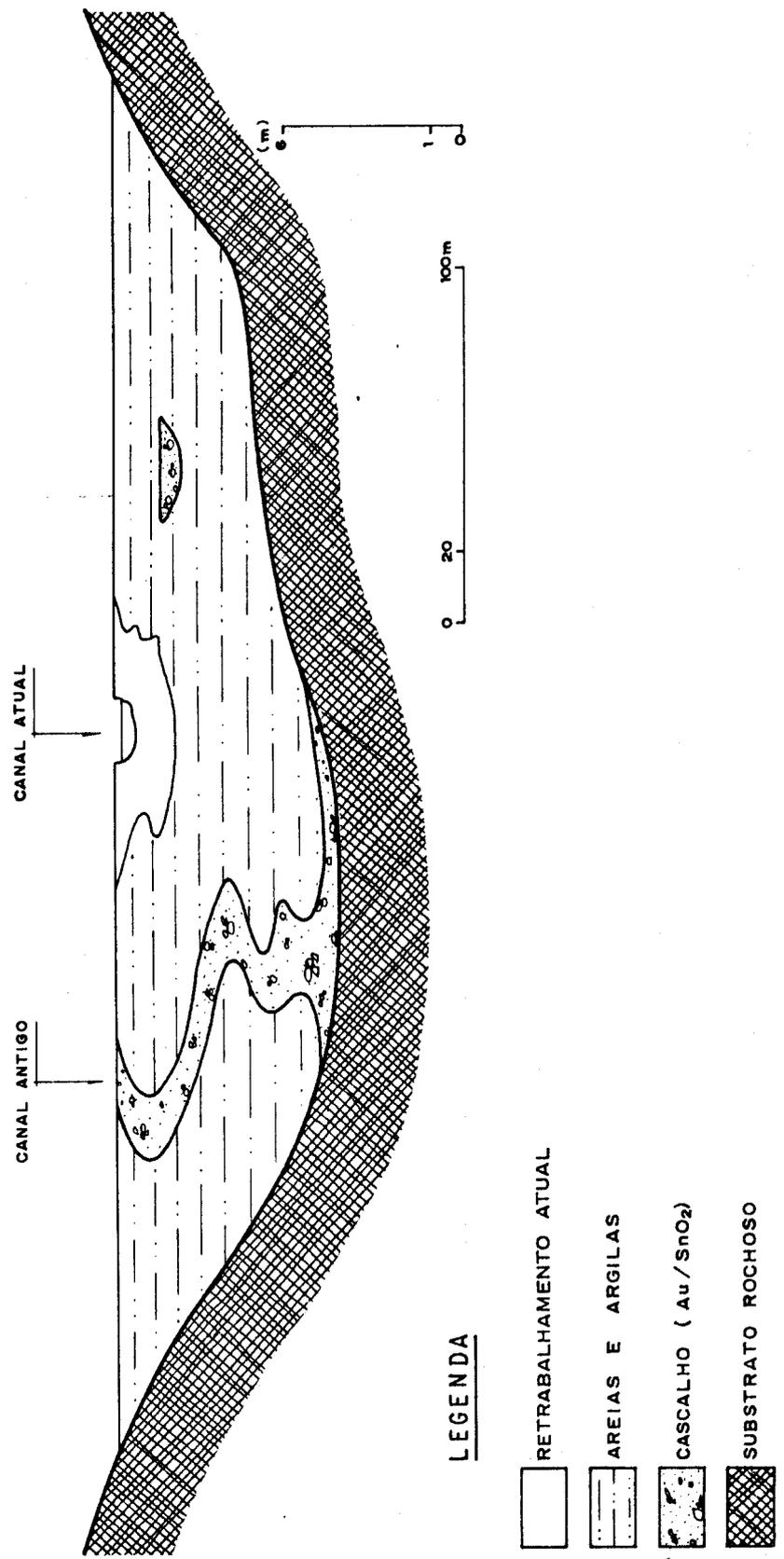
trabalhamento significativo impede uma melhor segregação granulométrica a partir da massa de sedimentos imaturos que chega ao vale. Os sedimentos permanecem mal selecionados, com baixo grau de concentração gravimétrica, e a estratigrafia resume-se em geral a um leito único com acamamento gradacional, conforme destacado na Figura 19. Os sedimentos apresentam elevada proporção de argilas; e estão muitas vezes depositados em meio a abundantes matacões graníticos, sobretudo nas cabeceiras dos igarapés.

Drenagens de médio porte, por outro lado, podem carrear as argilas a maiores distâncias, resultando em camadas arenosas mais puras e bem definidas. É comum a ocorrência de cordões de cascalho meandantes no pacote arenoso, ocupando diferentes níveis e indicativos de mudanças laterais e verticais do leito ativo da drenagem durante o preenchimento do vale (vide Figura 23). Devido à sua capacidade de concentração de minerais pesados, esses "canais ricos" guardam as melhores possibilidades econômicas nas drenagens de médio porte.

Os níveis de cascalho conservam nítidas evidências da relação entre os aluviões sub-atuais e suas fontes - tanto em drenagens de médio quanto de pequeno porte. Sua granulometria é tipicamente bimodal, com seixos em geral angulosos, de 1 a 4cm de diâmetro, imersos em matriz areno-argilosa que pode representar até 50% do volume do sedimento, como registrado por Veiga et al. (1988).

Os seixos são constituídos basicamente por quartzo, fragmentos de laterita, e de rochas frescas ou intemperizadas. A presença de laterita denota, como visto, a ocorrência de uma fase de clima úmido anterior à sua deposição - manifestada por vezes na forma de linhas de seixos ("stone lines"), discordantemente instaladas em relação aos remanescentes das seqüências pretéritas. Na mina de São Francisco essas linhas de seixos são dominantemente

Figura 23 - CORDÕES DE CASCALHO EM ALUVIÕES DE MÉDIO PORTE
(ESQUEMÁTICO)



constituídas por fragmentos angulosos e centimétricos de crostas limoníticas (vide Figura 24), em parte incorporados aos cascalhos sub-atuais.

Como dito, a angularidade é uma feição marcante dos fragmentos que compõem a fração grosseira dos sedimentos. Em certos casos, porém, constata-se a presença de seixos centimétricos excepcionalmente bem arredondados e classificados, como registrado em alguns aluviões de Massangana, São Francisco e Igarapé Preto.

A presença desses seixos rolados em depósitos imaturos de pequeno porte - em meio a fragmentos angulosos de mesma composição e dimensões semelhantes -, indica que eles não resultam diretamente de suas fontes primárias, porém constituem uma herança de fontes secundárias que concorreram à formação do aluvião.

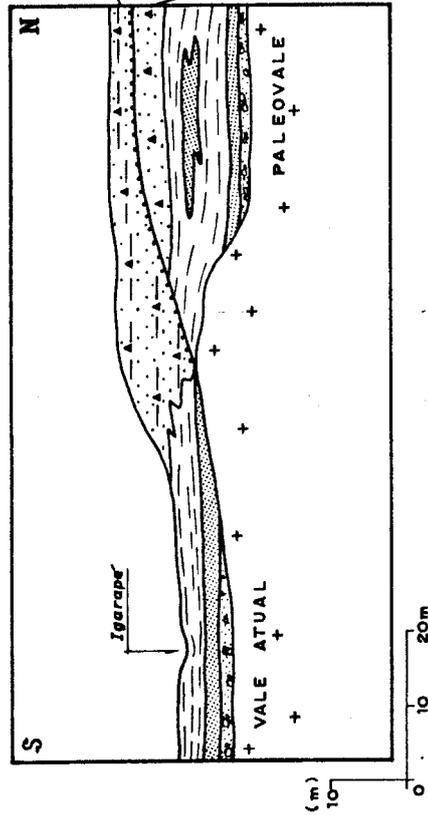
Este é o caso dos sedimentos da Formação Prainha - discordantemente instalados sobre os granitos estaníferos -, cujos conglomerados basais são caracterizados por seixos de quartzo bem arredondados, e elevadas concentrações de cassiterita. Os conglomerados sucedem-se em vários níveis intercalados a arenitos, ocupando canais com largura de ordem de 100m. Afloram nas bordas da bacia e aprofundam-se para o seu interior, onde são recobertos por centenas de metros de sedimentos arcoseanos estéreis (vide Figura 25).

Sua exposição nas bordas da área de ocorrência da Formação Prainha permite - em Igarapé Preto e São Francisco - o retrabalhamento superficial, e a consequente incorporação dos seixos rolados e do conteúdo estanífero aos aluviões pleistocênicos.

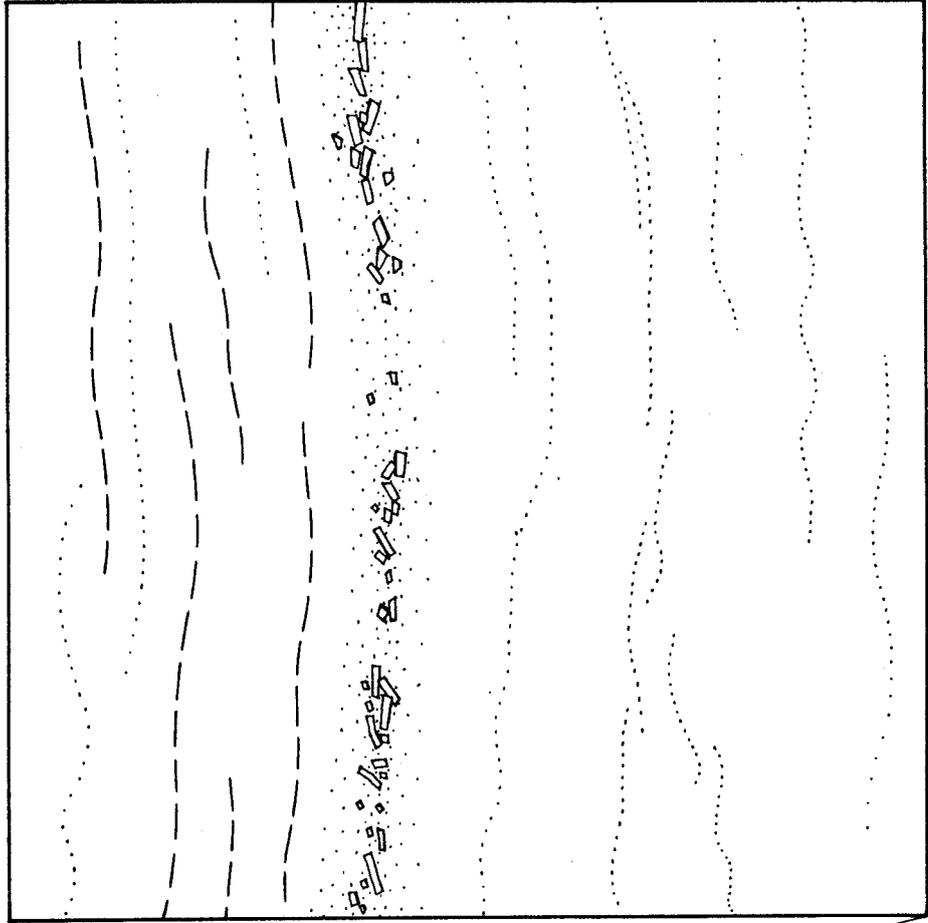
Em Massangana é frequente a ocorrência de topázio na fração grosseira dos cascalhos basais, muitas vezes na forma de cristais centimétricos bem formados, com faces e arestas sem quaisquer evidências de desgaste - indicativas portanto de transporte

Figura 24- LINHAS DE SEIXOS COM FRAGMENTOS DE CROSTAS LATERÍTICAS EM SÃO FRANCISCO - MT

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO VALE ATUAL E DO PALEOVALE NO BAIXO CURSO DO IGARAPE SÃO FRANCISCO



DETALHE DE LINHA DE SEIXOS FORMADA A PARTIR DE CROSTA LATERÍTICA FRAGMENTADA, DEMARCANDO A PALEO-SUPERFÍCIE ESCULPIDA PELA DRENAGEM ATUAL



LEGENDA

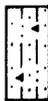
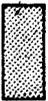
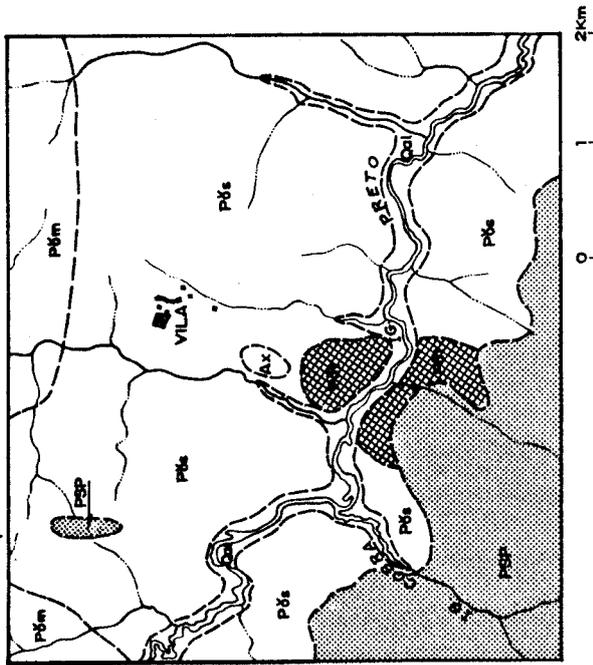
-  COLÚVIO ARENO-ARGILOSO
-  LINHA DE SEIXOS ("STONE LINE")
-  COLÚVIO ARENOSO
-  ARGILAS
-  AREIAS
-  CASCALHOS (SnO₂)

Figura 25 - SEÇÃO DE UM CANAL DA FORMAÇÃO PRAINHA EM IGARAPÉ PRETO - AM

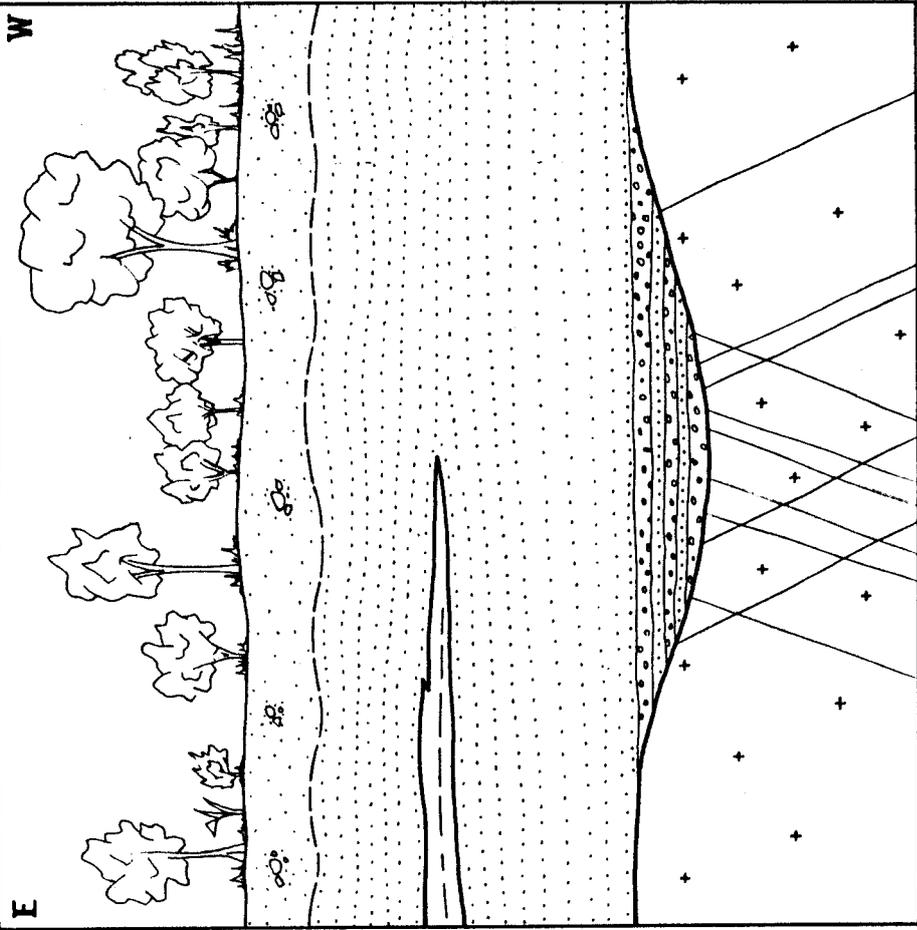
SITUAÇÃO GEOLÓGICA DOS SEDIMENTOS PRAINHA EM RELAÇÃO AOS GRANITOS ESTANÍFEROS



LEGENDA ESTRATIGRÁFICA

- QUATERNÁRIO
 - Gel ALUVIÕES PLEISTO-HOLOCÊNICOS
- PROTEROZOICO SUPERIOR
 - P6f **FORMAÇÃO PRAINHA** : ARENITOS CONGLOMERÁTICOS CONTINENTAIS
 - P6e **PROTEROZOICO SUPERIOR A MÉDIO** COMPLEXO GRANITÓIDE IGARAPÉ PRETO
 - P6e FÁCIES FELDSPATO ALCALINO GRANITO GRANOFÍRICO
 - P6e FÁCIES SIENOGRAFITO GROSSEIRO RAPAKIVÍTICO, CATACLASADO
 - P6m FÁCIES MICROGRAFITO PORFIRÍTICO
- ARQUEANO
 - Ax COMPLEXO XINGU : MONZOGRANITO CATACLASADO

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE CANAL MINERALIZADO NA BASE DO PACOTE DE ARENITOS EXPOSTO NA LAVRA ALUVIONAR DO IGARAPÉ COBRA / TUCAÏOS



CANAL ESCULPIDO EM ZONA INTENSAMENTE FRATURADA NO GRANITO :

- SOLO ARENOSO
 - ARENITO ARCOSEANO MICROCONGLOMERÁTICO
 - ARGILITO
 - CONGLOMERADO ESTANÍFERO
 - GRANITO
- LARGURA - 80m
ESPESURA - 3m

incipiente. Todavia, seixos bem arredondados podem ocorrer no mesmo local, atestando proveniências distintas: os primeiros certamente derivados de fonte primária próxima, enquanto os outros de notam trajetória mais longa, com abrasão acentuada.

O topázio ocorre predominantemente em cristais ou seixos rolados com 0,5 a 3,0cm, e também na fração arenosa. É incolor a levemente azulado, e tem boas características gemológicas.

Além do topázio, outros minerais de interesse econômico podem integrar a fração grosseira dos cascalhos. As fontes pegmatíticas de Massangana - muitas vezes situadas no substrato do aluvião - contribuem ainda com cristais centimétricos de cassiterita, wolframita e amazonita, em geral angulosos e indicativos de transporte curto.

Em Pitinga é frequente a ocorrência de ametista em cristais centimétricos, porém, não há registro, até o momento, da possibilidade de uso gemológico. Como caso extremo, registra-se a ocorrência de pepitas de ouro nos aluviões de Novo Planeta, em geral achatadas, de contorno e superfície irregulares - indicando origem laterítica -, com peso de até 22g e elevado grau de pureza.

De forma geral, contudo, os minerais pesados costumam ocorrer em granulometrias inferiores a 2mm, integrando a matriz dos cascalhos.

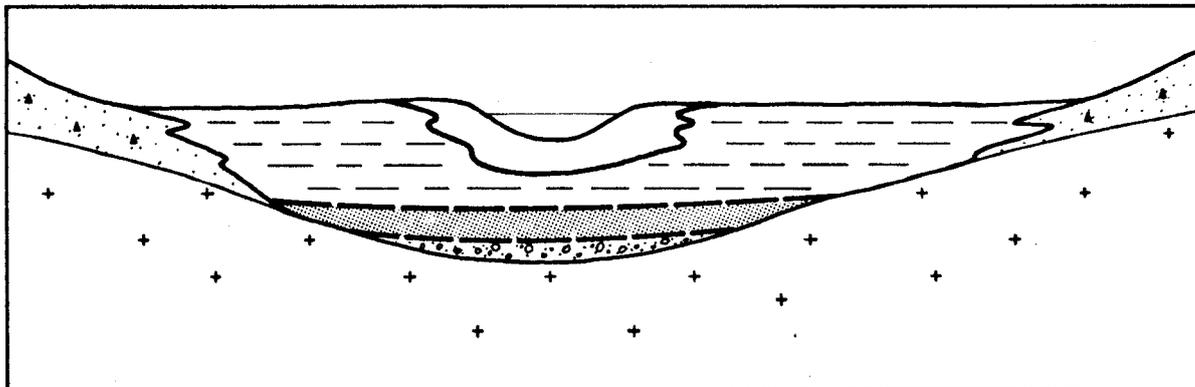
Os sedimentos grosseiros assentados no fundo dos vales atuais apresentam-se muitas vezes cimentados por limonita e/ou sílica, formando blocos ou mesmo camadas compactas que dificultam a lavra e a recuperação de valores no beneficiamento. Isto é particularmente visível na mina de Pitinga, onde a intensidade da ação supergenética em curso, vigente em fração desprezível do tempo geológico, permite avaliar a magnitude dos processos intempéricos atuantes na Amazônia durante os períodos de clima úmido, como o atual.

Em contrapartida, os colúvios recentes que marcaram os aluviões sub-atuais - ilustrados na Figura 17 -, atestam em alguns locais a persistência dos processos de modificação da paisagem. Sobretudo nas vertentes mais íngremes, possivelmente favorecidos por destruições localizadas da cobertura vegetal devidas a queima das naturais, como discutido anteriormente. De qualquer forma, o simples exame da seção do vale não é suficiente nestes casos para avaliação de suas possibilidades econômicas - possível apenas com o conhecimento mais amplo da evolução regional, e a inspeção criteriosa através de sondagens.

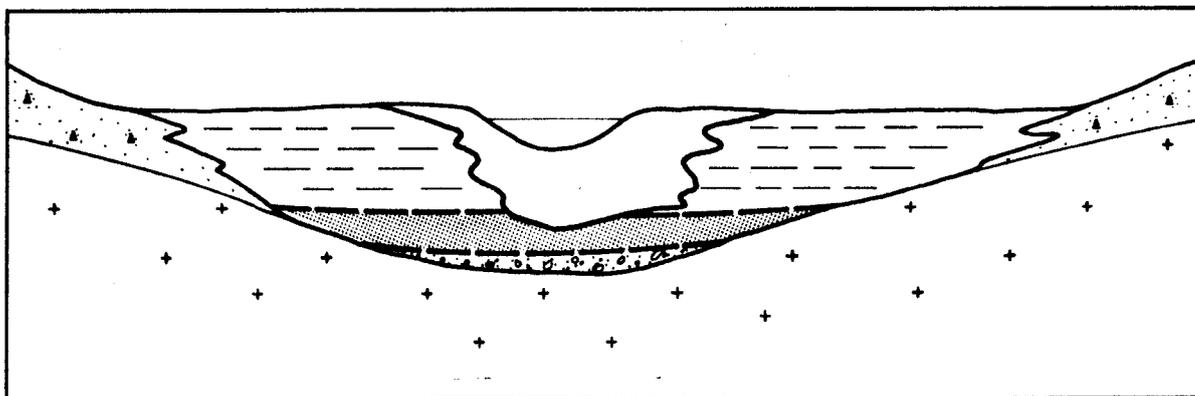
A estabilização dos sedimentos sub-atuais, propiciada pela proteção florestal e pelas próprias coberturas coluviais, limitou o seu retrabalhamento, durante o Holoceno, ao leito ativo das drenagens. Naquelas de menor porte, este retrabalhamento pode atingir o substrato rochoso onde se assenta o aluvião, resultando em significativa incorporação de valores aos sedimentos ativos - derivados dos cascalhos basais ou mesmo de fontes primárias sotopostas, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26- RETRABALHAMENTO ATUAL NO LEITO ATIVO DA DRENAGEM
(ESQUEMÁTICO)

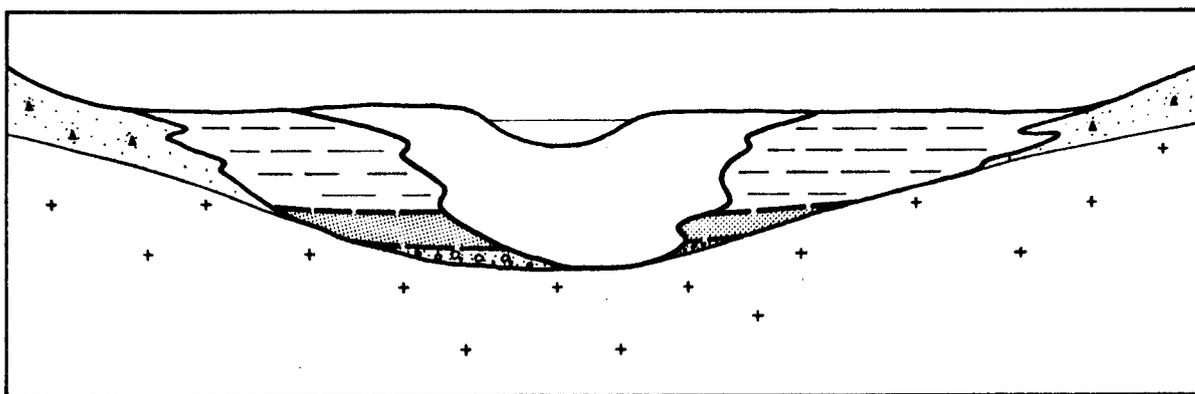
ESTÁGIO INCIPIENTE



ESTÁGIO MODERADO, SEM INCORPORAÇÃO DE VALORES AOS SEDIMENTOS ATIVOS



ESTÁGIO AVANÇADO, COM INCORPORAÇÃO DE VALORES AOS SEDIMENTOS ATIVOS



LEGENDA :

(SEM ESCALA)

	SEDIMENTOS ATIVOS
	COLÚVIOS
	ARGILAS
	AREIAS
	CASCALHOS (Au/SnO ₂)
	SUBSTRATO ROCHOSO

5. CARACTERIZAÇÃO DAS MINERALIZAÇÕES ALUVIONÁRES

Os processos de movimentos de massa, vigentes em períodos de clima mais seco e chuvas torrenciais, caracterizam-se por reduzida capacidade de concentração gravimétrica. Consequentemente, os pláceres aluvionares por eles formados representam apenas o estágio final de acumulação, a partir de duas possibilidades enumeradas por Veiga et al. (1988):

- a) Concentrações prévias em elúvios e colúvios, produzidas em períodos anteriores de clima úmido; e/ou
- b) Erosão direta de mineralizações primárias situadas em seu substrato.

O padrão de distribuição de valores e as características da assembléia de pesados do aluvião guardam, nestas condições, informações valiosas sobre a localização e natureza de suas fontes primárias e/ou secundárias, invariavelmente situadas a relativa proximidade.

5.1. Distribuição de valores

Os pláceres auríferos e estaníferos da Amazônia raramente apresentam concentrações econômicas a mais de 5 km de suas fontes. De forma geral, as reservas aproveitáveis estão circunscritas a um raio de 2 a 3 km de seu foco de dispersão, prolongando-se a partir daí na forma de concentrações acanaladas descontínuas, e/ou de pequena magnitude.

Verticalmente observa-se uma natural tendência de concentração dos minerais pesados junto aos sedimentos grosseiros -

na porção basal do depósito -, que pode representar menos de 10% do volume total do aluvião, e concentrar mais de 80% dos valores presentes. Lateralmente constata-se um incremento de espessuras e teores da borda para o eixo do aluvião - nem sempre coincidente com o leito da drenagem atual. Em caso de existir mais de um canal no depósito a distribuição lateral será naturalmente mais complexa, com mais de um pico ao longo da seção (vide Figura 27).

O padrão de distribuição de valores ao longo do depósito aluvionar é influenciado pela quantidade e natureza de suas fontes primárias e/ou secundárias. Como visto, as fontes primárias podem ser:

- a) Disseminadas: horizontes sulfetados auríferos, e albita granitos estaníferos, por exemplo.
- b) Lineares: veios/filões de espessura decimétrica a métrica, por vezes formando enxames.
- c) Puntuais: "pipes" de exogreisen com algumas dezenas de metros de diâmetro.

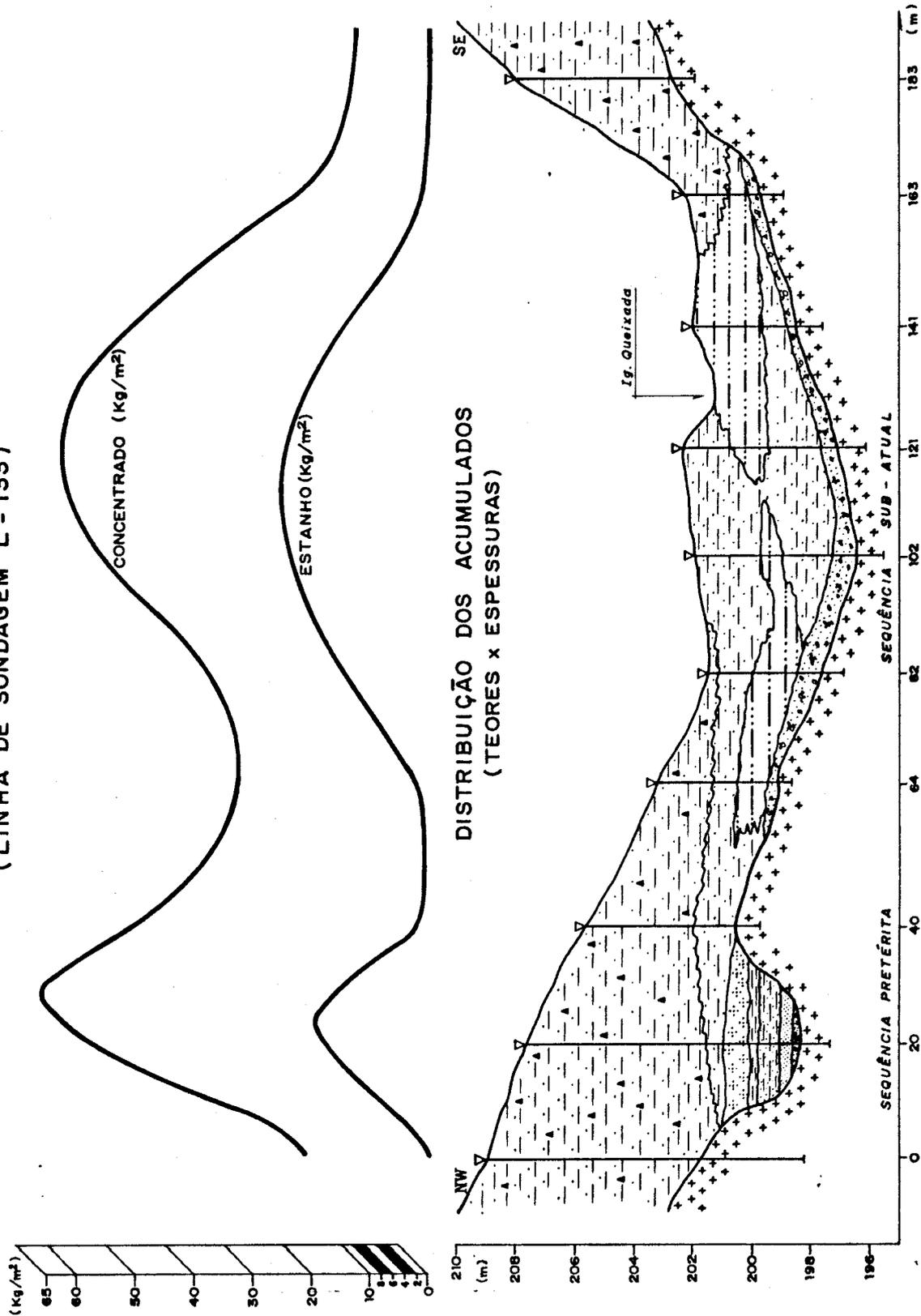
As fontes secundárias incluem:

- a) Sedimentos antigos;
- b) Terraços pretéritos;
- c) Colúvios enriquecidos; e
- d) Aporte de tributários.

Se consideradas isoladamente, cada uma dessas fontes implicaria em um padrão distinto na distribuição dos valores presentes no aluvião. Todavia, as situações mais comuns representam o somatório de mais de um processo, dificultando o estabelecimento de padrões inequívocos.

Figura 27 - SEÇÃO TRANSVERSAL COM DISTRIBUIÇÃO DE VALORES NO IGARAPÉ QUEIXADA, EM PITINGA - AM

(LINHA DE SONDAGEM L - 133)



LEGENDA

- COLÚVIO ARENO-ARGILOSO
- COLÚVIO GRANÍTICO
- ARGILA COM AREIA
- ARGILA PLÁSTICA
- AREIA COM ARGILA
- AREIA SOLTA
- CASCALHO
- GRANITO

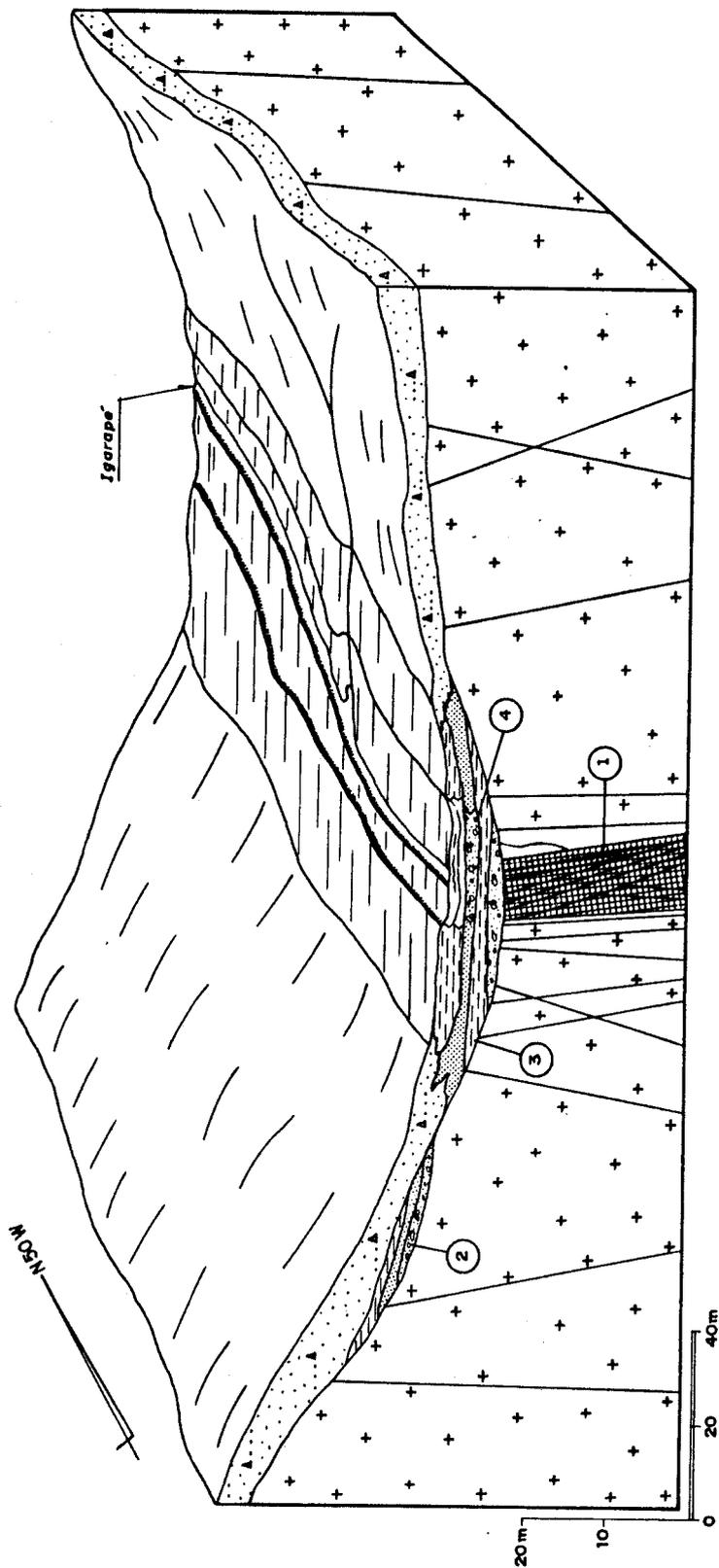
FUROS DE SONDA BANKA

Além disso, a situação espacial da fonte é bastante relevante, podendo estar situada a montante ou lateralmente em relação ao depósito - a maior ou menor distância -, ou ainda em seu substrato.

Este último caso é particularmente frequente nos aluviões amazônicos, muitas vezes controlados - como visto - pelo mesmo sistema de fraturamentos que promoveu a mineralização primária. Alguns exemplos ilustram esse condicionamento:

- a) Daoud & Veiga (1986) destacam a existência, na mina de Pitinga, de aluviões estaníferos encaixados sobre suas próprias fontes filonares, totalmente recobertas pelos sedimentos (vide Figura 28). O grau de concentração de estanho nos veios de cassiterita maciça é nitidamente superior ao dos fragmentos dispersos no pacote aluvionar, observando-se neste caso sensível diluição - e não concentração - a partir da mineralização primária.
- b) Situação semelhante ocorre em Massangana, onde o substrato de alguns aluviões é constituído por granitos cortados por veios caulinizados com cassiterita.
- c) O mesmo condicionamento parece ocorrer em alguns aluviões auríferos importantes, cujas fontes primárias são desconhecidas - porém estão encaixados em zonas de cisalhamento com direção coincidente a de concentrações filonares muito ricas, presentes no mesmo contexto. Esta hipótese se aplica aos igarapés Paulão e Marabá, em Novo Planeta - MT, e possivelmente ao rio Cassiporé, no Amapá.

Figura 28 - DISPOSIÇÃO DOS ALUVIÕES DO IGARAPÉ QUEIXADA, EM PITINGA-AM, RECOBRINDO SUAS FONTES FILONARES (ESQUEMÁTICO)



PACOTE ALUVIONAR

- ARGILA
- AREIA
- CASCALHO (SnO_2)
- COLÚVIO / ELÚVIO
- SUBSTRATO GRANÍTICO

MINERALIZAÇÕES :

- 1 FONTE PRIMÁRIA - GREISEN FILONAR
- 2 PALEOCANAL - SEQUÊNCIA PRETÉRITA
- 3 SEQUÊNCIA SUB-ATUAL
- 4 ALUVIÃO RECENTE

Ressalta-se nesses casos que o acesso às mineralizações primárias, praticamente impossibilitado pela via geoquímica convencional - sedimentos de corrente, solos - costuma ocorrer apenas durante a lavra do aluvião.

Ainda em Pitinga, constata-se sensível diferença entre a distribuição de valores ao longo de um aluvião alimentado por uma fonte disseminada com alto conteúdo metálico, situada a montante (igarapé Madeira, albita granito); e um aluvião do mesmo porte alimentado por fontes múltiplas de menor potência, situadas em seu substrato (igarapé Queixada, greisens filonares). Observa-se na Figura 29 um sensível decréscimo de valores no alto curso do igarapé Madeira, enquanto no igarapé Queixada a distribuição é mais regular - a despeito de ocorrerem, nos dois casos, marcantes oscilações de teores ao longo do cordão aluvionar, típicas dos aluviões amazônicos.

Drenagens coletoras alimentadas exclusivamente a partir de tributários costumam apresentar mineralizações descontínuas, confinadas a canais enriquecidos meandantes no pacote aluvionar, conforme ilustrado na Figura 30. Feição semelhante pode ocorrer em aluviões auríferos derivados de lateritas enriquecidas ou, de forma geral, em aluviões de maior porte alimentados por fontes disseminadas ou distantes, onde o conteúdo metálico está diluído em um grande volume de sedimentos. Além disso, o mineral-minério tende a apresentar nestas condições granulometrias mais finas, dificultando sua recuperação no beneficiamento, à maior distância das fontes.

Estatisticamente, Salomão & Falleiros (1986) demonstram que o padrão da distribuição de valores nos aluviões de pequeno a médio porte da Amazônia ajusta-se ao modelo lognormal - expressão clara de sua alta variabilidade. Em vez de uma distribuição regular, simétrica em torno da média, temos aqui marcante assime

Figura 29 - SEÇÕES LONGITUDINAIS COM DISTRIBUIÇÃO DE VALORES AO LONGO DOS IGARAPÉS MADEIRA E QUEIXADA, EM PITINGA - AM

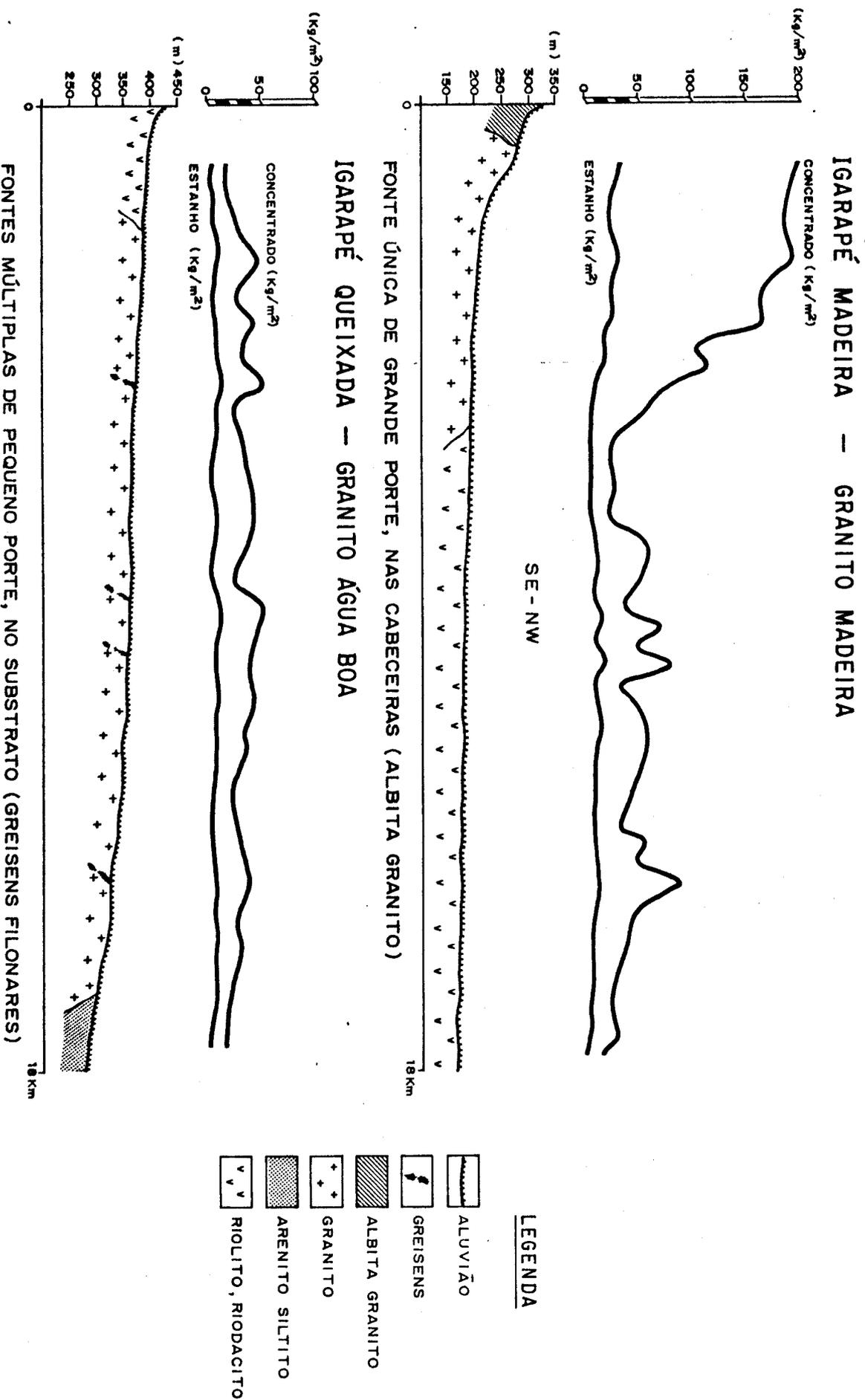
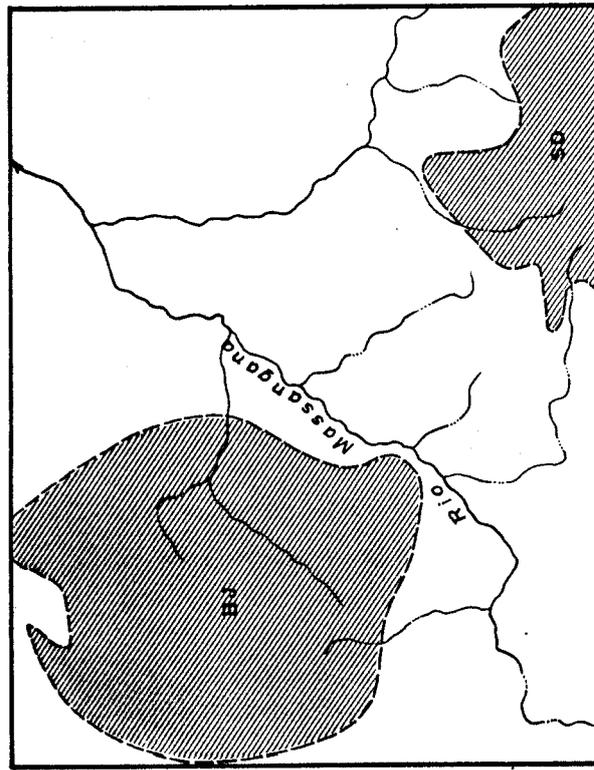


Figura 30 - MINERALIZAÇÕES ACANALADAS EM ALUVIÕES DE MÉDIO PORTE

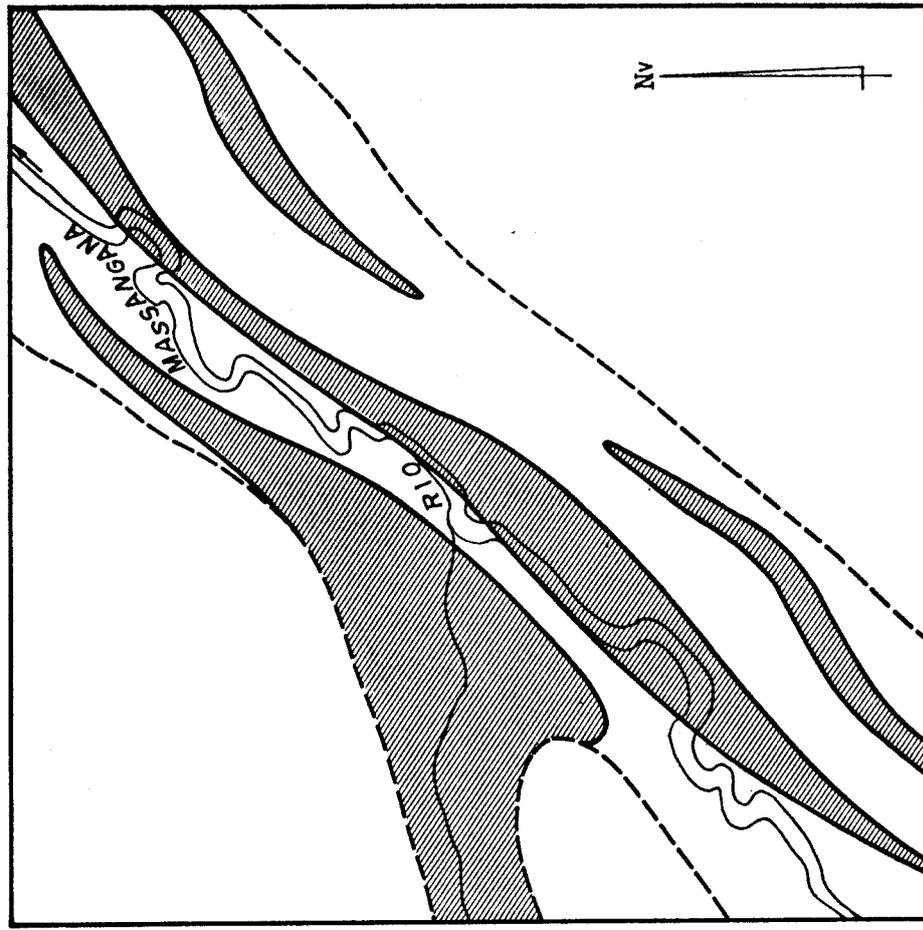
SITUAÇÃO GEOLÓGICA DO RIO MASSANGANA - RO



DISPOSIÇÃO DAS ÁREAS-FONTE E PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS MINERALIZADOS A CASSITERITA

- GRANITOS ESTANÍFEROS
- BJ - BOM JARDIM
- SD - SÃO DOMINGOS

CONCENTRAÇÕES DE CASSITERITA NAS DRENAGENS TRIBUTÁRIAS E NO COLETOR PRINCIPAL (ESQUEMÁTICO)



- - - LIMITE DO ALUVIÃO
- ▨ CONCENTRAÇÕES ECONOMICAMENTE APROVEITÁVEIS

tria, com predominância de valores baixos a intermediários, e persistência de valores altos a muito altos, definindo um amplo espectro de variação (vide Figura 31).

5.2. Mineralogia e granulometria dos concentrados

As assembléias de minerais pesados dos aluviões estaníferos guardam informações importantes sobre a natureza e magnitude de suas fontes. Um bom exemplo é encontrado na mina de Pitinga (Daoud & Veiga, 1986):

- a) Os concentrados relacionados ao granito Madeira, derivados de disseminações em albita granito, apresentam quantidades expressivas de zircão, cassiterita, columbita-tantalita, pirocloro e xenotima.
- b) Nos aluviões derivados do granito Água Boa, vinculados a greisens filonares, destacam-se cassiterita, columbita-tantalita e topázio.
- c) Como minerais de ocorrência comum aos dois tipos de aluviões encontram-se magnetita, martita, ilmenita, rutilo, limonita, ametista e quartzo, em proporções variadas.

A granulometria também é distinta: embora os perfis de distribuição sejam bastante harmônicos, refletindo idênticas condições hidrodinâmicas no desenvolvimento dos depósitos, constata-se que os grãos de cassiterita originados dos veios de greisen, do granito Água Boa, são sensivelmente mais grosseiros que aqueles derivados de disseminações do albita granito Madeira (vide Figura 32). Na mina de Massangana, a ocorrência de cristais centimétricos

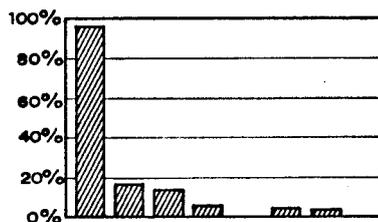
Figura 31 - PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE VALORES EM ALUVIÕES AMAZÔNICOS

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE ACUMULADOS (TEORES x ESPESSURAS) - mg. Au/m²

Igarapé Pinta no Leito — Mina de Novo Planeta - Mato Grosso

INTERVALO	FREQUÊNCIA
12 — 676	97
677 — 1.340	17
1.341 — 2.004	14
2.005 — 2.668	5
2.669 — 3.332	0
3.333 — 3.996	3
3.997 — 4.660	0
4.661 — 5.324	2
Total de Amostras :	138

Média Aritmética : 680,865 Variância Aritmética : 859046
 Média Geométrica : 297,050 Variância Logarítmica : 2,0534



DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE LOGARITMOS DE ACUMULADOS Ln (mg. Au/m²)

INTERVALO	FREQUÊNCIA
2,485 — 3,247	9
3,248 — 4,009	13
4,010 — 4,771	15
4,772 — 5,532	21
5,533 — 6,294	30
6,295 — 7,056	25
7,057 — 7,818	18
7,819 — 8,580	7
Total de Amostras :	138

Média Aritmética : 5,693 Variância Aritmética : 2,0534
 Média Geométrica : 5,491 Variância Logarítmica : 0,796
 Lim. Inferior : 2,485 Lim. Superior : 8,580
 Intervalo de Confiança (90%) = MA ± 2,364
 Intervalo de Confiança (95%) = MA ± 2,809
 Intervalo de Confiança (99%) = MA ± 3,690

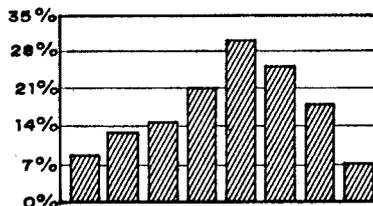
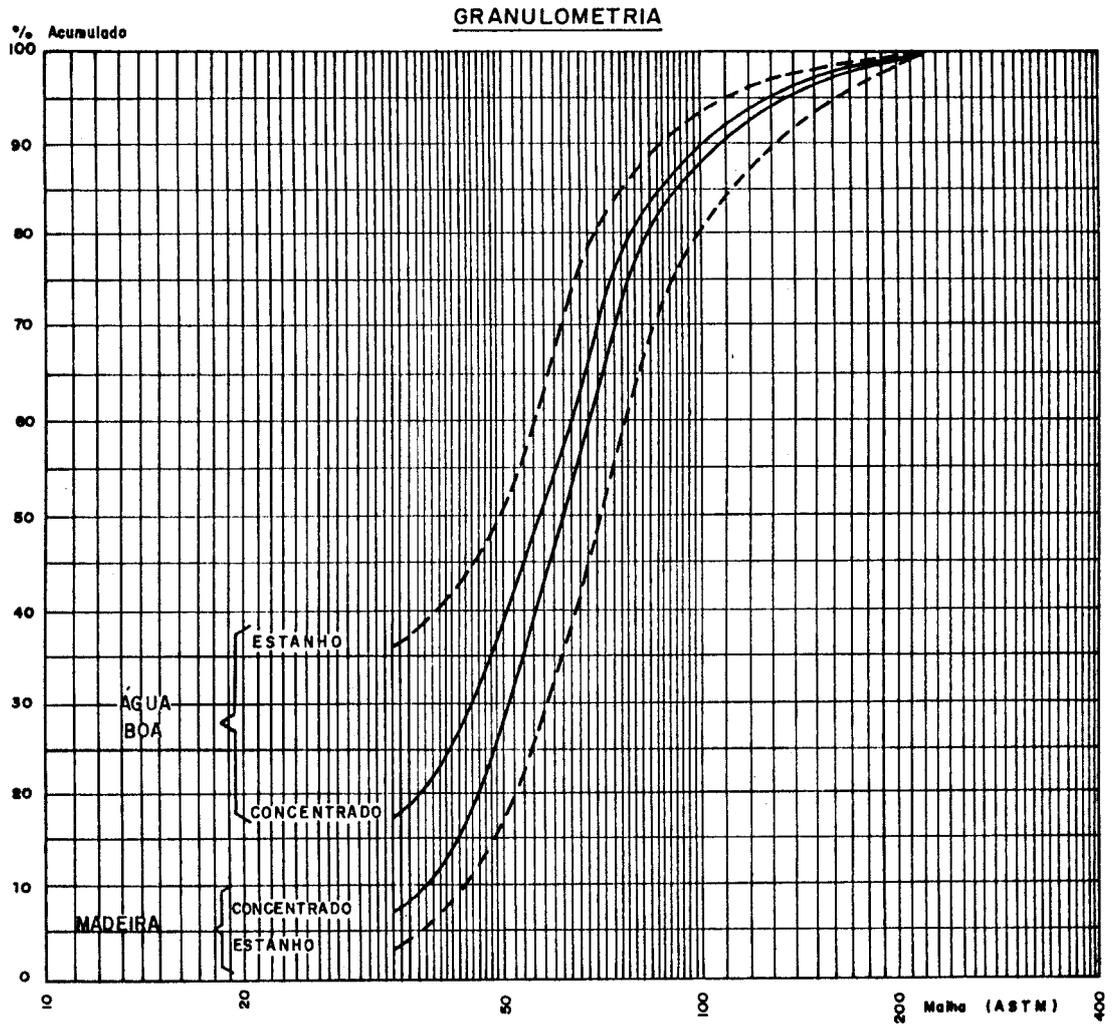


Figura 32- GRANULOMETRIA E MINERALOGIA DOS CONCENTRADOS NOS ALUVIÕES DERIVADOS DOS GRANITOS MADEIRA E ÁGUA BOA, EM PITINGA - AM



GRANULOMETRIA			MADEIRA				ÁGUA BOA			
			CONCENTRADO		ESTANHO		CONCENTRADO		ESTANHO	
Abertura			DISTRIBUIÇÃO	ACUMULADO	DISTRIBUIÇÃO	ACUMULADO	DISTRIBUIÇÃO	ACUMULADO	DISTRIBUIÇÃO	ACUMULADO
Milímetros	Tyler Mesh	ASTM	%	%	%	%	%	%	%	%
.500	32	35	08	08	04	04	19	19	37	37
.177	80	80	73	81	61	65	64	83	51	88
.147	100	100	09	90	16	81	08	91	06	94
<.104	<150	<140	10	100	19	100	09	100	06	100
TOTAIS			100		100		100		100	

Nº DE DADOS: 350

MINERALOGIA

MINERAL FONTE	CASSITERITA	ZIRÇÃO	COLUMBITA-TANTALITA/PIROCLORO	XENOTIMA	MAGNETITA/MARTITA	RUTILO/ILMENTITA	TOPÁZIO	TOTAL
MADEIRA	36,5	55,0	5,0	0,5	1,0	2,0	TRAÇOS	100,0
ÁGUA BOA	80,0	1,0	5,0	TRAÇOS	1,0	5,0	8,0	100,0

Nº DE DADOS: 20

tricos, por vezes pouco rolados, de cassiterita, topázio e amazo nita, indica como visto origem a partir de pegmatitos situados nas proximidades, ou mesmo no substrato do depósito.

Para os aluviões auríferos a situação é mais complexa, tendo em vista as transformações promovidas pela pré-concentração laterítica do ouro, com incremento da granulometria e do grau de pureza dos grãos, antes de sua acumulação no pacote aluvionar. Ao contrário da cassiterita, as paragêneses típicas das fontes primárias - sulfetos, epidoto, carbonatos, albita, etc. - costumam se perder no trajeto para o aluvião, impedindo o reconhecimento de sua natureza original.

5.3. Processos supergenéticos em curso

A ação supergenética sobre os aluviões estaníferos é pouco importante, restringindo-se à ocorrência local de cascalhos cimentados por limonita e/ou sílica, como mencionado anteriormente. Todavia, a mobilização laterítica do ouro costuma resultar em sensíveis modificações na distribuição do metal depositado no pacote aluvionar.

As drenagens da região de Novo Planeta - descritas por Marauí & Veiga (1985) - apresentam em seu estado natural águas escuras, indicativas de concentrações expressivas de ácidos húmicos produzidos pela degradação da matéria vegetal. Os aluviões apresentam-se lateritizados em grau variável, às vezes com ocorrência de concreções limoníticas em todo o perfil, e aspecto ferruginoso típico. O ouro, da mesma forma, pode estar presente em toda a coluna, com natural tendência de concentração nos cascalhos basais.

Nos horizontes argilosos superiores costuma ocorrer sob granulometria fina a ultrafina - imprópria à recuperação gravimétrica convencional, porém detectável através de análises químicas.

Destaca-se a ocorrência, nos cascalhos, de pepitas de ouro envolvendo grãos detríticos de quartzo e ilmenita, ou intercrescidas com limonita. Além disso, é notória a presença de ouro mais grosseiro, associado a concreções pisolíticas, nos trechos onde o aluvião apresenta-se mais lateritizado (Brait et al, 1986).

Grãos grosseiros ou pepitas com superfície rugosa, de forma dendrítica ou arborescente, e como cristais regularmente facetados são gerados, segundo Boyle (1979), por processos químicos de acreção a partir de disseminações finas a ultrafinas em rochas sob intemperismo.

A pureza do ouro bruto de Novo Planeta - 92% de Au, 5% de Ag, e 3% de metais diversos, em média - também é atribuída à mobilização supergenética. Mann (1984) demonstra que o ouro tende a se concentrar residualmente nos grãos submetidos a dissolução contínua, tendo em vista sua menor mobilidade química em relação a prata e outros metais mais leves, susceptíveis a rápida lixiviação.

Como proposto, tais processos teriam se iniciado nas zonas de alteração intempérica durante os períodos anteriores de clima úmido registrados na região, contribuindo desta forma à formação dos pláceres auríferos. Sua atividade porém persistiu após a estabilização dos depósitos e a restauração do clima úmido - favorecida, ao que parece, pela ação dos ácidos húmicos diluídos nas águas que percolam os aluviões.

5.4. O modelo exploratório

A caracterização geológica dos aluviões de pequeno a médio porte das terras altas da Amazônia, mineralizados a estanho e ouro, permite as seguintes conclusões:

- a) Esses pláceres representam, de forma geral, depósitos extremamente imaturos, resultantes de processos de movimentos de massa típicos de clima semi-árido - anteriores portanto à última expansão da floresta pluvial, no início do Holoceno.
- b) Caracterizam-se por baixa capacidade de concentração gravimétrica, significando, desta forma, apenas o estágio final de acumulação a partir de concentrações prévias em elúvios e colúvios, ou de mineralizações primárias situadas em seu substrato - no caso de depósitos encaixados no mesmo sistema de fraturamentos que propiciou a instalação de fontes filonares.
- c) Os depósitos que preenchem os vales podem estar mascarados por expressivas coberturas colúvias, requerendo cuidados adicionais na avaliação de suas possibilidades econômicas.
- d) Remanescentes de sequências pretéritas podem ocorrer como terraços recobertos por colúvios ou como paleovales soterrados - constituindo depósitos ricos, porém dificilmente detectáveis através dos trabalhos rotineiros de pesquisa.
- e) O padrão de distribuição de valores e as características da assembléia de pesados guardam informações valiosas sobre a localização e natureza de suas fontes primárias e/ou secundárias, invariavelmente situadas a relativa proximidade.
- f) No caso do ouro, deve-se levar em conta a possibilidade de mobilização laterítica do elemento após a deposição do aluvião.

g) A alta variabilidade na distribuição de valores no aluvião ajusta-se ao modelo lognormal, requerendo procedimentos específicos para cálculo dos teores de sondagem e avaliação de reservas, conforme metodologia estabelecida por Salomão & Falleiros (1986).

Outros pontos merecem destaque, na elaboração de um modelo exploratório adequado à busca de aluviões mineralizados na Amazônia, e - a partir deles - de suas fontes primárias.

A capacidade de concentração desses depósitos é muitas vezes superestimada, com conseqüente subestimação do potencial de suas fontes geradoras, ou interpretação equivocada sobre sua natureza e posicionamento. Reitera-se que a possibilidade de existência de fontes primárias no substrato, ou de colúvios enriquecidos atuando como áreas-fontes, devem ser devidamente consideradas na avaliação do potencial das áreas.

Além disso, os parâmetros revelados no aluvião - seja nos trabalhos de pesquisa e lavra, seja no cadastramento de garimpos em atividade - representam informações importantes para busca de outros domínios mineralizados. Observe-se que a pequena dispersão dos resistatos, em drenagens com baixa competência de transporte, impõe sérias limitações à amostragem geoquímica de sedimentos ativos na Amazônia - muitas vezes adotada como única ferramenta exploratória.

Isto é agravado por diversos fatores, tais como: a grande extensão das áreas exploradas, a dimensão restrita dos alvos pretendidos, e as dificuldades de acesso, observação, e de garantia de representatividade dos dados obtidos. Em algumas áreas a própria densidade da rede de drenagem não permite uma cobertura amostral suficientemente representativa para diagnóstico do seu potencial mineral.

Neste sentido, a caracterização dos jazimentos aluvionares pode se constituir em uma via eficiente para prognóstico da natureza, porte e posicionamento de fontes primárias ou secundárias desconhecidas - que despertam interesse crescente na Amazônia, à medida em que se esgotam as reservas aluvionares conhecidas.

A resolução estratigráfica do depósito, a análise da distribuição de valores, e a adequada caracterização da suíte de pesados adquirem assim uma importância que extrapola o domínio do próprio aluvião, e conduzem à avaliação integral do potencial da área sob investigação.

Desfazem-se, desta forma, alguns mitos - usualmente adotados como norma, em detrimento da realidade dos fatos. Os aluviões amazônicos não são depósitos simples, e requerem um tratamento específico, adequado à sua realidade geológica - sob pena de insucesso do empreendimento mineiro, e de perda de informações valiosas sobre o real potencial da área, conforme enfatizado por Salomão & Veiga (1989).

Sabe-se que apenas com espírito crítico, criativo e permanentemente atento, pode o geólogo garantir a qualidade das informações que gera no seu trabalho de exploração, ou de acompanhamento de lavra. E este, sem dúvida, é um bom campo para exercício das investigações, na certeza de que ainda há muito por se fazer em relação ao potencial mineral das terras altas da Amazônia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que hoje se sabe sobre a Geologia do Quaternário da Amazônia já é suficiente para formulação de uma ampla interpretação de sua evolução paleo-ambiental - importante neste momento histórico, em que a região passa por transformações sem precedentes, em todos os sentidos.

Os aluviões auríferos e estaníferos existentes em suas terras altas adquirem desta forma duplo significado. De um lado, constituem um registro abrangente das oscilações climáticas ocorridas na região durante o Pleistoceno, e das consequências paleo-ambientais em suas terras altas.

A estratigrafia desses depósitos permite reconstituir pelo menos dois períodos de clima mais seco, correlacionáveis às últimas glaciações - em perfeita correspondência com outros estudos em desenvolvimento na região. São identificadas as seguintes sequências de pequeno a médio porte:

- a) Sequências pretéritas: em parte retrabalhadas, ocupam paleovales soterrados ou terraços. Têm idades mínimas da ordem de 35.000 anos A.P., e são atribuídas ao Pleistoceno superior a médio.
- b) Sequências sub-atuais: ocupam as calhas da rede de drenagem atual porém são anteriores à última expansão da floresta, e estão ocasionalmente recobertas por colúvios. Suas idades devem variar entre 20.000 e 13.000 anos, aproximadamente, correlacionando-se portanto ao segundo sub-ciclo do glacial Winsconsiniano, do Pleistoceno superior.

- c) Sequências atuais: representam o retrabalhamento localizado das sequências sub-atuais, restrito ao leito ativo das drenagens, a partir da expansão da cobertura florestal no início do Holoceno.

Os sedimentos pleistocênicos guardam sinais inequívocos de uma tradição cultural remota, amplamente disseminada nas terras altas da Amazônia na forma de artefatos de pedra polida, e de oficinas líticas recobertas pelos aluviões. O enquadramento estratigráfico desses registros altera radicalmente a interpretação sobre a Pré-história da região - antes centrada na várzea holocênica -, indicando que a ocupação humana da Amazônia ocorreu muito antes do que se supunha.

Por outro lado, os plácemes amazônicos constituem importantes vetores da faina desbravadora contemporânea - sustentando empreendimentos mineiros organizados, e produtores independentes dedicados à garimpagem. Foi isto que propiciou sua caracterização geológica - aqui apresentada no sentido de destacar suas peculiaridades, e a necessidade de uma abordagem técnica adequada à sua realidade geológica.

Gerados através de movimentos de massa - processos característicos dos períodos de clima mais seco -, os depósitos são imaturos, mal selecionados, apresentam alta variabilidade na distribuição de valores, e estão situados a relativa proximidade de suas fontes geradoras. Representam, desta forma, apenas o estágio final de concentrações prévias em elúvios ou colúvios, ou o resultado da erosão direta de fontes primárias situadas em seu substrato. A contribuição de fontes secundárias - sedimentos antigos, aluviões pretéritos, ou aporte de tributários - é preponderante em alguns casos.

Os parâmetros revelados nos aluviões podem assim se constituir em uma ferramenta exploratória eficaz para a busca de suas fontes geradoras, primárias e secundárias. Acredita-se ser possível, por essa via, ampliar rapidamente o conhecimento sobre o potencial mineral das terras altas da Amazônia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSY, M. L.; VAN DER HAMMEN, T.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FOURNIER, M.; TURCQ, B. Data on the history of vegetation and climate in Carajás, Eastern Amazonia. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1. São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 129-131.
- ALMEIDA, F. F. A evolução dos cratons Amazônico e do São Francisco comparada com a de seus homólogos do Hemisfério Norte. In: Congr. Bras. Geologia, 30, Recife, 1978, Anais... Recife, SBG, 1978, v. 6, p. 2293-2407.
- AMARAL, G. Geologia pré-cambriana da região amazônica. São Paulo, Inst. Geociências USP, 1974, 212p. (Tese Livre Docência).
- BAHIA, R. R. & ABREU, F. A. M. O rift do Amazonas - sistema tectogênico na Plataforma Amazônica. In: Simp. Geol. Amaz., 2, Belém, 1985. Anais... Belém, SBG, 1985, v. 1, p. 222-241.
- BAKER, V. R. Adjustment of fluvial systems to climate and source terrain in tropical and subtropical environments. In: A. D. MALL (ed.). Fluvial sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol., Mem. 5:221-230, 1978.
- BERGER, A. L. Astronomical forcing of Quaternary climates - a problem of global changes. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1. São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 9-11.
- BETTENCOURT, J. S.; MUZZOLON, R.; PAYOLLA, B. L.; DALL'IGNA, L. G.; PINHO, O. G. Depósitos estaníferos secundários da região central de Rondônia. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coord) Principais Depósitos minerais do Brasil, Brasília, DNPM, 1988, v. 3, p. 213-241.

- BLOOM, A. L. Superfície da Terra. Ed. Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 1970.
- BOYLE, R. W. The geochemistry of gold and its deposits. Geol. Survey Canada Bull. 280, 1978.
- BRAIT Fo., L.; FERRON, M.; MARAÚÍ, C. A.; LATORRACA, F. Diretrizes geológicas para prospecção e pesquisa de aluviões auríferos na região de Novo Planeta, Alta Floresta - MT. In: Congr. Bras. Geologia, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG, 1986.
- CAMPBELL Jr., K. E. The Late Pleistocene of South America: a new approach. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1. São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 118-124.
- CARVALHO Fo., N. B.; HORBE, M. A.; HORBE, A.; BRITTO, P.C. A natureza dos depósitos de cassiterita do setor Madeira, região de Pitinga, Amazonas, Brasil. In: Symp. Amaz., 2, Manaus, DNPM, 1984, p. 459-466.
- COLINVAUX, P. A. The past and future Amazon. Scientific American, 260(5):68-74, 1989.
- CORDANI, V. G. & BRITO NEVES, B. B. The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. Rev. Bras. Geol., 12(1/3):78-88, 1982.
- DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E. A. P.; SÁ, C. A.S.; MEDEIROS, H.; GASTAL, M. C. P.; TEIXEIRA, N. P. Estado atual do conhecimento sobre as rochas granitóides da porção sul da Amazônia Oriental. Rev. Bras. Geociências 16(11):11-23, 1986.
- DAOUD, W. El K. Granitos estaníferos de Pitinga, Amazonas: contexto geológico e depósitos minerais associados. Depto. Geociências UnB, 1988, 194p. (Tese Mestrado).

- DAOUD, W. El K. & ANTONIETTO Jr., A. Geologia do granito estanífe ro Água Boa, Pitinga - AM. In: Simp. Geol. Amaz., 2, Belém, 1985. Anais... Belém, SBG, 1985, v. 3, p. 17-33.
- DAOUD, W. El K. & ANTONIETTO Jr., A. Mina de estanho de Pitinga, Amazonas. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C. E.S. (coord.) Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília, DNPM, 1988, v. 3, p. 201-211.
- DAOUD, W. El K. & VEIGA, A. T. C. Geologia dos aluviões estanífe ros da mina de Pitinga - Am. In: Congr. Bras. Geol., 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG, 1986, v. 5, p. 2048-2062.
- DAOUD W. El K. & VEIGA, A. T. C. A importância dos processos de cisalhamento na gênese das mineralizações auríferas de Novo Planeta, Alta Floresta - MT. In: Congr. Bras. Geol., 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, 1988, v. 1, p. 88-92.
- DUMONT, J. F. Neotectonic of the Peruvian jungle as related to geomorphology, and fluvial dynamics. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1, São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 140-144.
- FAIRBRIDGE, R. W. Eustatic changes in the sea level. Physics and chemistry of the Earth, v. 4, 1961.
- FERREIRA, A. R. Viagem filosófica ao rio Negro. MPEG/CNPq, Belém, 1983, 775p.
- FRANZINELLI, E. & PIUCI, J. Evidências de neotectonismo na Bacia Amazônica. In: Congr. Latino-americano Geol., 7, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, 1988, v. 1, p. 80-90.
- GOHAU, G. História da Geologia, Publicações Europa-América, Forum da Ciência, Lisboa, 1988, 207p.

- HARDMAN, F. F. Trem fantasma - a modernidade na selva. Companhia das Letras, São Paulo, 1988, 291p.
- HASTENRATH, S. The role of the Atlantic in the global heat budget. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1, São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 25-29.
- HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E.; SCHOBENHAUS, C. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geodinâmico. In: Symp. Amazônico, 2, Manaus, 1984, Anais..., Manaus, DNPM, 1984, p. 129-147.
- HORBE, M. A.; HORBE, A. C.; TEIXEIRA, J. T.; COSTI, H. T. Granito Madeira: petrologia, petroquímica e mineralizações. In: Simp. Geol. Amaz. 2, Belém, 1985. Anais..., Belém, SBG, 1985, v. 3, p. 284-320.
- KHALLYHABBY, T. Arqueologia na região de Lagoa Santa. Educação, 6(23):49-64, 1977.
- KOTSCHUBEY, B. & TRUCKENBRODT, W. Evolução poligenética das bauxitas do distrito de Paragominas-Açailândia (Estados do Pará e Maranhão). Rev. Bras. Geoc. 11(3):193-202, 1981.
- LEONARDOS, O. H.; JOST, H.; VEIGA, A. T. C. Brazilian gold districts: how many are not associated with shear zones? Bicentennial Gold 88, Melbourne, 1988.
- LESTRA, A. D. & NARDI, J. I. S. O ouro na Amazônia Oriental - o mito e a realidade. Belém, Grafisa, 1982, 395p.
- MACAMBIRA, M. J. B.; TEIXEIRA, J. T.; DAOUD, W. El K.; COSTI, H. T. Geochemistry, mineralizations and age of tin-bearing granites from Pitinga, Northwestern Brazil. Rev. Bras. Geoc., 17(4):562-570, 1987.

- MANN, A. W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: some observations from Western Australia. Economic Geology, 79:38-49, 1984.
- MARAUÍ, C. A. & VEIGA, A. T. C. Síntese geológica da região de Novo Planeta, Alta Floresta - MT. In: Simp. Geol. Amaz., 2, Belém, 1985. Anais..., Belém, SBG, 1985, v. 1, p. 155-164.
- MEGGERS, B. J. & EVANS, C. A reconstituição da Pré-história amazônica. Belém, MPEG, publ. av. 20:51-69, 1973.
- MILLER, E. T. Relatório preliminar das pesquisas arqueológicas realizadas na área da Usina Hidrelétrica de Samuel. Eletro norte, Porto Velho, 1987, 30p. (Relatório Inédito).
- MILLER, E. T. Inventário arqueológico da bacia e sub-bacia do rio Madeira (1974-1987). Eletronorte, Porto Velho, 1987, 55p. (Relatório Inédito).
- NARANJO, P. Plantas alimenticias del Ecuador precolombino. Inter ciencia, 10(50):227-235, 1985.
- PAYOLLA, B.; MUZZOLON, R.; PINTO, O. G.; BETTENCOURT, J. S. Estratigrafia preliminar e ambientes de sedimentação dos depósitos estaníferos secundários nos distritos de Cachoeirinha, Monte Negro e Oriente Novo, Estado de Rondônia. In: Symp. Amazônico, 2, Manaus, 1984. Anais... Manaus, DNPM, 1984, p. 359-374.
- PELACHIN, P.; TROMBIM, O. A.; MAGNANO, E. L. Geologia da mina de estanho de São Francisco, Aripuanã, MT. In: Congr. Bras. Geologia, 34, Goiânia, 1986. Anais..., Goiânia, SBG, 1986, v. 5, p. 2063-2071.
- PELACHIN, P. & DAOUD, W. El K. Petrografia, petroquímica e mineralizações dos granitos estaníferos de São Francisco, Aripuanã - MT. In: Congr. Bras. Geologia, 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, 1988, v. 3, p. 1174-1182.

- PETRI, S. & FULFARO, V. J. Geologia do Brasil: Fanerozóico. T. A. Queiroz/USP, São Paulo, 1983.
- POLITIS, G. Quem matou o megatério? Ciência Hoje, 9(51):44-53, 1989.
- RUOCCO, M. The beginning of the climatic alternations characteristic for the Quaternary. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989, Spec. publ. 1. São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 36-37.
- SALOMÃO, E. P. O ofício e a condição de garimpar. In: ROCHA, G.A. (org.) Em busca do ouro - garimpos e garimpeiros no Brasil, CONAGE/Marco Zero, São Paulo, 1984, p. 35-86.
- SALOMÃO, E. P. & FALLEIROS, W. G. O controle das variáveis operacionais de sondagem (CVOS): uma nova e consistente metodologia para determinação de teores na sondagem banka. In: Simp. Intern. Ouro, 2, Rio de Janeiro, 1986. Anais..., Rio de Janeiro, 1986.
- SALOMÃO, E. P. & VEIGA, A. T. C. Prospecção e pesquisa de depósitos aluvionares. Curso IBRAM, publ. av., Belo Horizonte, 1984.
- SALOMÃO, E. P. & VEIGA, A. T. C. Prospecção e pesquisa de depósitos aluvionares (2). Curso IBRAM, publ. av., Belo Horizonte, 1989, 74p.
- SANTOS, J. O. S. & LOGUERCIO, S. O. C. A parte meridional do craton Amazônico (Escudo Brasil-Central) e as bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: SCHOBENHAUS, C. et alii (coord.). Geologia do Brasil - texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil... escala 1:2.500.000. DNPM, Brasília, 1984, p. 93-127.

- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D. A. A evolução da plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (coord.). Geologia do Brasil - texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil... escala 1:2.500.000. DNPM, Brasília, 1984, p. 9-53.
- SIOLI, H. Amazônia - fundamentos da ecologia da maior região de floresta tropicais. Ed. Vozes, Petrópolis, 1984, 72p.
- SLINGERLAND, R. & SMITH, N. D. Occurrence and formation of water-laid placers. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1986, 14:113-147.
- SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; LEPRUN, J. C.; SERVANT, M.; TURCQ, B.; FOURNIER, M.; SIFEDDINE, A. The Quaternary lacustrine deposits of the Serra dos Carajás (State of Pará, Brazil): ages and other preliminary results. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1, São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 125-128.
- STERNBERG, H. O'R. Vales tectônicos na planície Amazônica? Rev. Bras. Geogr., 12(4):511-535, 1950.
- VEIGA, A. T. C. As minas de estanho de Igarapé Preto-Amazonas, Massangana - Rondônia, e São Francisco - Mato Grosso, Província Estanífera de Rondônia. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C. E. S. (coord.). Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, DNPM, 1988, v. 3, p. 256-260.
- VEIGA, A. T. C. Paleoenvironmental and archaeological significance of alluvial placers of the Brazilian Amazon. In: Intern. Symp. on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo, 1989. Spec. publ. 1, São Paulo, ABEQUA/INQUA, 1989, p. 136-139.

- VEIGA, A. T. C.; BRAIT Fo., L.; OLIVEIRA, C. A. C. Geologia da Província Aurífera do Cassiporé, Amapá. In: Simp. Geol. Amaz., 2, Belém, 1985. Anais..., Belém, SBG, 1985, v. 3, p. 135-146.
- VEIGA, A. T. C.; DARDENNE, M. A.; SALOMÃO, E. P. Geologia dos aluviões auríferos e estaníferos da Amazônia. In: Congr. Bras. Geologia, 35, Belém, 1988. Anais..., Belém, SBG, 1988, v.1, p. 164-177.
- WAGHORN, J. G. The geology of Rondônia, western Brazil, with special reference to tin-bearing granite complexes and placer deposits. Faculty of Science of the University of London, 1974 (unpubl. Ph.D. Thesis).
- VAN DER HAMMEN, T. Changes in vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding area during Pleistocene. *Geologie en Mijnbouw*, 51:641-643.
- WHITMORE, T. C. & PRANCE, G. T. Biogeography and Quaternary History in Tropical America. Clarendon Press, Oxford, 1987, 214p.
- WUST, I. & MENEZES, V. B. Tecnologia e arte das sociedades pré-coloniais brasileiras. In: Tradição e ruptura - síntese da arte e cultura brasileiras. Fund. Bienal de São Paulo, São Paulo, 1984, p. 9-21.