CONTRIBUIÇÃO AO ENTENDIMENTO DO FUNCIONAMENTO HÍDRICO E DE AMBIENTES ALTERADOS EM MICROBACIA DEGRADADA PELA EXPLORAÇÃO GARIMPEIRA

Sandra Márcia LAET [1] & Fernando Ximenes de Tavares SALOMÃO [2]

(**1**) Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/MT, Coordenadoria de Monitoramento e Recuperação de Áreas Degradadas – CMRAD. Rua C, s/nº – Palácio Paiaguás, Centro Político Administrativo. CEP 78050-970. Cuiabá, MT. Endereço eletrônico: smlaet@yahoo.com
(**2**) Departamento de Geologia Geral, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT. Avenida Fernando Corrêa, s/nº – Coxipó. CEP 78060-900. Cuiabá, MT. Endereço eletrônico: ximenes@cpd.ufmt.br

Introdução
Caracterização Geral da Área de Estudo
Material e Métodos
Resultados e Discussão
Ambientes Resultantes das Atividades Garimpeiras
Compartimento de Ambientes Secos
Compartimento de Ambientes Úmidos
Funcionamento Hídrico das Microbacias Selecionadas
Conclusões e Recomendações
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A atividade garimpeira em Mato Grosso ocasionou significativos impactos, promovendo a desorganização dos cursos d'água e do funcionamento hídrico e a intensificação dos processos erosivos e de assoreamento, como observado em cursos d'água da bacia do Alto Paraguai que afluem para o Pantanal matogrossense. Com o objetivo de subsidiar a minimização dos impactos ambientais, servindo de referência à recuperação de áreas degradadas, privilegiou-se numa microbacia representativa estudos voltados à interpretação do funcionamento hídrico e caracterização dos ambientes alterados, comparando-os com as condições naturais observadas em outra microbacia não impactada por atividades garimpeiras. Foram utilizadas abordagens que buscam a interpretação integrada do meio físico e a dinâmica hídrica de vertentes, embasadas na morfopedologia e estudo de topossequência, permitindo a identificação cartográfica e caracterização dos ambientes alterados e a compreensão das possibilidades de recomposição das condições ambientais, envolvendo em especial à dinâmica hídrica das vertentes e do curso d'água.
Palavras-chave: atividade garimpeira, topossequência, funcionamento hídrico, recuperação ambiental.

ABSTRACT – *S.M. Laet & F.X. de T. Salomão - Contribution to the understanting of the functioning of water in changed environments in microbasin degraded by mineral exploration*. The mining activity in Mato Grosso has caused significant impacts, promoting disruption in the courses of water and in the functioning of water system as well the intensification of erosion and silting process, as observed in the courses of water of the Alto Paraguai Basin that flow toward to Pantanal of Mato Grosso. In order to support the mitigation of environmental impacts, providing a reference to the restoration of degraded areas, we focused on a representative microbasin the studies on interpretation of functioning of water system and characterization of changed environments, comparing them with the natural conditions observed in other non- impacted microbasin by mining activities. The approaches used in this research seek the integrated interpretation of the physical environmental and the dynamic aspects of water in hillsides, based in morphopedological characteristics and in the toposequences studies, allowing identification mapping and the characterization of changed environments and understanding the possibilities for regeneration of environmental conditions, involving in particular the dynamic of hillsides and courses of water.
Keywords: gold mining activity, toposequence, functioning water, environmental regeneration.

INTRODUÇÃO

A atividade garimpeira de extração de diamante na bacia do Alto Rio Paraguai, ocasionou significativos impactos ambientais na região, gerando um passivo ambiental de cerca de 12.500 ha de áreas degradadas, localizadas ao longo dos cursos d'água (METAMAT& FEMA, 1996). Dentre as drenagens mais impactadas destacam-se as dos córregos São Pedro, Lajinha, Santo Antônio, Pau Grosso e Barro Preto e dos rios São Francisco, Areias, Maria Joana, Santana e rio Paraguai, importantes formadores do Pantanal de Mato Grosso, reconhecido como Reserva da Biosfera Mundial, gerando um quadro avançado de erosão, assoreamento,

desorganização dos cursos d'água, e destruição da biota.

Os estudos realizados tiveram por objetivo a identificação cartográfica e caracterização dos ambientes alterados e a interpretação do funcionamento hídrico de duas vertentes por meio de topossequência, sendo uma impactada e outra não impactada por atividades garimpeiras, de maneira a subsidiar práticas de recuperação de áreas degradadas.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área objeto desse estudo, localiza-se no município de Nova Marilândia, região central de Mato Grosso, compreendendo as microbacias dos córregos Pau Grosso e Barro Preto, afluentes do rio São Francisco, que se dirigem ao rio Santana, e este para o rio Paraguai (Figura 1).

A região enquadra-se no clima tipo Tropical Continental, com índices de pluviosidade que variam de 1.300 mm a 2.000 mm, com duas estações bem definidas, sendo uma estação chuvosa e uma estação seca que coincide com o inverno, onde se desenvolve uma cobertura vegetal representada por uma zona de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado (Brasil, 1982).

Em termos geológicos a área objeto é constituída por litologias do Grupo Parecis, Grupo Bauru e sedimentos quaternários. O Grupo Parecis tem sua porção basal representada pela Formação Salto das Nuvens, que segundo Brasil (1982) e Mato Grosso (2008) é constituída por conglomerados petromíticos com matriz argilo-arenosa, arcoseana, intercalados por lentes de arenitos vermelhos, de granulometria fina a conglomerática na base por vezes trapeados por basaltos. A parte superior do Grupo Parecis, representada pela Formação Utiariti é formada na quase sua totalidade por sedimentos arenosos de cores variegadas nos matizes de branco, amarelo, roxo e avermelhado. O Grupo Bauru, representado por arenitos róseos, quartzosos, calcíferos, feldspáticos, com estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno porte e conglomerados com matriz arenosa e síltico argilosa, composto essencialmente por seixos arrendodados de quartzo, quartzito e arenito, foi observado em pequenas elevações residuais, restos de processos geomorfológicos de aplainamento de relevo.

Segundo a METAMAT & FEMA (1996), os depósitos mineralizados de diamantes na região do Alto Paraguai ocorrem na forma de terraços e nas planícies

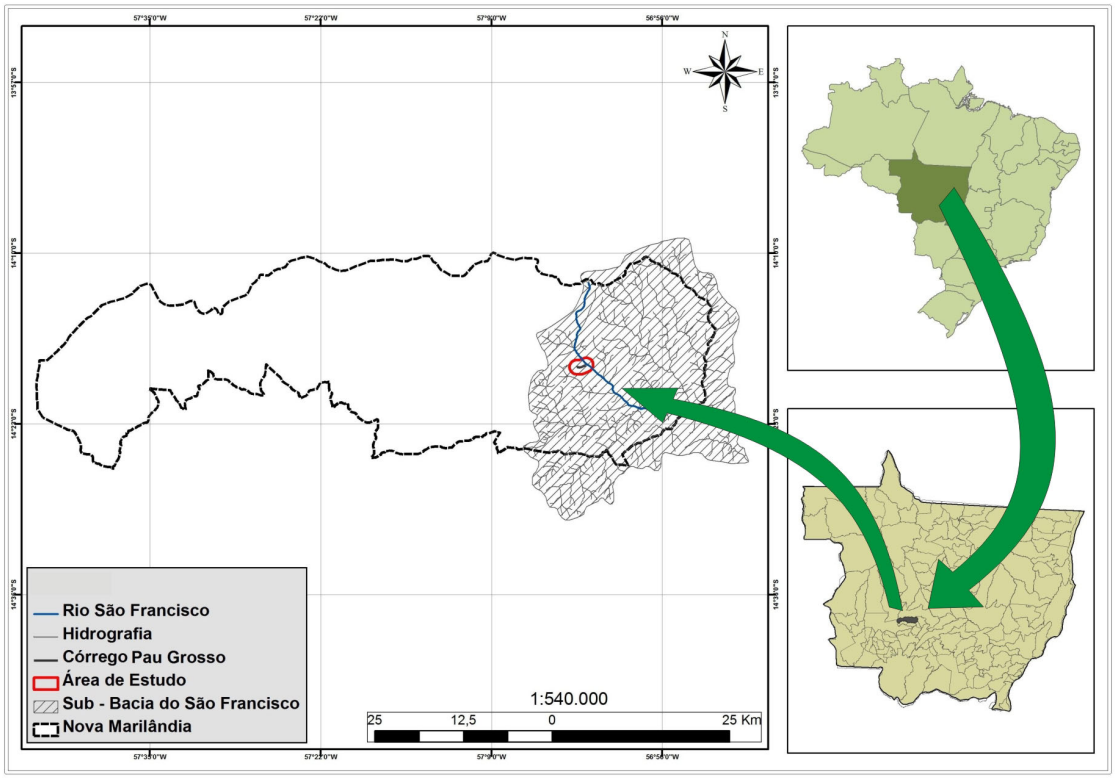

FIGURA 1. Localização da área de estudo.

de inundação. No primeiro, os depósitos são constituídos quase que exclusivamente de cascalhos mal selecionados, com granulometria variando desde a fração cascalho (acima de 2 mm) até matacões (acima de 256 mm), com espessura podendo atingir até 06 metros. Nas aluviões recentes das planícies de inundação e leito atual dos rios, observa-se espessura média de 1 m, com variação granulométrica melhor definida, com sedimentos mais grosseiros na base e mais finos no topo, sendo compostos por calhau ou bloco, seixos, cascalhos, areias, siltes e argilas.

A região onde se localiza a área objeto, encontra-se geomorfologicamente inserida na unidade de morfoestrutura Planalto dos Parecis, compreendendo um conjunto de relevo dominado por colinas e superfícies rampeadas associado ao compartimento morfoescultural do Planalto Dissecado dos Parecis, encoberto por solos essencialmente arenosos, predominando os Neossolos Quartzarênicos (Brasil, 1982; Mato Grosso, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida por atividades de escritório, comandados por análise de dados disponíveis e interpretação de fotografias obtidas por recobrimento aerofotogramétrico em escala 1:2.000 e de imagens de satélite DigitalGlobe de alta resolução disponíveis no *Google Earth*, mesclada por atividades de campo sob a ótica da morfopedologia e estudo de topossequências (Boulet, 1988; Queiroz Neto, 2002; Salomão, 1994, 2007; Castro & Salomão, 2000; Soares da Silva, 2007).

Privilegiou-se, inicialmente, a seleção de duas microbacias, sendo uma impactada por atividades garimpeiras (córrego Pau Grosso) e outra não impactada (córrego Barro Preto), que foram comparativamente estudadas em relação ao funcionamento hídrico de vertentes representativas e em relação aos ambientes naturais e antropizados. Utilizou-se por critério de escolha das microbacias a similaridade em relação às características morfopedológicas com base em compartimentação realizada na sub-bacia do rio São Francisco, conforme metodologia proposta por Salomão (1994) e Castro & Salomão (2000).

Para se identificar os diferentes ambientes degradados pela atividade garimpeira, tomou-se por base o diagnóstico realizado pela METAMAT & FEMA em 1996, obtendo informações relacionadas às formas de garimpagem, subsidiando a interpretação do recobrimento aerofotogramétrico realizado em 2006, das imagens de alta resolução e do mapeamento dos ambientes, que foram caracterizados em função da textura e comportamento hídrico por meio de sondagens a trado, abertura e descrição de trincheiras e coleta de material para a classificação granulométrica.

Para a caracterização da cobertura pedológica e compreensão do funcionamento hídrico das microbacias selecionadas, foram realizadas duas topossequências, em vertentes representativas conforme metodologia da "Análise Estrutural da Cobertura Pedológica" (Boulet, 1988; Queiroz Neto, 2002; Soares da Silva, 2007; Salomão, 2007; entre outros).

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999) e os trabalhos de descrição e coleta de perfis foram realizados conforme as normas do "Manual de descrição e coleta de solo no campo" (Lemos & Santos, 2002).

A interpretação do funcionamento hídrico das vertentes realizou-se com base na análise das topossequências e observações de campo, privilegiando-se o comportamento da circulação das águas de chuva em superfície, subsuperficie e no nível freático, com base, em especial, nas características morfológicas da cobertura pedológica, destacando-se a textura, estrutura, porosidade e feições pedológicas indicadoras de retenção e migração da água, tais como: cor, presença de plintita e mosqueados, níveis de concreção, conforme critérios estabelecidos por Salomão (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível a identificação de três formas de garimpagem na microbacia do córrego Pau Grosso conhecidas como: garimpo manual, garimpo de rego d'água e garimpo de draga. O entendimento das formas de garimpagem realizadas na área foi fundamental para se visualizar o processo e os vários estágios de degradação, assim como as formas de deposição e disposição do rejeito da extração do diamante, propiciando a formação de diferentes ambientes.

No garimpo manual o desmonte da cobertura estéril, assim como o do terraço mineralizado é realizado com a utilização de equipamentos não mecanizados tais como: pás, picaretas, enxadas, enxadões e alavancas. Os cascalhos, seixos e blocos

são retirados manualmente e depositados ao lado da frente de lavra para peneiramento (Foto 1). O material separado (*cascalho trelado*) é transportado até a fonte d'água para lavagem.

FOTO 1. Lavra manual do cascalho diamantífero, verificada no setor de cabeceira do córrego Pau Grosso. Observar o estoque do material mineralizado, já beneficiado e pronto para a lavagem.

No garimpo de rego d'água o desmonte do pacote mineralizado realizou-se a seco, manualmente ou diretamente com auxílio da água corrente. Destaca-se nesta forma de garimpagem a retirada da água utilizada no processo, captada da drenagem principal por gravidade através de um "rego" direcionado para a calha ou retirada através da construção de um dique transversal à drenagem principal, construído com toras de madeiras e pedras, ocasionando por vezes mudanças no leito da drenagem, muito conhecidas como "viradas", em alguns casos alterando definitivamente o funcionamento hídrico local.

O garimpo de draga repassou a maioria dos trabalhos já iniciados pelo garimpo manual e de rego d'água. Neste processo a extração e beneficiamento é realizada via úmida, iniciando com a captação d'água geralmente feita diretamente na drenagem ou frentes de lavras antigas e represas, com o uso de bombas de sucção/recalque e tubulações de 6" de diâmetro. O desmonte do minério foi realizado por meio de bico jato, com forte pressão desagregando o pacote mineralizado, formando uma polpa que era transportada até a unidade concentradora, onde fica depositado o diamante e demais minerais de maior densidade. O conjunto de moto-bombas utilizado tinha capacidade de cerca de 5m^3/hora, trabalhando geralmente abaixo do nível de base local em função da localização da camada mineralizado, ocasionando, portanto, grande impacto ambiental (Figura 2).

FIGURA 2. Área degradada pela extração de diamante por meio de dragagem no rio São Francisco - Nova Marilândia/MT. Imagem DigitalGlobe. Fonte: Google Earth System Online.

Ambientes Resultantes das Atividades Garimpeiras

O processo de exploração mineral na microbacia do córrego Pau Grosso teve início no ano de 1959, de forma manual e com equipamentos rudimentares, permanecendo até o começo da década de 70, quando foram introduzidas as primeiras dragas (METAMAT & FEMA, 1996; Barrozo & Pasca, 1994). De 1972 até 1998 o fundo de vale da microbacia do córrego Pau Grosso foi intensamente explorado por técnicas utilizadas em "garimpo de rego d'água" e principalmente "garimpo de draga", desde sua cabeceira até sua foz, numa extensão aproximada de 5.600 m.

A microbacia de estudo possui área total de 520 hectares, sendo 266,34 hectares (51,71%) ocupados por pastagem e os 251,12 hectares (48,29%) restantes degradados pela atividade garimpeira.

A exploração de diamante teve início junto às margens e leito do córrego, avançando em direção a planície de inundação e posteriormente atingindo os setores de baixa vertente em terraços, e por vezes de média vertente, ocasionando uma modificação profunda na paisagem local, conforme ilustra a Figura 3.

Dentre as diferentes formas de garimpagem realizadas, os impactos gerados pelo uso de dragas são indiscutivelmente maiores se comparados a outras formas de extração. Com a dragagem, houve a completa descaracterização do curso d'água, mudanças no perfil topográfico, destruição da cobertura pedológica, alteração no funcionamento hídrico e maior intensificação dos processos erosivos e de assoreamento.

A espessura e profundidade variada que se encontrava o pacote mineralizado (cascalho diamantífero), conduziu a abertura de 54 cavas abaixo do nível de base local. As cavas maiores localizadas nas

cabeceiras encontram-se atualmente interligadas, por um ou vários canais, contribuindo para a manutenção da perenidade do curso d'água. Em função das características texturais dos materiais encontrados no fundo de vale do córrego Pau Grosso e comportamentos em relação ás potencialidades à infiltração das águas de chuva e posicionamento aqüífero do freático, foram distinguidos ambientes secos e ambientes úmidos, conforme sintetizado na Figura 4 e cartograficamente delimitados na Figura 5.

FIGURA 3. Foto aérea da microbacia do córrego Pau Grosso intensamente impactada - agosto 2005.

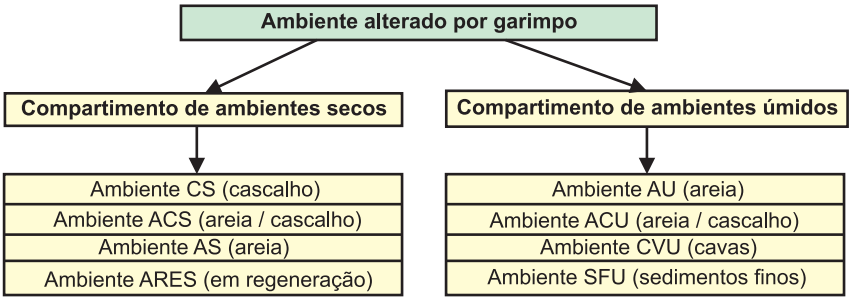

FIGURA 4. Diferentes ambientes existentes na microbacia do córrego Pau Grosso.

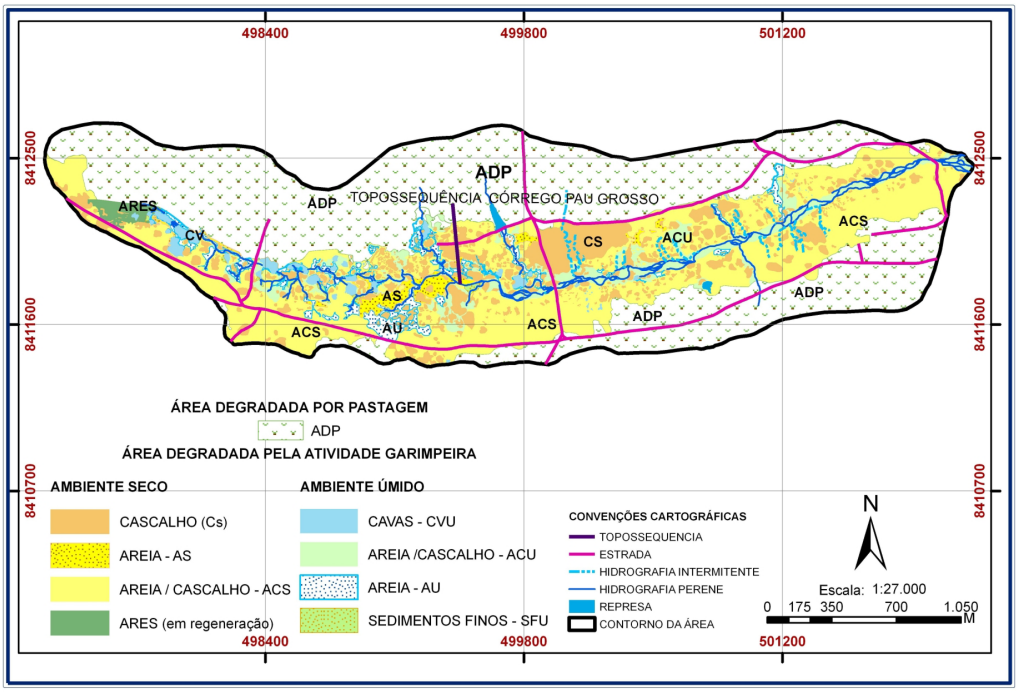

FIGURA 5. Mapa dos ambientes resultantes da degradação ambiental.

Compartimento de Ambientes Secos

São compartimentos que se apresentam secos durante todo o ano, com nível freático no período chuvoso a profundidade superior a 50 cm, correspondendo a um total de 73,70 % de toda a área degradada. Situam-se em porções de montante do fundo de vale, sendo submetidos à erosão, portanto responsáveis pelo fornecimento de material, ocasionando o assoreamento do canal de drenagem. Neste ambiente com pequenas exceções de trechos não garimpados, os solos foram completamente descaracterizados, sendo a área coberta por rejeito de garimpagem, onde antes predominavam os Neossolos Quartzarênicos.

Ambiente CS (Cascalho Seco)

Constituídos por depósitos provenientes do rejeito do garimpo de draga, representando os setores degradados de maior impacto visual. São depósitos bem individualizados, dispostos em pilhas e facilmente identificados nas imagens de satélite e no levantamento aerofotogramétrico de detalhe, sendo compostos por mais de 70 % de cascalhos, com granulometria não superior a 64 mm (em função do diâmetro da tubulação da draga) e matriz de areia fina a grossa.

Os depósitos atingem em média altura de 2,5 m, com dimensões de cerca de 25 x 20 m, cuja porção mais alta da pilha se situa na antiga posição da calha concentradora/separadora (bica canadense). Em função deste método de separação hidrogravimétrica, as pilhas de cascalho em geral apresentam forma de semicírculo ou em leque.

As águas de chuva infiltram com muita facilidade neste ambiente, escoando em direção ao leito do curso d'água, não havendo retenção d'água, tornando-o seco durante o ano todo, impossibilitando a regeneração natural da cobertura vegetal.

No mapeamento dos ambientes, foram identificadas 554 pilhas de cascalhos bem individualizadas, totalizando cerca de 51,74 hectares. Neste ambiente fica claro a dificuldade do estabelecimento das espécies vegetais, que aparecem em geral na base e ou contato destas pilhas com outros ambientes que se apresentam mais úmidos e compostos por materiais de granulometria mais fina.

Ambiente ACS (Areia/ Cascalho Seco)

Apresenta maior percentual de areia, em torno de 60%, situados imediatamente abaixo dos ambientes CS, onde a fração mais grosseira diminui à medida que se afasta dos rejeitos de cascalhos conhecidos localmente como rabos de bica. Este ambiente é o mais representativo na microbacia do córrego Pau Grosso, ocupando cerca de 49% de toda a área degradada pela atividade garimpeira.

São ambientes muito permeáveis tendo em vista sua composição granulométrica, permitindo livre circulação das águas de chuva; entretanto, favorecem acumulação temporária de água após o período chuvoso, também proveniente dos ambientes CS, situados a montante.

Importante destacar que no processo de dragagem realizado sem planejamento, os rejeitos eram dispostos de forma aleatória, recobrindo outros depósitos. Constatou a realização de repasse do material já beneficiado, prática comum, nesta atividade, promovendo assim a formação de nova composição granulométrica destes rejeitos, dificultando a identificação destes ambientes.

No entanto é evidente a maior proporção de areia em relação ao cascalho, permitindo o estabelecimento de espécies vegetais, especialmente a **Mabea fistulifera**, localmente conhecida como mamoninha e as Melastomataceas (Soares, 2009), na base desses depósitos onde existe maior umidade.

Ambiente AS (Areia Seca)

Este ambiente é formado essencialmente por sedimentos arenosos e lentes centimétricas de material fino composto por silte e argila. Resultam da deposição direta da polpa, após a retenção do material mais grosseiro na calha concentradora e peneiras. Nos levantamentos de campo observou-se evidências de deposição de sedimento finos (areia fina, silte e argila) removidos por erosão dos ambientes de CS e ACS situados a montante.

A área de maior expressão destes depósitos situa-se no terço médio e inferior da vertente, correspondendo a 2,65 % da área total degradada por garimpo. São ambientes muito permeáveis permitindo fácil infiltração das águas de chuva, que podem ser retidas ao encontrarem lentes de materiais mais finos mantendo umidade em subsuperfície.

Esses ambientes, apesar de ocorrerem em topografia praticamente plana do fundo de vale, encontram-se submetidos à erosão tendo em vista a predominância de sedimentos de menor granulometria, não coesivos, contribuindo em grande parte pelo assoreamento do curso d'água. As características deste ambiente favorecem a regeneração da vegetação, em função do comportamento hídrico, permitindo a manutenção da umidade em subsuperfície, especialmente quando situadas nas proximidades do canal de drenagem e bordas das cavas.

Ambiente ARES (Área com vegetação em regeneração)

Ambiente constituído por terreno parcialmente degradado pela atividade garimpeira, e vegetação em estágio de regeneração natural, representada por

espécies arbóreas nativas diversas e exóticas frutíferas, contornando cavas e pilhas dos ambientes CS e ACS, CVS situados no setor de cabeceira de drenagem e nascente original do córrego Pau Grosso.

A conservação deste ambiente é fundamental para a manutenção do funcionamento hídrico do córrego Pau Grosso, por abrigar a maior parte do setor de cabeceira, e especialmente por ser o único fragmento de vegetação (em regeneração) existente na microbacia.

Compartimentos de Ambientes Úmidos

São compartimentos que se apresentam úmidos durante boa parte do ano, com nível freático aflorante ou muito próximo a superfície, ocupa 66,05 hectares, correspondendo a um total de 26,30% de toda área degradada pela atividade garimpeira. Situam-se nos setores de baixa vertente e fundo de vale, sendo extremamente importantes para a manutenção do canal da drenagem do córrego Pau Grosso.

Ambiente AU (Areia Úmida)

Ambiente que predomina a ocorrência de areia, podendo ocorrer cascalhos dispersos em diversas profundidades, demonstrando a irregularidade dos depósitos oriundos da dragagem. Esse material é formado pela deposição de frações granulométricas mais finas provenientes da dragagem e também do carreamento erosivo dos depósitos de "rabo de bica" vertente abaixo após a paralisação da atividade garimpeira. Soma-se ainda a este ambiente, locais com maior presença da fração argila intercalada com areia em camadas horizontalizadas a sub-horizontalizadas, com nível d'água na superfície ou próximo a ela, dando origem a ambientes mal drenados.

Em função da posição topográfica em que se encontram, preferencialmente junto às margens do atual curso d'água, assim como pela sua composição textural arenosa, intercalados com lentes de sedimentos finos, os ambientes AU encontram-se saturados em água durante boa parte do ano, especialmente por influência das precipitações pluviométricas.

Em geral, esse ambiente de areia úmida, ocorre contornando áreas de cavas e em áreas marginais aos canais de escoamento d'água no setor de baixa vertente com área de cerca de 31,02 hectares.

Ambiente ACU (Areia / Cascalho Úmido)

Ambiente constituído por sedimentos arenosos e cascalhentos resultantes do assoreamento observado ao longo do leito anastomosado do curso d'água e suas margens. Trata-se de sedimentos provenientes de processos erosivos que se desenvolvem em microbacias afluentes da margem esquerda do córrego Pau Grosso e de processos erosivos instalados nos ambientes de montante situados no fundo do vale, ocupando uma área de cerca de 26,15 hectares .

Formados por depósitos de areia e cascalho, sendo comumente encontrados em seu interior resíduos provenientes das atividades garimpeiras, tais como: madeira, partes de sucatas de equipamentos, pedaços de mangueira, ferragem, baterias, etc.

Porções estabilizadas desse ambiente constituídas, em especial, por pequenas áreas permanentemente úmidas circundadas por canalículos do leito anastomosado do curso d'água, encontram-se em processos de revegetação natural. Neste ambiente o funcionamento hídrico é similar ao observado em ambientes naturais de agradação, onde as águas pluviais e de escoamento se acumulam mantendo-se saturadas durante o período chuvoso e umedecidas no período não chuvoso do ano. Sua constituição arenosa e cascalhenta e presença em subsuperfície de camadas de impedimento de drenagem relacionada ao substrato rochoso, favorece a ocorrência de aqüífero freático que oscila em função dos períodos chuvosos e não chuvosos do ano.

Ambiente CVU (Cavas)

Este ambiente é representado por cavas com a retenção de águas em seu interior, abertas pelas práticas garimpeiras, situadas no fundo do vale, onde se encontrava a planície de inundação com disponibilidade hídrica favorecida pelo aqüífero freático ocupando aproximadamente 6,57 ha da microbacia do córrego Pau Grosso.

Essas cavas apresentam taludes verticalizados com profundidades e conformação variadas, permanecendo com água retida em seu interior durante o ano todo, mesmo com o rebaixamento do aqüífero freático durante o período não chuvoso, favorecendo a manutenção do curso d'água por meio dos pequenos canais resultantes de extravasamento, especialmente de cavas dispostas no setor de cabeceira de drenagem e próximas ao curso d'água.

Ambiente SFU (Sedimentos Finos Úmidos)

Constituído por materiais de textura argilo-silto-arenosa, trazidos dos setores de montante pela dinâmica hídrica superficial, encontram-se situados em setores rebaixados de fundo de vale em embaciados colmatados, sendo portanto, fortemente influenciado pelo escoamento dos excedente hídrico das áreas de montante da vertente. Este ambiente com cerca de 2,31 ha de área é o de menor ocorrência na área de estudo.

A posição e a conformação topográfica desses ambientes configuram comportamento próprio de áreas de agradação, e, portanto onde subsistem áreas de baixas energia de escoamento fluvial, permitindo a

deposição continua de sedimentos finos tornando esses ambientes com baixa permeabilidade e com freqüentes alagamentos verificados durante eventos chuvosos. Estas águas acumuladas praticamente não se infiltram, secando apenas por efeito da evaporação ou por escoamento quando interligadas ao canal principal.

Durante a estação não chuvosa, o escoamento das águas superficiais neste ambiente é mantido por determinado período, pelas águas armazenas especialmente nos ambientes de areia/cascalho que são drenadas vertentes abaixo.

Funcionamento Hídrico das Microbacias Selecionadas

Tendo em vista a análise comparativa do funcionamento hídrico, duas vertentes foram estudadas por topossequência, uma em microbacia não impactada por atividades garimpeiras (córrego Barro Preto) e outra em microbacia impactada (córrego Pau Grosso), cuja localização é mostrada na Figura 6.

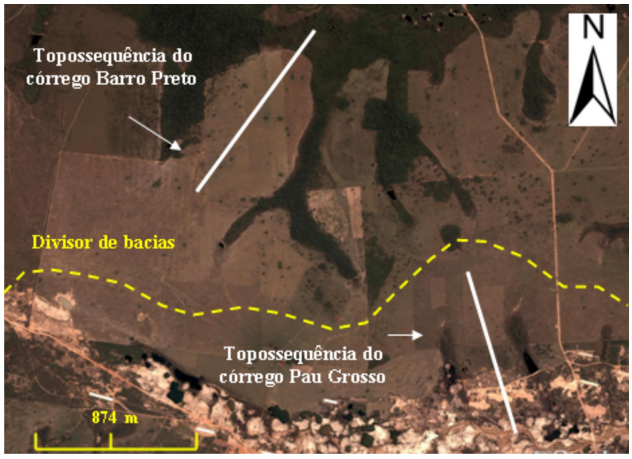

FIGURA 6. Localização das topossequências nas microbacias dos córregos Barro Preto e Pau Grosso. Imagem DigitalGlobe. Fonte: Google Earth System Online.

Vertentes dessas topossequências encontram-se atualmente ocupadas por pastagem, dominadas por solos essencialmente arenosos (Neossolos Quartzarênicos), diferenciando-se apenas no terço inferior e fundo de vale, onde na microbacia não impactada por atividades garimpeiras nota-se a manutenção da cobertura vegetal natural, e presença de solos hidromórficos, enquanto que na microbacia impactada, total ausência de vegetação e de cobertura pedológica, substituída por rejeitos de mineração em diferentes ambientes, conforme anteriormente caracterizado.

A topossequência córrego Barro Preto e topossequência córrego Pau Grosso (Figuras 7 e 8) representam esquematicamente a cobertura pedológica das vertentes e a interpretação do funcionamento hídrico das águas de chuva infiltradas e escoadas, além da identificação da posição do aqüífero freático.

Em linhas gerais, considerando tão somente as características relacionadas ao funcionamento hídrico das vertentes estudadas, destacam-se, a seguir, as seguintes considerações: As duas topossequências mostram, a montante do fundo de vale, similaridades em relação à cobertura pedológica e funcionamento hídrico, destacando os horizontes arenosos, com poros comuns, diferenciando-se apenas pela coloração, recobrindo horizontes marcados pela presença de cascalhos e volumes de plintita indicadores da oscilação do nível freático. Nesta porção das vertentes as águas de chuva infiltram-se com relativa facilidade até atingir o horizonte arenoso e areno argiloso com cascalhos e volumes de plintitas, escoando em direção ao fundo de vale.

É na porção inferior das vertentes que se observam significativas alterações em relação às coberturas pedológicas e respectivos funcionamento hídrico, descritas a seguir:

- Existência de fundo de vale amplo, detectado pela

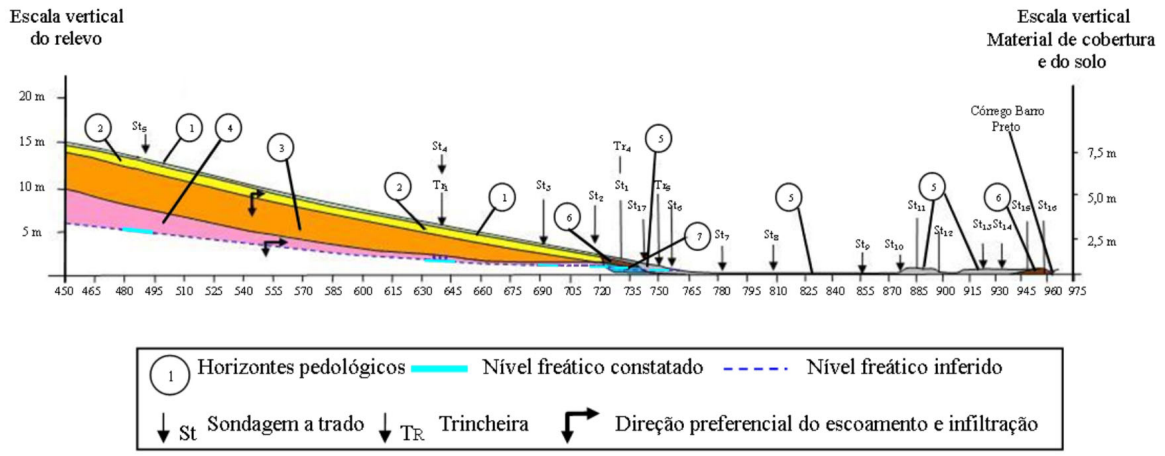

FIGURA 7. Topossequência córrego Barro Preto.

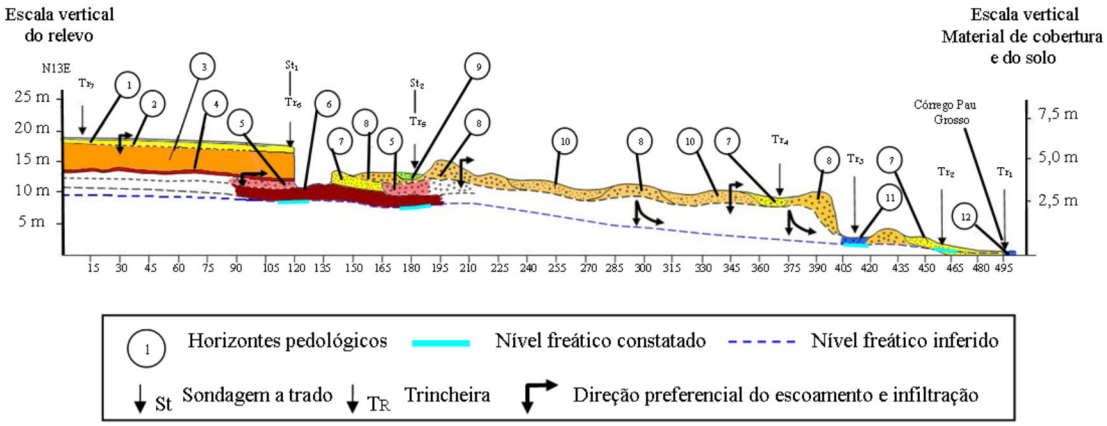

FIGURA 8. Topossequência córrego Pau Grosso.

topossequência córrego Barro preto, com ocorrência de solo hidromórfico marcado por horizontes superficiais e subsuperficiais argilosos, areno argilosos e arenosos de coloração escurecida pela presença de matéria orgânica, de volumes gleizados e de plintitas, e nível freático aflorante a subaflorante, manifestando continuidade homogênea do nível freático de montante.

- Brusca interrupção da sequência pedológica observada na topossequência córrego Pau Grosso, pela desconfiguração topográfica do fundo de vale e total descaracterização da cobertura pedológica, marcada pelo desaparecimento dos horizontes característicos dos solos, em especial dos solos hidromórficos, e presença de diferentes materiais provenientes de rejeitos das atividades garimpeiras. O nível freático encontra-se interrompido, drenado pelas escavações, sugerindo funcionamento intermitente, manifestando-se apenas no período chuvoso do ano.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia utilizada envolvendo a aplicação da abordagem morfopedológica por estudo de topossequências e utilização de técnicas de mapeamento, permitiu uma contribuição ao entendimento do funcionamento hídrico de duas vertentes selecionadas, uma alterada e outra não alterada pela exploração garimpeira, além da caracterização dos diferentes ambientes existentes no fundo do vale da microbacia do córrego Pau Grosso, explorada por atividades garimpeiras, destacando-se as seguintes conclusões:

- Significativas alterações dos ambientes naturais foram atribuídas às atividades garimpeiras do tipo "rego d'água" e "garimpo de draga", introduzidas em detrimento do "garimpo manual" menos impactante;
- A atividade garimpeira modificou de maneira drástica a configuração topográfica das vertentes e principalmente o fundo de vale da microbacia do córrego Pau Grosso, alterando significativamente a composição pedológica e sua funcionalidade, impossibilitando sua recuperação;
- Na microbacia do córrego Pau Grosso, a cobertura pedológica original do fundo do vale, da cabeceira de drenagem, e respectivas nascentes do curso d'água foram destruídas, restando sobre o substrato rochoso, materiais estéreis e rejeito da garimpagem;
- A interpretação comparativa do funcionamento hídrico das duas vertentes estudadas por meio de topossequência permitiu demonstrar profundas alterações no funcionamento hídrico em função da exploração garimpeira, drenando o aqüífero freático, e rebaixando-o de forma irreversível;
- Oito diferentes ambientes foram identificados, caracterizados e mapeados ao longo do fundo de vale alterado pela atividade garimpeira. Destes, quatro correspondem à ambientes secos onde predominam sedimentos nas frações areia e cascalho enquanto nos demais, ocorre o predomínio da fração areia, tendo em ambos o quartzo como mineral predominante;
- As alterações do funcionamento hídrico transmitiram ao curso d'água do córrego Pau Grosso profundas desfuncionalidades, impossibilitando seu retorno às condições originais, mesmo por meio de ações voltadas ao controle dos processos ero-

sivos e de assoreamento, tendo manutenção precária mantida pelo armazenamento das águas pluviais e do freático existentes nas cavas.

Os estudos realizados permitiram destacar as seguintes recomendações visando à minimização dos impactos ambientais verificados na microbacia do córrego Pau Grosso:

- Adoção de medidas conservacionistas, tais como: adequação de estradas, construção de terraços e reforma das pastagens, utilizando-se como unidade de intervenção a microbacia;
- Plantio de espécies adaptadas aos diferentes ambientes devem ser realizados após a readequação topográfica, especialmente a suavização das pilhas, diminuindo a declividade e conseqüentemente o arraste de material mais fino;
- Realização de estudos específicos voltados ao aproveitamento hídrico das cavas situadas fora do leito principal do curso d'água;
- Ordenamento da retirada de cascalho e areia para uso na construção civil, junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA/MT.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos Shelma Kato, Gislaine Soares, Schirlei Lara, Luciana Estevan, André Gustavo, Adelaine Cézar e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/MT, pelo apoio na realização deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROZO, J.C. & PASCA, D.O. Garimpo na Bacia do Alto Paraguai. In: **Projeto Estrutura sócio-econômica e dinâmica dos impactos ambientais na Bacia do Alto Paraguai**. UFMT-NERU. Alemanha: Universidade de Tübingen, p. 15-34, 1994.
2. BOULET, R. Análise Estructural da Cobertura Pedológica e Cartografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988, p. 79-90.
3. BRASIL – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria Geral. **Folha SD 21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Levantamento dos Recursos Naturais. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, v. 26, p. 129-165 e p. 216-220, 1982.
4. CASTRO, S.S. & SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação Morfopedológica e Suas Aplicações: Consideração Metodológica. **GEOUSP Espaço e Tempo**, n. 7, p. 27-37, 2000.
5. EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2a. ed., 412 p., 1999.
6. GOOGLE EARTH. Google Earth System Online. Disponível em: < http://earth.google.com/>. Acessado em: 17ago2009.
7. LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 4a. ed., 83 p., 2002.
8. MATO GROSSO – Secretaria de Estado de Planejamento. **Zoneamento Socioeconômico Ecológico de Mato Grosso**. Cuiabá: IOMAT, 302 p., 2008.
9. METAMAT – COMPANHIA MATOGROSSENSE DE PESQUISA MINERAL & FEMA – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE/MT. **Diagnóstico das Atividades das Mineradoras na Sub-bacia do Alto Rio Paraguai**. Relatório Técnico. Cuiabá, 110 p., 1996.
10. QUEIROZ NETO, J.P. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: Uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, n. 15, p. 77-90, 2002.
11. SALOMÃO, F.X.T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica Aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. São Paulo, 1994. 200 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.
12. SALOMÃO, F.X.T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Eds.), **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 229-266, 2007.
13. SOARES, G.F. **Descrição e Análise da Vegetação em Remanescentes de Mata Ciliar e Áreas Degradadas por Mineração de diamante, na Sub-Bacia do Rio São Francisco, Nova Marilândia, Mato Grosso**. Cuiabá, 2009. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal de Mato Grosso.
14. SOARES DA SILVA, A. Análise Morfológica do Solos e Erosão. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Eds.), **Erosão e Conservação dos Solos**: **Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 101-126, 2007.

Manuscrito Recebido em: 29 de outubro de 2009
Revisado e Aceito em: 12 de novembro de 2009