

**MUDANÇAS AMBIENTAIS NA REGIÃO DO CERRADO.
ANÁLISE DAS CAUSAS E EFEITOS DA OCUPAÇÃO E
USO DO SOLO SOBRE O RELEVO. O CASO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI, MG.**

Sílvio Carlos Rodrigues *

RESUMO

Este trabalho é resultado de nossas pesquisas sobre as principais características geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e permite uma análise sobre as mudanças ambientais derivadas da atividade humana sobre o relevo. Esta região que era naturalmente ocupada por cerrado sofreu grande alteração nos últimos 40 anos especialmente em função da introdução da agricultura. É apresentado um sumário das características geomorfológicas da região feitas a partir do mapeamento geomorfológico e da correlação com os atributos geológicos e pedológicos e trabalhos de campo. Os resultados são apresentados em duas partes. A primeira refere-se aos atributos da paisagem regional apresentando informação sobre a inter-relação entre estruturas e unidades geomorfológicas, bem como os materiais superficiais e processos. Na segunda parte apresenta-se uma avaliação geral sobre a atuação humana sobre a paisagem e os reflexos sobre o relevo, em especial os diversos tipos de erosão, mudanças nos canais fluviais e problemas urbanos. Estes tipos de processos foram divididos entre aqueles que ocorrem nas áreas urbanas e rurais, mostrando as diferenças de sensibilidade entre estes sistemas. Ao final são apresentadas nossas principais linhas de pesquisa atuais.

PALAVRAS-CHAVE:

Análise geomorfológica, gerenciamento ambiental, erosão do solo, voçorocas urbanas.

ABSTRACT:

This paper presents our reflections over the main geomorphological characteristics of the Araguari River Basin and offers an analysis about the changes done by man over the landscapes. This region naturally occupied by savannas and in the last 40 years has been strongly altered by human activities. Summarized basic information is provided by geomorphological analysis especially done after geomorphological mapping correlated with geologic and soil maps and supported by field works. The report is divided into two main parts. The first part presents the natural arrangement of the landscapes that occurs into the hydrographic basin, showing the relationships between structural and geomorphic units. Information about superficial material, current processes and some evaluation about the evolution of these landforms are presented here. The second part presents the reflections due to antropic activities in the basin such as types of erosion, channels changes and urban problems. These activities are divided in which occurs in the farms and in the cities, showing the differences between actions over this sensitive system. In this part we showed the main research guidelines in course in this basin.

KEY WORDS:

Geomorphological analysis, environmental management, soil erosion, urban gullies

* Professor do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia e
Colaborador do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos
silgel@ufu.br.

Introdução

Atualmente a maior parte dos estudos realizados na região do Bioma Cerrado tem sido feita em paisagens altamente alteradas nos últimos 150 anos, em especial pelas atividades agrícolas. Para entendermos quais os controles existentes sobre as características ambientais e o comportamento das paisagens é necessário compreender quais as condições limites que estas paisagens têm sofrido. Por exemplo, na maioria dos casos em que voçorocas têm sido documentadas, ocorreram extensivas alterações na cobertura vegetal, modificando a capacidade atenuação da infiltração proporcionada pelas condições naturais anteriores.

A região do Cerrado foi alvo de intensa expansão da ocupação agrícola a partir do início da década de 70, quando o Governo Brasileiro encorajou a ocupação através de projetos de assentamento, como o PADAP (Programa de Assentamento Direto do Alto Paranaíba), POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento do Cerrado), PRODECER (Projeto de Desenvolvimento do Cerrado – copatrocinado pela JICA – Japan International Cooperation Development). O principal objetivo destes projetos foi à ocupação de vastas superfícies tabulares e com baixa declividade, típicas da região do Bioma Cerrado. A ocupação intensiva destas áreas implicou em mudanças significativas na morfodinâmica superficiais, com aumento da velocidade e magnitude dos mesmos, permitindo o aparecimento de processos geomorfológicos que teriam baixa propensão de ocorrência natural neste sistema.

O mapeamento geomorfológico e a análise dos processos devidos a alterações

no uso do solo, como a erosão laminar e voçorocas em áreas rurais e urbanas são exemplos de processos superficiais que tem sido preferencialmente abordado nos trabalhos desenvolvidos no laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos da Universidade Federal de Uberlândia.

Diversos materiais foram utilizados para a elaboração das análises das características ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, dentre eles destaca-se uma vasta revisão bibliográfica compreendendo aspectos específicos relacionados a geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia, bem como trabalhos integrados, onde a paisagem e os processos são o principal enfoque. Trabalhos específicos, como a delimitação das unidades geomorfológicas, foram feitos utilizando-se imagens de satélite na escala 1:100.000 e fotografias aéreas em diversas escalas. Trabalhos de campo foram realizados ao longo de rodovias, estradas vicinais, áreas de mineração e fundos de vale. Algumas voçorocas foram estudadas mais detalhadamente em sua dinâmica e processos predominantes. Perfis integrados do relevo foram construídos utilizando-se cartas topográficas e controle de campo. Também foram consultados estudos experimentais realizados na região sobre a erosão laminar.

1. Características regionais

A Bacia Hidrográfica do Rio Araguari está localizada na região sudoeste do Estado de Minas Gerais, sendo afluente do Rio Paranaíba, um dos formadores do Rio Paraná. Esta região foi ocupada a partir de meados do século 19, mas teve seu verdadeiro processo ocupacional iniciado na segunda metade do século 20, com a

intensificação da ocupação agropecuária e crescimento dos centros urbanos.

A bacia hidrográfica do rio Araguari possui 21.856 Km² de área, tendo como principais afluentes os rios Quebra Anzol e Claro. Tem suas nascentes localizadas nas altas superfícies planas da Serra da Canastra a aproximadamente 1.400 metros de altitude, fluindo rumo leste, seguindo as principais direções estruturais da região. A geologia regional tem como embasamento xistos e quartzitos do Pré-Cambriano Médio em seu alto curso, recobertos no seu médio curso por sedimentos mesozóicos da Bacia do Paraná. No baixo curso o rio Araguari corta intercalações de arenito e basalto da Formação Serra Geral, chegando, no fundo do vale a erodir gnaisses e granitos do Pré-Cambriano inferior. Sedimentos cenozóicos são encontrados nos planaltos tabulares e em relevos residuais, bem como recobrimdo terraços estruturais.

O grande dinamismo econômico de certas partes da bacia hidrográfica e o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos tem transformado drasticamente a quantidade e qualidade das águas desta bacia hidrográfica, como por exemplo: construções de usinas hidrelétricas com conseqüente criação de lagos artificiais, grandes áreas agricultáveis irrigadas e o consumo urbano em cidades médias como Uberlândia, Araguari e Araxá.

O canal do rio Araguari possui afloramentos rochosos em quase toda sua extensão, com um perfil marcado por corredeiras e cachoeiras. Pequenas planícies fluviais alveolares ocorrem a montante de gargantas, compreendendo áreas de armadilhas estruturais. Em seu alto curso o rio Araguari apresenta uma baixa vazão, porém ao cruzar as escarpas da

Serra da Canastra, apresenta uma série de cachoeiras, algumas com mais de 100 metros de desnível. Em seu médio curso, recebe seu principal afluente, o Rio Quebra Anzol, que flui através de uma região com forte dissecação e alta densidade de drenagem. Após receber seu afluente, o vale do rio Araguari torna-se muito estreito e íngreme, com um perfil conformando diversos patamares curtos e profundos, assemelhando-se a um canyon.

2. Evolução Geológica

As rochas pertencentes à Plataforma Sul-Americana afloram na parte central da região central do Brasil, atuando como uma grande área estável do ponto de vista tectônico, sendo composta por rochas metamórficas e ígneas com grande espessura, datadas do Pré-Cambriano Inferior e Médio. Esta grande área estável não tem sofrido grande movimentação tectônica desde aproximadamente 600 milhões de anos.

No território brasileiro, esta plataforma é basicamente dividida em escudos, sendo que nas margens destes escudos existem Faixas de Dobramento Proterozóicas (com idades entre 1 bilhão e 600 milhões de anos). Estas faixas conformam suturas entre os diferentes escudos. A era paleozóica foi relativamente calma do ponto de vista tectônico, com soerguimentos estáticos regionais e formação de superfícies erosivas regionais que deram origem a extensas áreas aplanadas. Nesta era, dá-se o início da deposição de principais bacias sedimentares, com estágios marinhos e continentais. Na era Mesozóica estas bacias foram afetadas por vulcanismo basáltico continental, no mesmo momento em que intrusões alcalinas afeta-

vam as bordas da bacia sedimentar, criando domos e feições similares. Finalmente, na era Cenozóica, soerguimentos têm sido lentos e freqüentes, são as formas predominantes, sendo constantemente retocadas por ciclos de climas úmidos. (Tomazzoli, 1990; Nishiyama, 1989; Barcelos, 1993).

A Bacia Hidrográfica do rio Araguari drena principalmente áreas com

embasamento rochoso metamórfico associado as faixas de dobramento datados do Proterozóico Médio e reativados no Proterozóico Superior (áreas de alto e médio curso) e também áreas da Bacia Sedimentar do Paraná no seu baixo curso. Rochas arqueanas são encontradas apenas no fundo do vale do rio Araguari, já nas proximidades de sua foz. Figura 1.

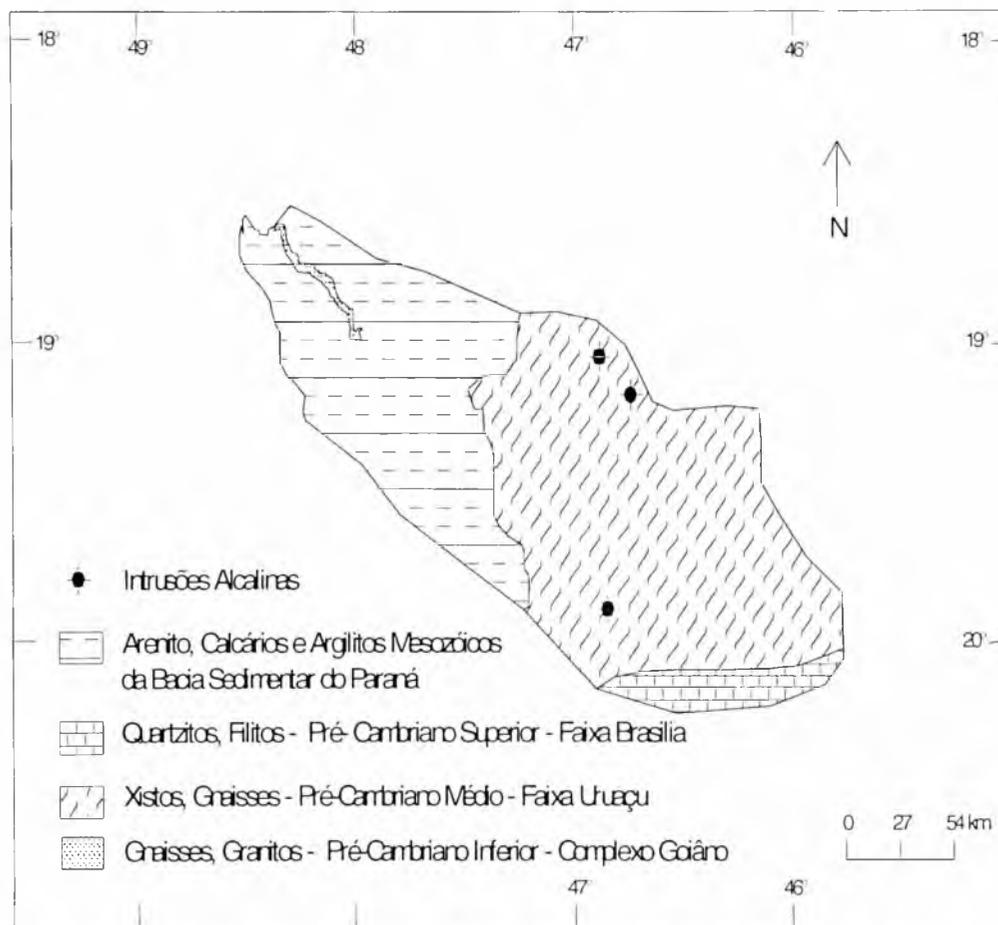


Figura 1 - Unidades Geo-Estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari

Depósitos cenozóicos localizados nas superfícies tabulares apresentam espessura superior a 10 metros, consistindo-se predominantemente de areias, siltes e lentes de conglomerados, parcialmente

consolidados. Estes sedimentos, especialmente os conglomerados, apresentam-se cobertos por filmes ferruginosos, compondo em muitas áreas crostas ferruginosas.

3. Unidades Geomorfológicas

O relevo regional apresenta, dentro da bacia do rio Araguari, quatro unidades geomorfológicas (Rodrigues et alli, 2001):

A Serra da Canastra, a Faixa de Dobramento, o Planalto Vulcano-Sedimentar e o Canyon do Rio Araguari. Figura 2.

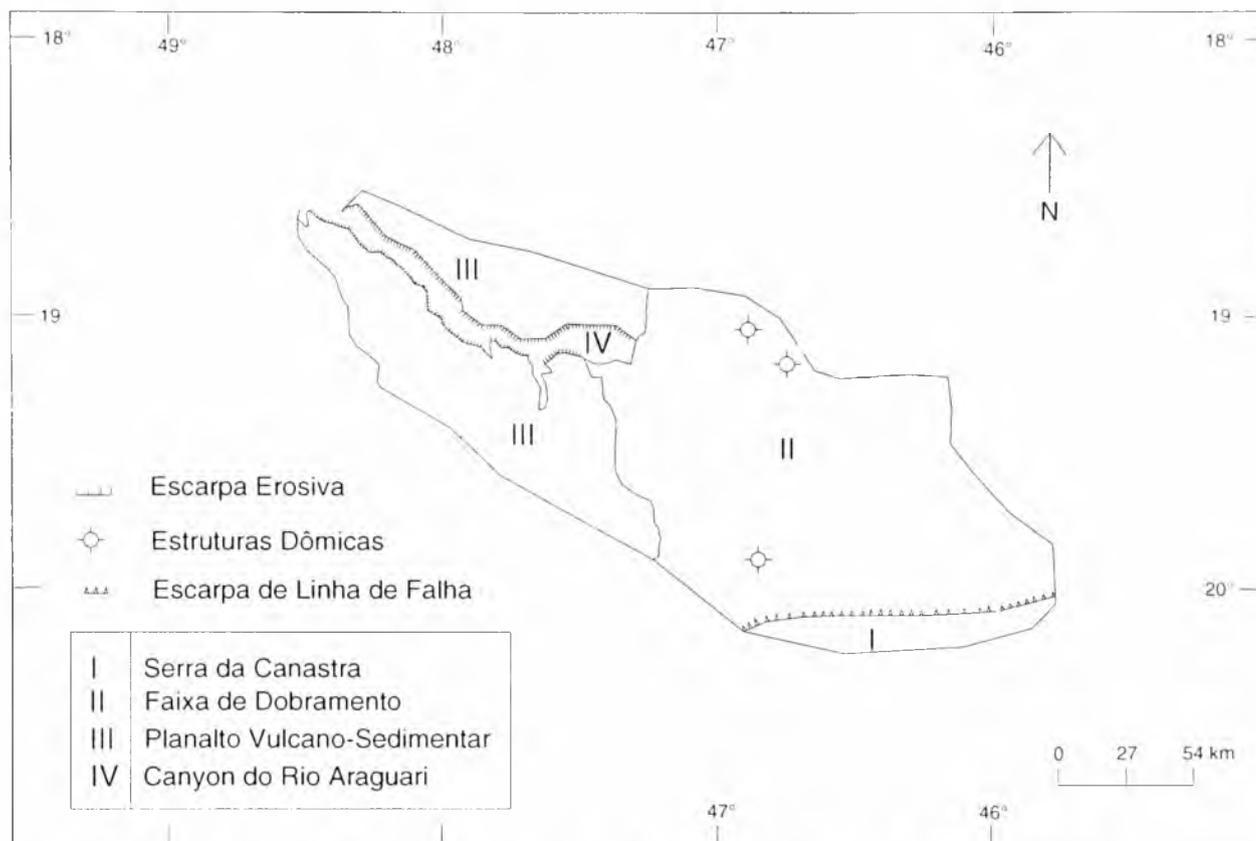


Fig. 2 – Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.

I Serra da Canastra: Esta área é formada por blocos falhados e alteados em relação ao relevo regional, associados a Faixa de Dobramento Brasília sendo esculpida sobre quartzitos e xistos da Formação Canastra. Compreende uma superfície bordejada por escarpas com mais de 300 metros de desnível, sendo alinhada aproximadamente a NW/SE. Na base destas escarpas, tálus detríticos marcam o contato com a superfície elaborada sobre rochas da Faixa de Dobramento. Uma série de corredeiras e cachoeiras criaram uma região de beleza

indescritível e um ecossistema original, que está protegido em função da criação do Parque Nacional da Serra da Canastra a partir de 1972. As altitudes da Serra da Canastra variam entre 1.450 e 1.200 metros e a inclinação geral do relevo é no sentido oeste. Esta unidade é recoberta por uma fina camada de colúvios e nos topos dos morros e colinas ocorrem campos de matacões.

O sistema hidrológico desta unidade é marcado por um rápido escoamento superficial, que aumenta rapidamente a descarga dos canais fluviais. A umidade

permanece por pouco tempo no solo, devido à pequena profundidade deste e por suas características areno-cascalhenta. As condições topográficas propiciam baixas temperaturas, que associadas à baixa permanência da água em superfície, não permite um intenso intemperismo das rochas. Este fato, explica a grande ocorrência de afloramentos rochosos, lajedos e matacões visíveis nas vertentes. Colúvios pouco profundos e compostos por seixos, cascalho e areias associados à matéria orgânica são as principais formações superficiais.

II Faixas de Dobramento: Nesta unidade as formas de relevo são fortemente controladas pelas direções estruturais associadas aos eventos de dobramento e falhamento de amplitude regional. As principais litologias são xistos, filitos e quartzitos deformados por intrusões alcalinas do Cretáceo Superior. O controle estrutural destas formas associado com a esculturação do relevo em eventos erosivos acaba por mascarar um ao outro, sendo difícil distinguir, na paisagem, onde predominam os efeitos decorrentes dos agentes tectônicos e quando predominam as forças erosivas.

Durante e após o Cretáceo esta área foi afetada por soerguimentos regionais e níveis de erosão rebaixaram o relevo regional independentemente dos tipos rochosos. Após o Cretáceo ocorreram extensos processos de aplanamento com a formação de pediplanos. Após o Plio-Pleistoceno, esta região vem sendo afetada por um clima tropical, com intercalações entre momentos úmidos e semi-áridos. Estes últimos eventos propiciaram a erosão das rochas mais intemperizáveis, como filitos e xistos e a

preservação dos quartzitos, que ocupam hoje as posições mais altas, conformando geralmente relevos residuais ou divisores de bacias hidrográficas.

As principais formas são morros alinhados e também pequenas serras isoladas, com complexas vertentes convexo-retilíneas, cobertas por mantos colúviais e matacões, altamente dissecados pela rede de drenagem. Antigas superfícies erosivas são preservadas nos topos de algumas serras, geralmente em altitude superior a 1250 metros, enquanto os vales possuem um aprofundamento superior a 100 metros. Os solos são pouco profundos e ricos em minerais primários, geralmente cascalhentos, sendo classificados como Cambissolos ou Neossolos Litólicos.

Em função dos eventos geotectônicos e termiais ocorridos nesta região, algumas mineralizações encontram-se distribuídas na região. Depósitos de nióbio e fosfato são explorados próximos as cidades de Araxá e Tapira, em regiões dômicas. Em alguns pontos o enriquecimento mineral de fontes termiais e do solo por sulfetos e minerais alcalinos tem sido aproveitado como água mineral e lama medicinal em estações turísticas.

III Planalto Vulcano-Sedimentar: Este sistema é desenvolvido sobre as rochas sedimentares e derrames basálticos da Bacia Sedimentar do Paraná. As principais feições morfológicas deste sistema são superfícies regionais de aplanamento. Estas superfícies de aplanamento foram desenvolvidas pelo recuo de escarpas seguidas de rápido e grande soerguimento pós-cretáceo que afetou os blocos continentais do sudeste do Brasil. Este processo associado com as mudanças climáticas no Plio-Pleistoceno permitiu a

formação de extensas superfícies erosivas, possíveis pedimentos, na base das escarpas regionais. Seguindo-se esta interpretação, estas superfícies seriam formadas pela coalescência de pedimentos. Patamares foram formados em áreas com intercalações rochosas através de erosão diferencial de extratos mais e menos resistentes, como as áreas arenosas e afloramentos de basalto. Esta erosão diferencial criou em algumas áreas feições relictuais, como morros testemunhos ou morrotes localizados no topo de sistemas de colinas. Na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari observam-se duas superfícies regionais de aplanamento, uma mais preservada conformando relevo tabulares (chapadas) e outro conformando níveis dissecados em forma de colinas.

Largos interflúvios conformam o topo do Planalto Tabular, sendo sub-horizontalizadas e possuindo pequenas depressões denominadas localmente de "covoais", onde as águas das chuvas são armazenadas na estação chuvosa criando pequenos lagos. No interior e ao redor destas depressões ocorrem pequenos morrotes formados a partir de remonte do solo por cupins. Estes pequenos morrotes são conhecidos como murunduns. Estas depressões muitas vezes são conectadas a pequenos canais, conformando áreas hidromórficas de nascentes fluviais ou veredas. Neste tipo de vale não é possível diferenciar-se um canal principal, sendo que após algumas centenas de metros e com o progressivo aprofundamento do vale e aumento da declividade tem-se o início de um canal fluvial propriamente dito.

A origem destas depressões não é totalmente compreendida ainda. Nas bordas S e SW dos planaltos tabulares

ocorrem arenitos imaturos com cimento carbonático, lentes de calcário e argilito. Em conseqüência disto, pode-se especular a respeito da ação pseudo-cárstica como uma das formadoras deste padrão de formas, pois a dissolução do calcário ou do cimento calcário dos arenitos poderia propiciar a subsidência da superfície. O papel dos térmitas no gênese destas formas também é questionado, mas com certeza eles são os principais responsáveis pelo aparecimento dos murunduns e transferência de material sub-superficial para a superfície.

A hidrodinâmica destas formas esta fortemente correlacionada com a água da chuva. Medições feitas no Covoal da Fortaleza (SCHENEIDER, 1993) revelou que no período entre Outubro e março (a estação chuvosa inicia-se na primavera e dura até o final do verão), corresponde ao período de maior elevação do lençol freático e formação de lagoas temporárias. Após as primeiras chuvas, em Setembro ou Outubro, as lagoas são imediatamente preenchidas, porém pouca variação é percebida no nível do lençol freático no mesmo período. Este fato é devido à composição predominantemente argilosa do solo (caulinita e gibsita).

Esta frágil área tem sido altamente alterada por fazendeiros que drenam os covoais e desta forma modificam as condições hidrológicas, secando nascentes e pequenos canais após alguns anos de exploração agrícola.

Um segundo nível de erosão está localizado entre 100 e 150 metros abaixo dos planaltos tabulares, sendo drenado por uma rede de canais com padrão dendrítico. Soleiras rochosas ocorrem onde os canais atingem os derrames de rochas basálticas. O perfil das vertentes é

predominantemente convexo-retilíneo, mas rupturas de relevo ocorrem nas médias vertentes e estão associadas a exposições de crostas ferruginosas.

IV Canyon do Rio Araguari: Este sistema está presente no baixo curso do rio Araguari, onde após ultrapassar todas as pacotes sedimentares e basálticos, atinge o embasamento cristalino pré-cambriano, composto predominantemente por gnaisses e micaxistos, no fundo do vale. Este canyon possui um desnível de 500 metros, sendo que suas margens mais altas atingem de 950 a 1050 metros, enquanto o fundo do vale varia entre 450 e 550 metros. As encostas do vale foram alteradas pelo clima úmido holocênico, sendo que depósitos de tálus são mascarados por mantos coluviais, que propiciam a diminuição da inclinação das vertentes. Complexos perfis de vertente marcam esta área, com presença de rupturas côncavas, segmentos convexos, paredões rochosos e terraços fluviais. Pequenos cursos fluviais começam nos boqueirões que bordejam o canyon e muitas corredeiras e cachoeiras marcam a paisagem.

Com o forte entalhamento do vale, as vertentes são fortemente entalhadas e a densidade de drenagem muito alta. Os processos erosivos, em especial ravinas, são muito comuns neste sistema. O uso da terra no vale é principalmente a pastagem e pequenos terraços são intensamente cultivados, substituindo a vegetação natural de Cerradão e Mata Mesofítica. O rio Araguari cruza esta área com um fluxo intenso e muitas vezes turbilhonar, possuindo um alto potencial hidro-energético. Aproveitando-se deste fato, duas usinas hidrelétricas foram construídas e duas outras estão em fase final de plane-

jamento, sendo que ao final da construção destas últimas, o baixo e médio curso do rio serão totalmente transformados em lagos artificiais, com conseqüente alteração dos ecossistemas ribeirinhos. A Tabela 1 apresenta um sumário das características ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.

4. As ações antrópicas e seu reflexo sobre a morfodinâmica superficial

A Bacia Hidrográfica do Rio Araguari tem três tipos principais de ações que alteraram significativamente o meio ambiente causando reflexos sobre os processos geomorfológicos superficiais: as atividades agrícolas que alteraram fortemente a cobertura vegetal, as áreas urbanas que modificaram acentuadamente a dinâmica hidrológica e a construção de barragens que alteraram as características do canal principal e de seu entorno imediato.

4.1. Atividades agrícolas.

A vegetação natural que recobria a Bacia Hidrográfica do Rio Araguari incluía espécies do Cerrado e de mata Mesofítica. Esta vegetação é adaptada às condições edáficas e climáticas da região central do Brasil, onde predomina uma sucessão de verões quentes e chuvosos, com invernos secos e mais amenos. Nas últimas quatro décadas esta vegetação foi rapidamente substituída por cultivos agrícolas, como a soja, café, milho, cítricos e algodão, especialmente nos interflúvios amplos, pouco inclinados e com latossolos. Intensa mecanização tem sido adotada pelas empresas agrícolas que substituem as pequenas propriedades rurais.

Unidade Geomorfológica	Morfologia	Morfometria	Rochas e Materiais Superficiais	Geodinâmica Superficial
Serra da Canastra	<ul style="list-style-type: none"> Bloco Estrutural Elevado nivelado por superfície erosiva. Limites associados a escarpas. 	<ul style="list-style-type: none"> 1400 a 1000 m; 100 m de amplitude local dos vales Inclinação < 10% 	<ul style="list-style-type: none"> Quartzito e filitos; Colúvio arenoso inconsolidado, Blocos de quartzito expostos. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposição de afloramento rochoso e remoção dos materiais superficiais Ravinas em função de escoamento pluvial concentrado Queda de blocos em penhascos.
Faixa de Dobramentos	<ul style="list-style-type: none"> Serras alinhadas e morros. Superfície de aplanamento preservada nos topos e divisores. 	<ul style="list-style-type: none"> 1200 a 900 m; 40 a 150 m de desnível local; Inclinação entre 10 e 30%. 	<ul style="list-style-type: none"> Gnaisses, filitos e xistos; Colúvio detrítico. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposição do substrato rochoso e remoção de material intemperizado. Ravinas em função de escoamento pluvial concentrado
Planalto Vulcano - Sedimentar	<ul style="list-style-type: none"> Superfície horizontalizada fracamente dissecada; Pequenas bacias fechadas nos divisores planos (covoais). 	<ul style="list-style-type: none"> 1000 a 700 m; 40 a 100 m de desnível local, Inclinação média < 10% 	<ul style="list-style-type: none"> Arenitos, siltitos, conglomerado e basaltos; Laterita petrificada Materiais transportados por atividade biológica latossolos 	<ul style="list-style-type: none"> Vossorocas, Ravinas, Erosão laminar, Erosão dos canais fluviais.
Canyon do Araguari	<ul style="list-style-type: none"> Vales íngremes e fortemente dissecados. Patamares erosivos e patamares estruturais Penhascos e depósitos de tálus e colúvios nos pés de encostas. 	<ul style="list-style-type: none"> 1000 a 550 m; 200 m de desnível local, Inclinação média entre 10% e 45% 	<ul style="list-style-type: none"> Basaltos, arenitos e siltitos; Tálus e colúvios inconsolidados 	<ul style="list-style-type: none"> ravinas, quedas de blocos Erosão laminar

Tabela 1 – Principais Características Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.

Mudanças no escoamento superficial e na infiltração ocorreram após as mudanças na cobertura vegetal. O escoamento superficial aumentou consideravelmente, especialmente no início da estação chuvosa, quando a superfície encontra-se sem a proteção da cobertura vegetal e o solo encontra-se exposto à chuva propiciando condições ideais para a ocorrência de erosão laminar em altas taxas. Ravinas e voçorocas, que são feições comuns no Brasil Central aumentam em intensidade e magnitude e tornam-se sérios problemas em algumas bacias hidrográficas, onde podem atingir alguns quilômetros quadrados de área cultivável.

4.2. Ravinas e Voçorocas

Estes tipos de processos erosivos ocorrem preferencialmente nos morros e colinas da Faixa de Dobramento e dos Planaltos Tabulares, onde a vegetação natural foi substituída por pastagem e atividades agrícolas. As erosões lineares são uma das mais impressionantes feições de relevo da região. Mudanças no escoamento superficial, na infiltração e no nível do lençol freático acabam por acelerar os processos erosivos que são naturais na região, criando grandes

cicatrizes, especialmente na área com embasamento sedimentar

Em vertentes elaboradas sobre rochas metamórficas com fina camada intemperizada e onde os horizontes orgânicos superficiais foram removidos, a água de chuva geram intenso escoamento superficial e em seguida concentrado criando incisões nas vertentes. Estas incisões transformam-se em ravinas e pequenas voçorocas, afetando principalmente as cabeceiras de drenagem. Um inventário feito pela CEMIG (1995) quando da construção da Represa de Nova Ponte encontrou 325 voçorocas na área de influência (aproximadamente 500 km²) com 134 voçorocas no interior da área afetada pelo lago e 191 na área de entorno imediato.

Estudos realizados no município de Uberlândia por Baccaro (1994) indicam um atrelamento entre a ocorrência de voçorocas e as vertentes com declividades entre 5 e 10%, geralmente associadas a presença de rupturas de declive em afloramentos de crostas lateríticas. A Tabela 2 apresenta um levantamento das voçorocas no município de Uberlândia, em área com colinas medianamente dissecadas.

Bacia	Nº de Voçorocas Ativas	Voçorocas Estabilizadas
Córrego Macumbé	2	
Córrego Babilônia	20	1
Córrego Macacos	30	1
Ribeirão Douradinho	36	
Córrego Jataí	5	
Água Vermelha	8	
Córrego Água Limpa	10	6
Ribeirão Panga	17	5
Ribeirão Estiva	35	
Rio Tijuco	11	
Total	173	13

Tabela 2 - Inventário de Voçorocas nas Bacias Hidrográficas que drenam o município de Uberlândia. (Fonte: Baccaro, 1994).

4.3. Estudos de Determinação de Erosão Laminar

A erosão laminar é definida como uma remoção uniforme de finas camadas superficiais do solo. Isto logicamente não é possível, pois na realidade a perda de solo ocorre apenas pela remoção das camadas superficiais a partir da água de chuva. Na tentativa de entender como estes processos atinge as diferentes superfícies e vertentes da bacia, alguns experimentos e medições sobre a erosão laminar foram feitos, atingindo diferentes compartimentos de relevo bem como tipos de uso do solo.

Para isto, foram construídas estações experimentais com o intuito de medir a erosão. Estas estações consistem-se de plots gêmeos, onde uma das estações é cultivada com os mesmo procedimentos

das áreas de entorno e outro plot é mantido sem qualquer tipo de cobertura vegetal, sendo exposto aos agentes erosivos. Este procedimento permite a comparação do comportamento da erosão em uma mesma situação de relevo, porém com dois tipos de uso do solo distintos.

Para entender quais as mudanças ocorridas no processo de erosão são coletados tanto o sedimento erodido quanto o volume de água escoado dentro da estação. Isto é possível através da instalação de calhas coletoras na porção terminal da estação. São realizadas análises granulométricas e sedimentométricas semanais do material erodido, tanto da parte arrastada, quanto do material em suspensão. Resultados de dois anos de medições em duas estações distintas são apresentados na Fotos 3 e 4.



Foto 3 – Parque Nacional da Serra da Canastra. Área preservada da ação antrópica mais intensa, sendo que os principais problemas são advindos das queimadas realizadas nas vizinhanças e acidentes provocados por turistas. Foto Silvio C. Rodrigues (1999).



Foto 4 Área degradada próxima a cidade de Perdizes. Nesta área uma vossoroca está sendo utilizada como ponto de despejo de lixo e entulho. Foto Sílvio C. Rodrigues (2001)

As práticas agrícolas têm mudado nos últimos anos e o plantio direto tem sido adotado na maioria das fazendas, diminuindo sensivelmente a erosão laminar. Esta técnica que consiste na manutenção da palha, folhas e galhos na própria superfície, protegendo o solo a nova safra é preparada. Outra prática adotada em áreas propensas a erosão laminar é a construção de terraços seguindo as curvas de nível do terreno, impedindo a propagação da erosão laminar vertente abaixo.

4.4. Variação do Lençol Freático

A irrigação e o consumo urbano são os principais tipos de uso da água dentro da bacia do Rio Araguari, cada uma trazendo diferentes impactos ambientais sobre os recursos hídricos. Nas áreas urbanas os principais problemas são a

locação e distribuição dos poços, sendo que muitas vezes existe uma concentração de poços em pequenas áreas. A água bombeada é usada para consumo humano ou atividades industriais. Na área urbana de Araguari a depressão do lençol freático foi monitorada em 111 poços entre setembro de 1998 e outubro de 1999, o resultados mostram que na estação seca o nível da água diminui aproximadamente devido ao bombeamento. Não existem levantamentos com longa data a respeito deste fenômeno, mas com o crescimento da demanda e conseqüente aumento da perfuração de novos poços a situação tende a piorar em um futuro próximo.

Nas superfícies tabulares recobertas por latossolos a irrigação é extensivamente utilizada para aumentar a produção e a cada ano são necessárias mais fontes de água. Em muitas fazendas a solução

utilizada para o abastecimento de água é a perfuração de poços e bombeamento da água para a irrigação. O principal sistema de irrigação utilizado é o pivô central com aspersão de água sobre as culturas. Este sistema ao lançar o spray de água sobre as plantas permite uma forte evaporação, e conseqüentemente uma parcela da água bombeada do subsolo é perdida para a atmosfera. A solução utilizada para evitar este problema é a substituição do sistema pela irrigação por gotejamento, que é um sistema que trabalha com baixa pressão, onde as perdas de água são mínimas. Em muitas áreas a localização dos poços não é controlada e acabam interferindo mutuamente um nos outros, causando aprofundamento do nível do lençol freático local e em casos não raros a perda dos poços.

4.5. Mudanças nos Canais Fluviais

O aumento das áreas irrigadas criou uma superexploração dos recursos hídricos em toda a bacia hidrográfica. Um dos maiores problemas é o excessivo bombeamento de água dos canais fluviais a partir de pequenas barragens construídas nas fazendas. Estas pequenas barragens formam lagos de onde a água é captada e bombeada para as áreas de cultivo. Estas operações acabam por diminuir o fluxo de água a jusante e causa também alterações na umidade do solo próximo aos lagos e das áreas irrigadas. Nos maiores rios da bacia, como o Araguari e Quebra Anzol os efeitos desta prática não são sentidos, porém nos tributários menores e nas nascentes chega-se ao final da estação seca a ocorrer o total desaparecimento dos fluxos hídricos. A jusante de pequenos barramentos os canais de primeira ordem chegam a desaparecer.

5. Alterações ambientais em áreas urbanas.

As áreas urbanas localizadas na bacia hidrográfica do rio Araguari tiveram um crescimento rápido especialmente após a década de 60 e apoiadas nos planos governamentais de desenvolvimento e ocupação do cerrado. Seguindo a explosão demográfica ocorrida em todo o Brasil, o ambiente urbano também teve um crescimento acentuado. Os principais impactos que afetam as áreas urbanas estão associadas ao planejamento deficiente do escoamento de águas pluviais e alterações nos canais fluviais.

Nas áreas urbanas os dois principais impactos ambientais são as inundações e o surgimento de voçorocas. As inundações ocorrem porque os canais fluviais não suportam as altas vazões propiciadas pela intensa impermeabilização do solo urbano e conseqüente geração de fluxos rápidos dos topos e vertentes para o fundo de vale. A ocupação dos fundos de vale e planícies por ruas e avenidas e conseqüente construção de galerias subterrneas acaba por impedir o espalhamento da água das chuvas pelas áreas onde ela anteriormente aconteceria em condições naturais. Por outro lado, os canais fluviais que ainda se encontram em condições naturais, também sofrem um processo de aprofundamento de seu fundo e erosão das margens em função do aumento da intensidade das vazões nas cheias. A erosão das margens dos canais com exposição dos depósitos Holocênicos e Pleistocênicos marginais. As soluções de engenharia mais simples, como a construção de galerias e murros de arrimo, não resolvem os problemas, pois atacam apenas os efeitos e não as causas.

Uma abordagem geomorfológica é necessária para o entendimento da fragilidade do ambiente e sua dinâmica, tentando resolver os problemas em função de suas causas.

Estudos indicam que a partir de chuvas de 40mm/h o aumento do escoamento é extremamente forte e o escoamento extravasa das galerias para ruas e avenidas, que passam a funcionar como canal de escoamento em direção aos fundos de vale. Estas inundações acabam por gerar problemas aos moradores, como a quebra de muros e destruição da pavimentação alfáltica, bem como danos a veículos.

Voçorocas urbanas são geradas a partir das cabeceiras de drenagem onde são alocadas águas pluviais escoadas de áreas impermeabilizadas. Sua evolução é condicionada também a mudanças no nível do lençol freático, fato devido ao aprofundamento dos canais e mudanças do nível de base local. Associado a isto, em algumas áreas, como no caso do Córrego Lagoinha localizado na Cidade de Uberlândia, observa-se que cortes e desaterros acabam por contribuir para a formação de ravinas e voçorocas. (Reis Alves, 2001).

5.1. Alterações Ambientais em Função da Construção de Barragens

O vale do Rio Araguari possui uma morfologia muito favorável a construção de barragens. É profundo e estreito, com perfil longitudinal apresentando diversas rupturas de declive, conformando corredeiras e cachoeiras. Aproveitando esta situação foram construídas as Usinas Hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, e duas outras se encontram em fase de

estudo, sendo sua construção prevista para esta década.

A Usina de Nova Ponte foi construída entre 1987 e 1993. A barragem possui 141 metros de altura e criou um lago com 443 km² e acumula um volume de 12,8 bilhões de m³. (CEMIG, 1995) Os impactos nos meios sociais e biológicos ocorreram, mas ainda geram efeitos presentemente. A população da cidade de Nova Ponte teve que ser transferida, pois a área urbana encontrava-se abaixo do nível de inundação. Uma nova cidade foi construída a aproximadamente 3km de distancia e mais de 4500 pessoas tiveram que ser removidas. Muitas cachoeiras e corredeiras foram alagadas e áreas turísticas e de lazer foram substituídas pelo lago e novas áreas atrativas foram criadas. A fauna aquática do rio foi totalmente modificada com a introdução de espécies adaptadas ao ambiente lêntico. Com a grande variação do nível de água do lago, chegando nas estações secas a uma depleção de mais de 20 metros, uma faixa situada na área de flutuação está sujeita a erosão, gerando muitas ravinas. A Usina de Miranda foi construída entre 1994 e 1996 e enchida em 1997 Possui 79 metros de altura e criou um lago de 51,25 km² e volume de água de 1,12 bilhão de m³ Esta usina criou os mesmo impactos da Usina de Nova Ponte, com exceção a remoção urbana e ainda apresenta como diferencial a criação de loteamento de lazer em seu entorno.

Com a construção de duas novas usinas, Capim Branco I e II, o fundo de vale do rio Araguari será totalmente transformado em lagos artificiais por mais de 150 km, com total transformação do fluxo da água, alterações no nível do lençol

lençol freático, características climáticas locais e fauna aquática.

Outros impactos devidos à construção de barragens são os abalos sísmicos devido à acomodação de camadas rochosas em função da pressão exercida pela massa de água acumulada em superfície. Nas proximidades da represa de Miranda foram medidos abalos de 3,0 pontos na Escala Richter, causando danos a construções e pavimentos. Com a varia-

ção do nível de água do reservatório alguns problemas são observados na área rural, especialmente em relação ao rebaixamento de lençol freático, com conseqüente ressecamento de nascente e poços. A ação de marolas causa danos a construções, como piers e murros construídos na proximidade do lago. A tabela 3 apresenta as correlações entre as unidades ambientais e os principais reflexos das atividades humanas sobre o relevo.



Foto 5 – Área localizada na periferia do município de Uberlândia onde a especulação imobiliária causa a destruição de amplas áreas de cerrado, desprotegendo o solo e possibilitando o início de processos erosivos. Autor Roberto R. Alves (2001)

Unidade Geomorfológica	Principais Atividades Humanas	Principais Fontes de Problemas Ambientais	Principais Problemas	Mudanças no Relevo Devido a Ação Humana
Serra da Canastra	<ul style="list-style-type: none"> Parque Nacional (turismo e lazer) 	<ul style="list-style-type: none"> Fazendas Vizinhas Visitantes (turistas e moradores vizinhos) 	<ul style="list-style-type: none"> Fogo Extinção de Animais 	<p>Mudanças nos Fluxos Hídricos</p> <p>Diminuição da erosão laminar;</p> <ul style="list-style-type: none"> Preservação e renovação dos horizontes superficiais do solo.
Faixa de Dobramentos	<ul style="list-style-type: none"> Pastagem Agricultura Pequenos núcleos urbanos Mineração 	<ul style="list-style-type: none"> Estradas e trilhas Cercas, Caminhos de gado, Solo e sub-solo exposto 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão do solo e formação de ravinas superficial; Aterramento de vossorocas com lixo e entulho; Crateras abertas por atividades minerárias e abandonadas; 	<ul style="list-style-type: none"> Ravinas; Dimensão dos canais e fluxo d'água; Lagos artificiais e lagoas Assoreamento de canais Preenchimento de Voçorocas com entulho e lixo
Planalto Vulcano-Sedimentar	<ul style="list-style-type: none"> Agricultura Cidades e vilas Pastagem 	<ul style="list-style-type: none"> Solo Exposto Fluxos das águas de chuva Estradas e trilhas 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão do solo e formação de ravinas superficial; Áreas Impermeabilizadas Canalização de córregos urbanos; 	<ul style="list-style-type: none"> Cicatrizes de erosão nas vertentes Preenchimento de Voçorocas com entulho e lixo Assoreamento de canais Rebaixamento local do lençol freático, Diminuição da vazão de pequenos canais Ressecamento do solo e compactação
Canyon do Araguari	<ul style="list-style-type: none"> Pastagem Barragens Pequenas unidades de conservação. 	<ul style="list-style-type: none"> Remoção de florestas; Estradas e trilhas; Fluxos de águas pluviais 	<ul style="list-style-type: none"> Barragens Mineração (inclusive em leitos fluviais) 	<ul style="list-style-type: none"> Lagos artificiais e lagoas Depleção do nível de água dos reservatórios; Mudanças no lençol freático.

Tabela 3 – Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e os Processos Correlatos.



Foto 6 –Fundo de vale do córrego Lagoinha onde são observados o resultados de um inadequado planejamento da localização do sistema de transmissão de esgotos, que foi destruído pelo canal fluvial após eventos pluviométricos intensos. Foto Ricardo R. Alves (2001)

6. Discussão

Quais os limites para a intervenção humana sobre o ambiente? Quais serão as respostas da natureza ao nosso ataque? Continuará a bacia hidrográfica a ser uma unidade de estudo útil para o entendimento dos impactos humanos sobre a natureza? Como a geomorfologia pode contribuir para o estudo dos ambientes urbanos e rurais impactados? As respostas a estas questões são linhas mestras de nossas preocupações na atualidade.

Se nosso comportamento e padrão de consumo em relação aos recursos naturais continuarem crescendo, alguns recursos naturais acabarão ou se tornarão escassos em um futuro próximo. Na bacia hidrográfica do Rio Araguari, a água já é

considerada um recurso escasso e o consumo rural e urbano continua crescendo rapidamente. Novos investimentos em irrigação, produção de energia, turismo e consumo humano e animal começam a cada dia e o volume de água disponível continua o mesmo. Fontes alternativas, como a água subterrânea possuem limites a sua exploração, sejam técnicos ou financeiros, sendo que este recurso também tem seus limites.

Os agricultores e industriais continuam pensando e tratando a água como um recurso infinito e atuando de uma maneira ambientalmente errada, sendo que somente após a atuação governamental de proibição ou autuação, que medidas de compensação ambiental são tomadas. O crescimento acelerado e

desordenado das cidades não respeita as características ambientais e até mesmo a legislação é burlada. As ações governamentais cresceram nas últimas décadas, mas ainda são insuficientes para diminuir o avanço desenfreado do poderio econômico sobre os recursos. Embora discussões e planos de ação tenham sido feitos em algumas regiões do Brasil, incluindo aí a Bacia do Rio Araguari, o futuro suprimento de água está em perigo.

7. Considerações Finais

A bacia hidrográfica do Rio Araguari está passando por um momento em que sua paisagem sofre os efeitos de um modelo de ocupação insustentável, iniciado a poucas décadas atrás. Os impactos deste modelo de ocupação da terra têm repercussões sobre o relevo, em especial com o crescimento dos processos erosivos. As condições hidrológicas foram fortemente alteradas, incluindo mudanças no nível do lençol freático, aumento das erosões nas cabeceiras de drenagem, mudanças no fluxo e vazão dos principais rios, transformados em uma seqüência de lagos. Estes problemas também ocorrem nas cidades, especialmente naquelas em que o crescimento populacional explosivo ocorreu nos últimos 30 anos, sofrendo agora, anos de descaso com a questão ambiental.

Estudos geomorfológicos indicam que se o padrão do uso da terra não for alterada para uma situação ambientalmente controlada, teremos uma situação caótica em um futuro próximo, em especial quanto ao suprimento de água potável nas cidades e também para irrigação. Esta situação faz com que a administração pública planeje novas linhas

de adução de água, buscando cada vez mais longe, em outras bacias hidrográficas a solução para a falta de água em meio urbano, no entanto este procedimento causará, certamente, falta de água em outras localidades. Na bacia do Rio Araguari este fato já é realidade para a Cidade de Uberlândia.

Os processos erosivos laminares encontram-se mais ou menos controlados após a adoção do plantio direto, porém os processos de ravinamento e de voçorocamento tornam-se muito intensos e crescem rapidamente nas bordas das superfícies planas. A água bombeada dos lençóis freáticos regionais e locais se tornará um grande problema no futuro, pois o aumento deste processo de exploração diminuirá as descargas de base dos canais fluviais. Alguns covoais do topo dos planaltos tabulares tornaram-se secos devido a ação de agricultores e reflorestadores, e muitos outros ainda sofrerão o mesmo processo.

Nas áreas urbanas os impactos ambientais têm aumentado principalmente em duas direções: a recorrência em intervalos cada vez menores de inundações e associadas a eventos pluviais menores e por outro lado as voçorocas urbanas que atingem as bordas das cidades, destruindo vertentes. Nestas voçorocas um outro procedimento gerará graves conseqüências no futuro, o preenchimento de áreas erodidas com entulho e lixo urbano.

8. Perspectivas Futuras

Em um futuro próximo o foco de nossas análises ambientais, com especial ênfase na geomorfologia será dirigido para os seguintes itens:

1) Realização de mapeamentos geomorfológicos, porque esta bacia, como todo o território nacional, carece de um mapeamento sistemático de base, em escalas de detalhe e semidetalhe.

Aumento da pesquisas sobre a influencia da ação humana sobre processos como a erosão laminar, ravinas, voçorocas e modificações dos canais fluviais, tentando entender quais os mecanismos naturais e antrópicos atuantes nestes processos.

2) Pesquisas em áreas degradadas, tentando intermediar soluções ambientalmente pensadas junto aos administradores públicos e formadores de opinião, no sentido de alinhar o desenvolvimento urbano associado com um ambiente equilibrado. A recuperação de áreas degradadas nas bordas e no interior das manchas urbanas, bem como pesquisas em áreas críticas, como voçorocas preenchidas com entulho e lixo, serão provavelmente nossa primeira instancia de trabalho.

Bibliografia

BACCARO, C. A. D., *Estudos Geomorfológicos no município de Uberlândia*. Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza, Ano 1, nº 1 – Jun/1989, p. 49 – 51.

BACCARO, C. A. D., *Unidade Geomorfológicas do Triângulo Mineiro – Estudo Preliminar*. Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza, Ano 3 – nº 5 e 6 – Jan./Dez, 1991 p. 37 – 42.

BACCARO, C. A. D., *Estudos Experimentais aplicados na Avaliação dos Processos Geomorfológicos de Escoamento Pluvial em Áreas de Cerrado*. Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza. Ano 5 nº9 e 10 – Jan./Dez, 1993. p. 55 – 63.

BACCARO, C. A. D., *As unidades geomorfológicas e a Erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia*. Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza. Ano 6 nº11 e 120 – Jan./Dez, 1994 – p. 19 – 33.

BACCARO, C. A. D., NISHIYAMA, L., *Aproveitamento dos Recursos Minerais nas Regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – Uma Agressão ao Meio Ambiente*. Uberlândia. Revista Sociedade e

Natureza, Ano 1, nº 1 – Jun/1989, p. 49 – 51.

BARCELOS, J. H. *Geologia Regional e Estratigráfica do Triângulo Mineiro Uberlândia*: Revista Sociedade e Natureza. Ano 5 nº9 e 10 – Jan./Dez, 1993, p. 09 – 22.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais – *Usina Hidrelétrica de Nova Ponte. Projeto Executivo. Estudos Ambientais*. Belo Horizonte MG. 1995, 89p.

DIAS, J. B & AUGUSTIN, C. H. R. R., *Biogeomorfologia: Térmitas e Formigas, Bioagentes na Reciclagem e Formação dos Solos e em Processos Formadores da Paisagem em Gouveia, Minas Gerais*. In: Anais – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Belo Horizonte – 1999. p. 141 – 142.

FERREIRA, I.L.; ROCHA, M.R.; BACCARO, C. A. D.; RODRIGUES, S. C. *Mapeamento Geomorfológico do Triangulo Mineiro*. Anais do III Simpósio Nacional de Geomorfologia, Campinas, 2000, p.195.

FERREIRA, I. L. *Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba*. Universidade Federal de Uberlândia: Instituto de Geografia. Uberlândia, 2001. (Relatório Final de Iniciação Científica FAPEMIG / UFU).

FERREIRA, L. M. & NASCIMENTO, M. A. do, *Os Latossolos do Triângulo Mineiro*. In: Anais, VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Belo Horizonte – 1999 p. 168 – 169.

NISHIYAMA, L, *Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes*. Uberlândia: Revista Sociedade e natureza – Ano 1 – nº 1 Junho de 1989, p. 09-16.

RODRIGUES, S. C.; BACCARO, C. A. D.; MEDEIROS, S. FERREIRA, I.L.; SANTOS, L.S. - *A Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e do Alto Paranaíba*. 9º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Recife. 2001 (no prelo)

SCHNEIDER, M. O., SILVA, D. B., *Estrutura Pedológica e Dinâmica Hídrica do "Covoal" do Córrego da Fortaleza*, Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza, Ano 3 – nº 5 e 6 – Jan./Dez, 1991, p. 75 – 89.

TOMAZZOLI, E. R., *A evolução geológica do Brasil-Central*, Uberlândia: Revista Sociedade e Natureza, Ano 2, nº 3 – Junho 1990, p. 11 – 26.

Concluído em: outubro de 2001.

