

## O PROCESSO EROSIVO NA BACIA DO ALTO PARAGUAI *THE EROSION PROCESS ON ALTO PARAGUAI WATERSHED*

Alberto Pio Fiori<sup>1</sup>  
Chisato Oka Fiori<sup>1</sup>  
Leonardo Disperati<sup>2</sup>  
Antônio Conceição<sup>3</sup>  
Simone Kozciak<sup>3</sup>  
Jocimar Aparecida Guedes<sup>3</sup>  
Alessandro Ciali<sup>2</sup>

### RESUMO

O Pantanal Matogrossense pode ser subdividido nas províncias fisiográficas de Planaltos, Pantanaís e Morrarias, com feições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e pedológicas distintas. Nos Planaltos, grandes extensões de florestas e cerrado sofreram desflorestamento e foram substituídas por atividades agropecuárias, a partir dos anos 70. Como consequência, o processo erosivo sofreu uma grande aceleração, levando à perda de grandes porções de terras produtivas e assoreamentos na bacia do Pantanal. O objetivo deste trabalho é avaliar as modificações do uso e ocupação do solo nos últimos trinta anos e suas consequências no processo erosivo da região. A análise foi feita em três diferentes momentos: 1966, 1985 e 1996, fazendo-se uso de imagens de satélite TM 5 e de cartas topográficas do IBGE em escala 1: 250.000. Quatro áreas-piloto foram selecionadas para estudos mais detalhados: bacia do rio Taquarizinho, na parte leste da área; região de Pedro Gomes, nas proximidades da divisa dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul; bacias do rios Arica-Açu e Arica-Mirim, na parte norte da bacia e a Chapada do rio Correntes/Itiquira. Nas três primeiras áreas, foi feito o cálculo de perdas de solos por erosão laminar através do emprego da Equação Universal de Perdas de Solo, em ambiente SIG. Os resultados obtidos colocam em evidência a dinâmica ambiental ocorrida na região, nos últimos trinta anos.

*Palavras-chave:* erosão do solo, sistema de informações geográficas, análise multitemporal.

- 1 Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Brasil. E-mail: [fiori@geologia.ufpr.br](mailto:fiori@geologia.ufpr.br)
- 2 Universidade de Siena (UNISI) – Italia. E-mail: [disperati@unisi.it](mailto:disperati@unisi.it)
- 3 Bolsista CNPq Brasília – Pós-graduação UFPR – Brasil.

## ABSTRACT

The Pantanal Matogrossense can be subdivided into three physiographic provinces, Planaltos, Pantanais and Morrarias, characterized by peculiar geologic, geomorphologic, hydrologic and pedologic features. On the Planaltos province, large extensions of *florestas* and *cerrados*, have been submitted to deforestation and were replaced by farming and cattle raising activities from the 70's years. In the process of transformation, the deforestation is normally done by burnt or extracted trees with the use of weight agricultural machines. As a consequence of that activity, the erosive process suffered a great acceleration, taking to loss portions of productive lands and flooding of low areas in the Pantanal basin (figure 1). The aim of the present paper is to evaluate the changes on the use and occupation of the soil in the last thirty years and their consequences on the erosive process of the region. It has been analyzed in three different moments : 1966, 1985 and 1996 (figures 2 and 5). Statistical analysis of multitemporal data base were carried out to compare the land cover changes in these provinces. The 66's data was available from the DSG/IBGE (Geographic Division of Brazilian Army and Brazilian Institute for Geography and Statistics); the 1985 and 1996 data have been obtained from Landsat TM images interpretation. Four pilot areas were chosen for detailed study: the Taquarizinho basin, located southern from Coxim (figure 6 and tables 1, 2 and 3), the Arica-Açu and Arica-Mirim basins (figures 7 and 8), on the northern part of Alto Paraguai Basin, the Pedro Gomes region (figures 9 and 10 and table 4) and the rio Correntes / Itiquira Chapada (figures 11, 12 and 13). The laminar erosion on the first three areas was calculated with the application of the Universal Soil Loss Equation, aided by Geographic Information System and Remote Sensing techniques. The results obtained put in evidence the environmental dynamic occurred on the Pantanal region in the last thirty years.

*Key-words:* soil erosion, geographical information system, multitemporal analysis.

## INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo mostrar as modificações sofridas no uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Paraguai, nos últimos 30 anos, e suas conseqüências no processo erosivo.

A partir da década de 70, as terras planas dos topos dos chapadões e as terras mais baixas vêm experimentando um acelerado processo de antropização. Dada à facilidade de mecanização, os chapadões são alvo de atividades de agricultura intensiva, com plantio de culturas de soja, milho e algodão, enquanto as áreas rebaixadas e de relevo mais movimentados adjacentes, vêm sendo utilizadas extensivamente para atividades agropecuárias. Como conseqüência, o uso do solo sofreu fortes modificações quando grandes áreas de cobertura natural, como florestas e cerrados cederam lugar à pastagens e agricultura.

Um dos principais reflexos dessa atividade antrópica verificou-se no processo erosivo, levando à aceleração das perdas de terra produtivas nas bacias de drenagem. Os sedimentos carreados pelos rios para a Bacia do Pantanal causam assoreamento de lagos, lagoas e dos principais canais fluviais, prejudicando seriamente a navegabilidade de alguns rios e, inclusive, ameaçando atividades agropastoris com o alagamento de áreas produtivas.

Fisiograficamente, a Bacia do Alto Paraguai pode ser subdividida em três províncias: Planaltos, Morrarias

e Pantanais, com feições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e pedológicas distintas. A província Planaltos corresponde às terras elevadas, situadas a norte, leste e sul da bacia, não estando sujeita à inundações. A província Morrarias corresponde a remanescentes de formações sedimentares que jazem sobre o embasamento cristalino, em torno da cidade de Corumbá, enquanto a província Pantanais engloba as áreas de depósitos modernos, situados na depressão da bacia do Pantanal.

A avaliação multitemporal do processo erosivo foi feita, com maiores detalhes, em quatro áreas-piloto, pela aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS): bacia do rio Taquarizinho, situada na parte leste; região de Pedro Gomes, na parte nordeste; as bacias dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim, na parte norte da bacia do Pantanal. Dadas às suas peculiaridades, foi realizada uma avaliação qualitativa da erosão da Chapada do rio Correntes/Itiquira, situada nas proximidades do limite entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. As localizações das áreas-piloto acham-se representadas na figura 1.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A análise multitemporal do uso e ocupação do solo e do processo erosivo, visando avaliar as diferenças ocorridas no período de 1966 a 1996, foi conduzida através da elaboração de um banco de dados geo-referenciado e do cruzamento dos dados referentes aos anos de 1966,

Figura 1: Mapa de localização das áreas piloto. 1. Folha Coxim; 1.ª Bacia do rio Taquarizinho; 2. Bacias dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim; 3. Região de Pedro Gomes.  
*Location map of detailed studied areas. 1. Coxim topographic sheet; 1.ª Taquarizinho river basin; 2. Arica-Açu e Arica-Mirim rivers basins and 3. Pedro Gomes region.*

Figura 2: Classes de cobertura de solo nas províncias norte (A) e sul (B). *Land cover classes for the northern (A) and southern (B) Pantanal provinces.*

Figura 3: Classes de cobertura de solos para as províncias Planaltos (A) e Morrarias (B). *Land cover classes for the Planaltos (A) and Morrarias (B) Pantanal provinces.*

Figura 4: Mudanças na cobertura dos solos nas províncias norte (A) e sul (B). *Land cover changes in the northern (A) and southern Pantanal provinces.*

Figura 5: Mudanças na cobertura dos solos nas províncias Planalto (A) e Morraria (B). *Land cover changes in the Planalto (A) and Morrarias provinces.*

1985 e 1996. Os dados do uso do solo foram obtidos a partir de cartas planialtimétricas do DSG-IBGE, escala 1: 250.000, de 1966 e de imagens de satélite Landsat 5 TM, de 1985 e 1996 e analisados em ambiente SIG. A legenda utilizada na elaboração das cartas de uso do solo foi baseada no Projeto Corine (Corine 1993, Heymann et al. 1994), com modificações propostas por Paranhos Filho (2000) e Paranhos Filho *et al.* (2000a, 2000b). Na tabela 1, podem ser encontrados os códigos Corine e as respectivas classes de uso e ocupação do solo das áreas de estudo.

Uma das principais conseqüências das modificações do uso e ocupação do solo é a aceleração do processo erosivo. Para avaliar as perdas anuais de solo por erosão laminar, foi aplicada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (Wischmeier & Schmidt 1958, Wischmeier 1959, Bertoni et al. 1975, Bertoni & Lombardi Neto 1975) à bacia do rio Taquarizinho, inclusa nas folhas Coxim e Camapuã. A avaliação da dinâmica do processo erosivo, principalmente em função do uso e ocupação do solo foi feita pela sucessiva aplicação da equação nos anos de 1966, 1985 e 1996.

## RESULTADOS

As modificações sofridas pela cobertura do solo nas províncias norte e sul do Pantanal estão representadas na figura 2. Na província Planaltos (figura 3), grandes extensões de florestas (classe 311) e de cerrado (322), sofreram desmatamento e foram substituídas por terras agrícolas (211 e 231). A área de cerrado (322) reduziu-se cerca de 20.000 km<sup>2</sup> (cerca de 65%) enquanto a classe 3 como um todo (áreas naturais), mudou de 88% da extensão da província em 1966 para 43%, em 1996. As maiores modificações ocorreram no período compreendido entre 66 e 85, enquanto, após 85, a taxa de desmatamento reduziu-se e uma significativa renaturalização ocorreu: mais de 10.000 km<sup>2</sup> mudaram da classe 3 para a classe 2 (áreas agrícolas/pastagens), enquanto cerca de 6.500 km<sup>2</sup> mudaram da classe 2 para a classe 3.

Na província Morrarias, a floresta foi reduzida cerca 30% nos últimos 30 anos e o desmatamento era ainda significativo em 85 (figura 4). Em relação à extensão da província, as áreas naturais e seminaturais reduziram-se de 79% para menos de 60%.

Na província norte Pantanal, as florestas sofreram uma redução em torno de 50% e a classe 3, como um todo, mudou de 88% da província em 66 para 68% em 96. Esta tendência mostra que a pressão humana sobre o ambiente aumentou continuamente no período investigado. Entretanto, de 85 para frente, mais de 10% das terras agrícolas (cerca de 750 km<sup>2</sup>) voltaram a áreas naturais,

com a re-naturalização de pastagens (figura 5).

A província sul Pantanal não experimentou grandes transformações, em comparação com as outras províncias no período de 66 a 96. Considerando a província como um todo, a classe 3 decresceu 14%.

Os resultados mostram que a província Planaltos experimentou as maiores modificações na cobertura do solo. Adicionalmente, esta área é coberta por extensos depósitos superficiais, geralmente arenosos, inconsolidados, recobrimo o substrato rochoso e altamente susceptíveis a processos erosivos. Essas condições colocam a província Planaltos como a mais vulnerável região para a erosão do solo, sendo palco de ampla ocorrência de vossorocas, desenvolvidas principalmente nas áreas desmatadas. Com base nessas evidências, foram detalhadas áreas dessa província para a análise do processo de erosão laminar, como são os casos das bacias dos rios Taquarizinho, Arica-Açu e Arica-Mirim e região de Pedro Gomes.

## O USO DOS SOLOS DA FOLHA COXIM

As cartas de uso dos solos foram elaboradas a partir da interpretação das imagens de satélite Landsat 5 TM, cena 225-073, para 1985 e 1996. Dentro dessa imagem foi recortada a área correspondente à Folha Coxim, perfazendo cerca de 17.600 Km<sup>2</sup>.

O principal uso dos solos nessa folha é voltado para as atividades agropecuárias, principalmente pastagens, ocupando 67,55% da área em 1985 e 51,12% em 1996. Para 1985, as áreas naturais são representadas por 16,14% de florestas e 14,26% de cerrados, incluindo-se nestes percentuais, as porções “renaturalizadas” (mata e cerrado secundários). As outras classes apresentam percentuais muito pequenos, chegando a 2,05%. Para o ano de 1996, as áreas naturais são representadas por 11,09% de florestas e 29,30% de cerrados. Nesse mesmo ano, as áreas queimadas chegam a 5,55% da superfície analisada, enquanto que todas as demais classes somadas chegam a 1,30% (tabela 1).

A análise das modificações verificadas no uso e ocupação dos solos na folha Coxim levou em conta os anos de 1966, 1985 e 1996. Os dados percentuais, por classe de uso do solo, para cada período, estão representados na tabela 2.

Pode-se observar que variações significativas ocorrem em apenas quatro classes, “nc”, “agr”, “nat” e “des” mas que, somadas, correspondem a mais de 96% da área da Folha Coxim. As áreas classificadas como “nat” correspondem a coberturas de vegetação natural e re-

Tabela 1: Áreas das classes de uso dos solos dos anos de 1985 e 1996, para a Folha Coxim. *Land cover areas for the years 1966, 1985 and 1996.* (Paranhos Filho 2000, Paranhos Filho et al. 2000b).

Tabela 2: Percentuais dos tipos de uso dos solos nos diferentes períodos analisados, para a Folha Coxim. *Percentages of land cover types for the three analysed periods.* (Paranhos Filho 2000, Paranhos Filho et al. 2000a).

presentavam 88,91% da superfície em 1966, diminuindo para 30,40% em 1985 e aumentando para 40,39% em 1996. As áreas ocupadas pela atividade agropecuária (agr), incluindo áreas agrícolas e pastagens, em 1966, representavam apenas 0,65% da superfície, aumentando para 68,37% em 1985 e diminuindo para 52,76% em 1996. As áreas classificadas como descobertas e queimadas (des) somavam 0,47% da superfície em 1966, passando para 0,49% em 1985 e para 6,06% em 1996. Neste último caso, o valor é influenciado por áreas de queimadas que perfazem 5,55% da superfície da folha Coxim.

A classe “nc”, correspondente a áreas “não classificadas”, perfaziam 8,98% em 1966, devido a incertezas no procedimento de classificação mas, com o emprego das imagens de satélite e controles de campo, passou a apenas 0,02% em 1985 e para 0,15% em 1996.

Outra classe que merece citação é a referente às áreas urbanas (urb), que ocupavam 0,03% da área da folha em 1966, 0,05% em 1985 e 0,11% em 1996. O valor correspondente ao último ano, entretanto, está

subestimado, pois na imagem de satélite correspondente existe uma nuvem sobre a cidade de Coxim e assim, parte de sua área urbana foi classificada como “nc”.

### **PERDA MÉDIA ANUAL DE SOLO NA BACIA DO TAQUARIZINHO**

A avaliação das perdas anuais de solo por erosão laminar, foi feita através da aplicada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) à bacia do rio Taquarizinho, em ambiente SIG. A sucessiva aplicação da equação para os anos de 1966, 1985 e 1996 permitiu, adicionalmente, a avaliação da dinâmica do processo erosivo atuante na área, principalmente em função do uso e ocupação do solo (figura 6).

A carta de erosão laminar para 1966 mostra os valores mais altos concentrados em três zonas, mas para os anos de 1985 e 1996, o processo alastra-se pela bacia do Taquarizinho. A quantidade de toneladas de solo perdidas

Tabela 3: Valores médios e perdas totais por erosão laminar da bacia do Taquarizinho, nos anos de 1966, 1985 e 1996. *Average and total soil loss for the three years of observation (Paranhos Filho, 2000).*

na bacia inteira, para cada ano, obtida pela somatória da multiplicação de todos os valores de A (ton/ha.ano) pelas respectivas áreas de abrangência, está representada na tabela 3. O valor médio de A (ton/ha.ano) foi obtido dividindo-se a perda total de solos na bacia pela área da bacia.

### O PROCESSO EROSIVO NAS BACIAS DOS RIOS ARICA-AÇU E ARICA-MIRIM

Da mesma forma que com a bacia do rio Taquarizinho, foram feitas estimativas das perdas de solo por erosão laminar, nos últimos 30 anos, em duas sub-bacias do Rio Cuiabá, situado na parte norte do Pantanal.

As cartas de cobertura do solo evidenciaram a transformação do território, nos últimos trinta anos, por intervenção antrópica, seguindo um tendência constante de 1966 até 1996. Em 1966, as áreas de agricultura ou pastagens eram inexistentes na bacia do Rio Arica-Mirim, enquanto na do rio Arica-Açu existia uma pequena área agrícola de 74 hectares, correspondente a 0,04% da área total da bacia; já em 1985, as áreas agrícolas aumentaram para 11% em ambas as bacias e em 1996, já correspondiam a mais de 30% do total da área. Como consequência, verificou-se uma drástica diminuição na cobertura vegetal natural nas duas bacias. Em 1966, esta correspondia a 99% da área total enquanto que, em 1985, correspondia a 60% e 64% da área das bacias do Rio Arica-Açu e Arica-Mirim, respectivamente. Em 1996, diminuiu para menos de 50% em ambas as bacias (figura 7).

As cartas de potencial à erosão obtidas para os três anos em estudo salientaram o aspecto evolutivo desse processo, em função das mudanças na cobertura do solo observadas no período investigado. Em 1966, as áreas com perdas de até 5 toneladas por hectare ao ano correspondiam a mais de 98% em ambas as bacias, não tendo sido detectadas áreas com perdas superiores a 10 toneladas por hectare ao ano; em 1985, na bacia do Arica-Açu, áreas com perdas acima de 10 toneladas por hectare ao ano já correspondiam a 7,06% do total, sendo que 3,24% da área apresentava valores acima de 50 toneladas por hectare ao ano. Na bacia do Arica-Mirim, áreas com perdas de mais de 10 toneladas por hectare ao ano correspondiam a 18,38%, enquanto que 9,49%

da área apresentava perdas acima de 50 toneladas por hectare ao ano.

Na bacia do Arica-Açu, em 1996, as áreas com perdas de solo acima de 10 toneladas por hectare ao ano aumentaram para 9,85% e, aquelas com potencial muito alto, passaram de 3,24% para 6,25% da área.

A bacia do Arica-Mirim evidencia um aumento ainda maior na perda de solo por erosão, nesse mesmo ano. Áreas com potencial acima de 10 toneladas por hectare ao ano correspondiam a 24,85% do total. Houve diminuição das áreas com potencial de perdas muito baixo, passando de 70,14%, em 1985, para 56,72%, em 1996, mas houve aumento nas áreas com potencial de perdas acima de 50 ton/ha.ano, passando de 9,49%, em 1985, para 11,60%, em 1996.

Como consequência desse fenômeno, verificou-se um aumento da quantidade total de solo perdido por ano em cada uma das bacias. Em 1966, a bacia do Rio Arica-Açu perdeu 2.952,90 toneladas por ano, enquanto a do Arica-Mirim perdeu 2.456,42 toneladas por ano. Em 1985, estes valores aumentaram cerca de 180 vezes para a bacia do Arica-Açu, saltando para 545.144,88 toneladas por ano e cerca de 390 vezes para a bacia do Arica-Mirim, passando a 987.329,16 toneladas por ano. Em 1996, o processo erosivo praticamente dobrou em ambas as bacias, passando para 1.210.267,75 toneladas por ano na bacia do Arica-Açu e para 1.997.091,82 toneladas por ano na do Arica-Mirim.

O estabelecimento de limites de tolerância de perdas de solo, tendo por base a espessura, a razão textural dos horizontes superficiais e subsuperficiais e a densidade dos solos, coloca em evidência que os Solos Litólicos e as Areias Quartzosas são os que apresentam a menor quantidade aceitável de perdas, ou seja, de 4,76 toneladas por hectare ao ano e 2,86 toneladas por hectare ao ano, respectivamente. Os Solos Concrecionários, Podzólico Vermelho Amarelo e o Glei Pouco Húmico mostram valores que variam de 10 a 15 ton/ha.ano, enquanto o Latossolo Vermelho Escuro e a Laterita Hidromórfica permitem perdas da ordem de 16 toneladas por hectare ao ano.

As cartas de perdas anuais e de tolerância às perdas de solo evidenciam as áreas que requerem um controle e monitoramento mais rigorosos (figura 8). Em 1966, somente 1,14% da área apresentava perdas acima do to-

Figura 6: Comparação das cartas de valores de A (ton/ha. ano) de 1966, 1985 e 1996, para a bacia do Rio Taquarizinho.  
*Comparison of potential soil loss maps for the three years of observation.* (Paranhos Filho 2000).

Figura 7: Áreas de vegetação natural e agrária para os anos estudados. *Natural and agricultural areas for the analysed years* (Kozciak 2000).

lerável para cada tipo de solo; em 1985, estas áreas aumentaram drasticamente para 18,67%; e em 1996, passaram a ocupar 24,91% do total da área.

Observa-se uma concentração maior de erosão na região do Planalto dos Guimarães que, apesar de ostentar uma topografia plana, nela predominam solos arenosos, desenvolvidos em relevo dissecado, com formas ta-

bulares e convexas. Os solos dessa região são formados a partir da alteração de rochas das formações Ponta-Grossa, Furnas e Botucatu, onde predominam arenitos.

A escarpa da Chapada dos Guimarães é outra zona com índices erosivos altos, com formas de dissecção aguçadas em diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, geralmente com vales

Figura 8: Perdas anuais e limites de tolerância às perdas anuais de solo. *Annual soil loss and areas where average soil loss calculated exceeds tolerable values for the three Years of observation* (Kozciak 2000).

em V. Predominam os Solos Litólicos, bastante rasos, localizados em litologias da Formação Furnas, constituída por arenitos médios a grosseiros.

Na depressão do Rio Paraguai, cujo substrato rochoso é formado basicamente por litologias do Grupo Cuiabá, os índices erosivos são menores. O relevo aí é geralmente aplainado, destacando-se algumas cristas

produzidas por rochas mais resistentes. Algumas delas evidenciam um índice erosivo maior devido à declividade mais acentuada e a processos de antropização. No geral, na região das depressões, nas planícies e no Pantanal Mato-Grossense, a erosão é mínima, por serem áreas essencialmente de acumulação, caracterizadas pela presença de planícies fluviais, sujeitas a inundações pe-

Tabela 4: Classificação do grau de erosão hídrica. *Classification of potential soil loss rates* (FAO 1967).

riódicas. É nessas áreas que se acumula grande parte dos sedimentos erodidos das regiões dos planaltos.

### **EROSÃO NA REGIÃO DE PEDRO GOMES**

A aplicação da EUPS foi feita também em uma área de aproximadamente 840 km<sup>2</sup>, localizada na folha Pedro Gomes, na escala 1: 100.000, situada no Estado

Figura 9: Mapa de perdas médias de erosão na área estudada, em t/ha/ano. *Potential erosion map of the studied area, on t/ha/year* (Fiori & Ciali 1999).

do Mato Grosso do Sul (MI-2401, Folha SE.21-Z-B-II). A área estudada compreende a escarpa da borda da bacia do Pantanal e a região do planalto, situada a leste da escarpa (figura 1). A escolha foi baseada na ampla variedade que a área apresenta em termos de exposição, declividade das vertentes e características morfológicas do relevo. Além disso, foi submetida a grandes alterações no uso do solo nos últimos trinta anos, apresentando extensas zonas cultivadas no planalto e áreas ainda naturais na escarpa, devido às formas mais acentuadas de relevo nesta última, que inviabilizaram a mecanização na agricultura.

Os valores obtidos foram agrupados conforme a classificação da erosão hídrica proposta pela FAO, PNUMA e Unesco (tabela 4). O Mapa de Perdas de Solo, ou do índice A, em ton/ha.ano, da área estudada é mos-

trado na figura 9.

Os valores mais comuns de perdas de solo por erosão encontrados estão compreendidos entre as classes de erosão ligeira ou moderada e uma pequena área de erosão alta.

As áreas de erosão moderada estão concentradas em três zonas distintas. A primeira delas compreende as cabeceiras do córrego São Bento, situado na parte norte, a segunda, a escarpa da Serra do Pantanal, representada por uma estreita faixa margeando a borda leste da área estudada e a terceira, as cabeceiras do córrego dos Veados, situado na porção sul. As áreas de menor erosão compreendem as chapadas, situadas entre a escarpa da Serra do Pantanal e as cabeceiras dos córregos São Bento e dos Veados. Entretanto, é nas bordas dessas chapadas que ocorrem processos de erosão concentrada, associadas às cabeceiras de drena-

Figura 10: Valores de perdas de solo anual (A) em uma zona queimada (t/ha/ano), representada pela área pontilhada, na imagem de 1996. *Annual soil loss (A) on a burned area on the 1966 image (t/ha/year)* (Fiori & Ciali 1999).

gem, levando à formação de vales profundamente entalhados.

As chapadas caracterizam-se por um relevo plano, ocupando posições topograficamente mais elevadas em relação às áreas adjacentes. Na interpretação do uso e ocupação do solo foram subdivididas entre áreas de uso agrícola e de pastagem, com largo predomínio da primeira, dada à facilidade de mecanização das culturas. Nas zonas com declividade algo mais acentuada, o plantio é feito em curvas de nível, como medida preventiva da erosão. As zonas das chapadas menos adequadas para o uso agrícola são utilizadas como pastagem, onde a prática conservacionista de plantio em curva de nível não é empregada. Como consequência, os valores mais altos da erosão estão localizados justamente nas áreas de pastagem que, por outro lado, também apresentam valores mais altos do fator topográfico LS.

As maiores taxas de erosão verificadas na região de Pedro Gomes estão localizadas ao longo da escarpa da Serra do Pantanal que delimita a bacia do mesmo nome, com valores que variam de 10 a 50 ton/ha.ano e nas bordas das chapadas, com valores que variam de 1 a 10 ton/ha.ano, não considerando-se aí a erosão con-

centrada. A erosão concentrada, instalada nas bordas das chapadas leva a um rápido decréscimo na sua área utilizável e, conseqüentemente, a uma rápida perda de áreas nobres para o uso agrícola; o relevo ondulado e mais rebaixado que resulta da desagregação das chapadas não é adequado para a mecanização da agricultura.

Valores do índice A, calculados para uma área localizada na escarpa, com elevada energia do relevo (valores de declividade entre 30 e 60%) e que, em Setembro do 1996, apresentava-se queimada, são mostrados na figura 10. Na imagem de satélite de 1985, a área estava recoberta com mata, sendo provável que o mesmo tipo de vegetação volte a se desenvolver novamente, após um período de recuperação. Conforme dito anteriormente, o fator CP associado às áreas queimadas foi aqui considerado como sendo igual ao de pastagens, ou seja, igual a 0,01 (Stein et al. 1987) pois, possivelmente, a área queimada deverá, inicialmente, se transformar em pastagem e posteriormente, evoluir novamente para cerrado ou mata. Considerando que a área queimada situa-se na zona de escarpa, onde a floresta deverá se recuperar rapidamente, o valor de CP levará a uma superestimativa da erosão nesse local, a partir do momento da recuperação da mata.

Figura 11: Sub-set da imagem (225\_072\_96, RGB, 4-5-3), mostrando exemplos de riscos de captura ao longo do rio Correntes. Lansat image sub-set (225\_072\_96, RGB, 4-5-3) showing examples of captures risks on the Corrente river.

## A CHAPADA DO RIO CORRENTES/ITIQUIRA

Um importante processo erosivo diz respeito às chapadas, caracterizadas por um planalto contornado de escarpas, às vezes com mais de 300 metros de desnível. Sobre esses planaltos desenvolve-se intensa atividade agrícola, com cultivo de soja, milho e algodão, principalmente. Dado ao emprego de técnicas de conservação de solos, como plantio em curvas de nível e terraceamento, a erosão laminar é bastante reduzida. O processo erosivo porém atua, na realidade, em toda a borda da chapada, levando a uma gradual diminuição da área do planalto. Não é possível avaliar quantitativamente a erosão nessas áreas, porém os indícios de um intenso processo de recuo das escarpas é bem evidente nas imagens de satélite.

Por exemplo, na Chapada do rio Correntes/Itiquira, as cabeceiras do rio do Peixe, afluente da margem direita do rio Taquari, estão causando intenso entalhamento da escarpa, que ali recebe o nome de Serra Preta e, inclusive, já trazendo a ameaça de captura do rio Corrente, que corre sobre a Chapada. Para se ter uma idéia mais precisa, a ravina mais avançada do córrego da Calça situa-se a cerca de 2,5 Km do rio Correntes (figura 11). A cabeceira do córrego do Lobo, imediatamente a oeste do rio do Peixe, também ameaça de captura o rio Correntes, via córrego de Cima, distanciados de 3Km, mas já com uma nítida depressão em forma de sela no divisor de água que os separa. Ainda mais eminente é a captura do córrego de Baixo, situado mais à jusante, por uma das nascentes do rio Piquiri, distanciados de apenas 1,5 km. Nesse local, o rio Correntes forma um alagado de cerca 2,5 km de largura por 15km de comprimento, podendo essa captura ser bastante desastrosa em termos ambientais, pelo volume de lama que poderá ser movimentado em curtíssimo período de tempo.

Um interessante exemplo de captura é o caso do córrego Resolvido com o córrego da Água Emendada, ambos afluentes da margem direita do Correntes, em pleno domínio da Chapada do rio Correntes/Itiquira. No caso, o primeiro, situado em um nível topográfico inferior, e com sentido de escoamento para sudoeste, captura a cabeceira do segundo, com sentido de escoamento para leste-nordeste.

Não menos dramáticas são as ameaças de captura do rio da Prata e ribeirão da Onça, na porção norte da chapada, pelas cabeceiras dos rios que escoam para a Depressão de Rondonópolis. O ribeirão da Onça exibe, inclusive, claras evidências de já ter sido capturado em passado recente, no seu terço superior pelo córrego Cachoeira Vermelha. Na imagem de satélite, fica patente que o ribeirão da Onça era formado pelos córregos da Cachoeira Comprida, do Pantanal, da Cachoeira

Vermelha, Atravessado e Pantanalzinho. O córrego da Cachoeira Vermelha, foi capturado por um dos ramos do rio da Prata, que encaixou seu vale ao longo de uma fratura de direção N70E, em um ponto próximo da antiga confluência dos dois córregos. A direção e o sentido de escoamento desse novo trecho, de cerca 6 km, são totalmente anômalos em relação ao padrão de drenagem do local. Em sua extremidade sul, está na iminência de sofrer nova captura, pelo córrego Buracão, devendo inverter seu sentido de escoamento para sul e passar a desaguar no ribeirão da Cutia. A separação entre as cabeceiras dos dois córregos é de menos de 100 metros, estando praticamente separados pela BR364.

Figura 12: Foto CH4-31. Fendas de tração na borda do talude da vossoroca das nascentes do córrego Buracão. *Tension's fractures on the border of the Buracão river.*

O nome "buracão" deve-se ao fato das cabeceiras do córrego estarem dentro de uma enorme vossoroca, que avança rapidamente, como se pode ver pelas fendas de tração e desmoronamentos de suas paredes (figura 12). A profundidade da vossoroca no local é de cerca 25 metros e atingiu o lençol freático, acelerando ainda mais o processo erosivo remontante, uma vez que não depende apenas dos efeitos das águas pluviais. O córrego Cachoeira Vermelha nasce em um banhado, sobre uma área muito plana, enquanto o córrego Buracão se aproxima rapidamente desse banhado a uma cota de mais de 20 metros de desnível, fazendo prever um rápido avanço da vossoroca para norte, a partir do momento que esta atingir a área de banhado.

Outros exemplos de capturas eminentes podem ser reconhecidos na área, especialmente nas bordas do Chapada do Rio Correntes/Itiquira mas, talvez, a situação mais preocupante é a do próprio rio Itiquira, ameaçado de captura junto a sua inflexão para norte, a cerca de 5km à jusante das confluências do córrego Mangaba e do ribeirão Sozinho. Nesse ponto, uma das cabeceiras do córrego São Domingos situa-se a apenas 1km de um

Figura 13: Sub-set da imagem 225\_072\_96 (RGB) 4-5-3, mostrando a ameaça de captura do rio Itiquira por uma das cabeceiras do córrego São Domingos. *Lansat image sub-set (225\_072\_96, RGB, 4-5-3) showing examples of captures risks on the Itiquira river.*

trecho meandrante do rio Itiquira que, inclusive, exibe claras evidências de migração para sul, justamente em direção às nascentes do córrego São Domingos, a julgar pela disposição dos meandros abandonados (figura 13). Cumpre lembrar que na desembocadura desse rio na Bacia do Pantanal, cerca de 25 km à jusante, está sendo construída uma hidrelétrica pelo governo do Estado de Mato Grosso, aproveitando o trecho encachoeirado desse rio ao atravessar a Serra de São Jerônimo. O traçado atual do rio Itiquira já é o resultado de uma captura ocorrida em tempos não tão remotos, na altura da atual confluência com o córrego Cachoeira. Aparentemente, o rio Itiquira continuava para norte, seguindo seu traçado normal, emendando-se com o atual rio Ponte de Pedra, afluente do rio Vermelho. A pretérita ligação entre ambos é ainda bem visível nas imagens de satélite, representada por uma área banhada e um leito de rio abandonado. A captura teria sido feita por um dos afluentes do rio que nascia na escarpa da Serra de São Jerônimo e fluía para a Bacia do Pantanal (atualmente, o trecho do rio Itiquira dentro da Bacia do Pantanal) que, ao atravessar a referida serra, aproveitou-se de uma fratura de direção N30W para se encaixar em traçado estruturalmente controlado e nitidamente anômalo.

## CONCLUSÕES

Grandes extensões de áreas naturais da Bacia do Alto Paraguai, como florestas e cerrado, sofreram desmatamento e foram substituídas por atividades agropecuárias nos últimos 30 anos. Na província Planaltos, as áreas naturais ocupavam 88% da província em 1966, tendo sido reduzidas para cerca de 43% em 1996. Já na Província Morrarias, ocupavam 88% da área, em 1966 e 66%, em 1996. Na região de Coxim, estudada com mais detalhes e uma das áreas mais antropizadas do Pantanal, a área de cobertura natural reduziu-se para cerca de 30% de 1966 a 1985, recuperando-se porém para 40%, em 1996. Nas bacias dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim, na parte norte do Pantanal, as áreas naturais reduziram-se para cerca de 60% do total da área, em 1985 e para cerca de 50%, em 1996.

Como consequência, o processo erosivo dos solos sofreu grande aceleração. Na bacia do rio Taquarizinho, a perda anual média de solo, antes do início do processo de antropização, era de 4,44 toneladas por hectare ao ano (660.000 toneladas por ano) no ano de 1966, passando a 5,53 (820.000 toneladas por ano), em 1986 e a 8,65 (1.280.000 toneladas por ano), em 1996. Nas bacias dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim houve uma perda anual de 3.000 e 2.500 toneladas por ano respectivamente para o ano de 1966, passando para 545.000 e 987.000 toneladas por ano, em 1985 e, finalmente, para 1.210.000

e 1.997.000 toneladas por ano, em 1996. Na região de Pedro Gomes, as maiores taxas de erosão verificaram-se na escarpa da Serra do Pantanal, com valores de 10 a 50 toneladas por hectare ao ano e nas bordas das chapadas, com valores em torno de 1 a 10 toneladas por hectare ao ano.

Mesmo com a recuperação de áreas naturais verificada na área de Coxim, as perdas de solo continuaram a aumentar, evidenciando que, uma vez instalado, o processo de erosão acelera-se continuamente, dificultando cada vez mais seu controle e disciplinamento. Nas bacias dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim, o processo de antropização levou a um aumento médio das perdas de solos de cerca 350 vezes em 30 anos.

Na Chapada do rio Correntes/Itiquira observa-se ativo processo de captura de rios, associado a fenômenos de erosão acelerada. Há evidências de capturas ocorridas em passado recente, bem como capturas eminentes de rios e córregos. Destes, talvez a situação mais preocupante é a do rio Itiquira, ameaçado de captura jun-

to à sua inflexão para norte por uma das cabeceiras do córrego São Domingos, por suas conseqüências em relação a uma hidrelétrica em fase de construção, mais à juzante.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto "Geo-environmental dynamics of Pantanal-Chaco: multitemporal study and provisional modelling" financiado pela União Européia (programa DG XII – Science, Reserch and Development – RTD: Cooperation with Third Countries and International Organizations. UE contract ERBIC18CT960073), pelo apoio logístico para os trabalhos de campo, compra de equipamentos e imagens de satélite e à CAPES, pela bolsa em nível de especialização para um dos autores (A.C.), dentro do acordo internacional CAPES/Itália, bolsas de Mestrado a dois dos autores (S.K. e J.A.G.) e de Doutorado Sanduíche a A.C.P.F.

## REFERÊNCIAS

- Bertoni J., Lombardi Neto F. & Benatti Júnior R. 1975. Equação de perdas do solo. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*, 21: 1-25.
- Bertoni J. & Lombardi Neto F. 1985. *Conservação do solo*. Piracicaba, Livroceres, 392 p.
- Corine. 1993. Corine Land Cover-Coordination of Information on the environment. Comm. of European Communities, Bruxelas. 106 p.
- FAO. 1967. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. *Cuadernos de fomento agropecuario da Org. de Las Naciones Unidas - FAO*, 81: 207 p.
- Fiori A. P. & Ciali A. 1999. Metodologia para obtenção do grau de erosão potencial mediante técnicas SIG e Sensoriamento Remoto. *Boletim Paranaense de Geociências*, 47.
- Heymann Y., Steenmans C., Croisille G. & Bossard M. 1994. *Corine Land Cover Project - Technical Guide*. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, ECSC-EEC-EAEC, Brussels-Luxembourg, 136 p.
- Kozciak S. 2000. *Evolução do processo erosivo da bacia dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim, através de análise multitemporal*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Tese de Mestrado, 110 p.
- Paranhos Filho A.C. 2000. *Método de análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS-Brasil)*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Tese de Doutorado, 213 p.
- Paranhos Filho A.C., Disperati L., Lucchesi C., Ciali A., Bocci M., Salvini R. & Fiori A.P. (no prelo). Avaliação multitemporal das perdas dos solos na Bacia do Rio Taquarizinho através de técnicas SIG. *Boletim Paranaense de Geociências*.
- Paranhos Filho A.C., Fiori A.P., Disperati L. & Carmignani L. (no prelo). A legenda de tipos de uso do solo do Projeto Corine: uma aplicação no Brasil. *Revista Geonotas*.
- Stein D.P., Donzelli P.L., Gimenez F.A., Ponçano E.L. & Lombardi Neto F. 1987. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópica na Bacia do Peixe-Paranapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, Marília, *Anais*, 105-135.
- Wischmeier W.H. & Smith D.D. 1958. Rainfall Energy and its Relationships to Soil Loss. *Amer. Geoph. Union, Transactions*, Washington, 39 (2): 285-291.
- Wischmeier W.H. 1959. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation. *Soil Sc. Soc. Am. Proc.*, Madison, 23 (2): 246-249.

Recebido em 07/05/2001.

Aceito em 26/06/2001.