

TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO ITIQUIRA, MATO GROSSO, BRASIL

TOLERANCE OF SOIL LOSSES IN THE ITIQUIRA RIVER BASIN, STATE OF MATO GROSSO, BRAZIL

Chisato Oka-Fiori¹

Alberto Pio Fiori²

Yociteru Hasui³

RESUMO

Com a finalidade de avaliar a dinâmica ambiental no ecossistema da bacia de Itiquira e identificar área com problemas especiais, notadamente no que diz respeito à inadequada utilização do solo, realizou-se a análise da erosão laminar na bacia do rio Itiquira, na porção que se estende dos afluentes da sua cabeceira, no leste da chapada Correntes / Itiquira, até a escarpa da serra de São Jerônimo, num total de 5.361 km². A erosão laminar foi avaliada pelo emprego da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para os anos de 1966, 1985 e 1996. Como conseqüência do rápido processo de ocupação antrópica, acelerou-se o processo de erosão do solo. Em 1966 havia uma perda média de 0,37 t/ha.ano, valor que passa a 3,28 t/ha.ano em 1985 e para 3,10 t/ha.ano em 1996. No período de 1985 a 1996 houve pequena desaceleração do processo erosivo em correspondência a um aumento nas áreas de pastagem. Escassos dados de hidrossedimentologia mostram a produção de sedimentos do rio Itiquira entre 1,39 a 2,04 t/ha.ano para o ano de 1988, em boa concordância com os resultados da EUPS. Visando identificar as áreas de risco potencial de erosão foi elaborado o mapa de limite de tolerância às perdas de solo. Em 1966, áreas com perdas de solo acima do tolerável ocupavam 0,43% do total da área, passando para 5,86% em 1985 e para 5,43% em 1996. Todas as áreas com perdas acima do valor tolerável devem ser consideradas como em processo de degradação do solo e necessitam da implementação de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: Pantanal Mato-grossense, erosão laminar, tolerância de perda do solo.

1 Departamento de Geografia, UFPR, Curitiba, Paraná, chisato@ufpr.br

2 Departamento de Geologia, UFPR, Curitiba, Paraná, piofiori@ufpr.br

3 Departamento de Geologia Regional, Unesp, Rio Claro, SP, hasui@terra.com.br

EXTENDED ABSTRACT

The geographic area of the present study corresponds to the basin of the Itiquira river high course (Figure 1), in the portion that extends from the tributaries of its source, in the east of the plateau Correntes/Itiquira, in the neighbourhoods the city of Alto Garças, to the scarp of the São Jerônimo mountain range, toward the west of Itiquira, in the state of Mato Grosso, totalizing 5,361 km². The area is placed in the eastern part of the Alto Paraguai basin, in the western portion of the Paraná Sedimentary Basin plateau. Through GIS techniques, it was possible to assess total soil losses from the Itiquira river basin, considering the years of 1966, 1985 and 1996, being based on the Universal Soil Loss Equation. Thus, in 1966 the basin lost 201,546.94 *ton* of soil, with an average loss of 0.37 *ton/ha/year*. Considering that the total area of the Itiquira river basin is of 536,100 *ha*, while in 1985 the soil losses had passed to 1,760,833.40 *ton*, with an increase of approximately 8.5 times. The average of soil losses in 1985 was of 3.28 *ton/ha/year*. In 1996 the basin lost 1,662,043.24 *ton*, with a reduction of only 9.4% in relation to 1985 but, in relation to 1966, the increase continued in the order of 8 times. The average losses per hectare in this year was in the order of 3.10 *ton/ha/year* (Chart 1). The map of potential of the laminar erosion for 1966 (Figure 3), shows to the highest values in small areas, situated in the northeast of the area, in Alto Garças, with values between 10 to 20 *ton/ha/year* and some spots in sources of the Itiquira and Ariranha rivers, with values between 1 to 5 *ton/ha/year*. In a general way, however, the area presents low soil loss for laminar erosion in this year, with inferior values to 1 *ton/ha/year*. The higher class of erosion, over 10 *ton/ha/year*, occupied 2,947 *ha* in 1966. In the year of 1985 (Figure 4), the erosive process spread over the entire studied area, and the class of erosion over of 10 *ton/ha/year*, already started to occupy 78,437 *ha*, implying an increase of approximately 27 times in 19 years. A strong increment in the erosive process was noticed in the western part of the area, to along the BR-163 road, exactly where great areas of natural vegetation (open pasture) had been transformed in culture and pasture areas. In the north-eastern part of the area was also noticed an increment in the erosive process in agreement with the increase of culture areas and reduction of the natural areas, but it was not of so intense form as in the western portion of the area. In the year of 1996 (Figure 5), the class of erosion over of 10 *ton/ha/year* had diminished for a total of 53,499 *ha* noticing a retraction of the erosive process in the western part of the area, alongside the BR-163 road. On the other hand, it occurred a strong increment in the northern part of the area, in the neighbourhoods of the city of Alto Garças, alongside the BR-364 road and part of the MT-040 road. In a general way, in the outskirts of the city of Itiquira, in the central part of the area, it was verified an increase of the amount of zones with erosion between 0-1 *ton/ha/year*, passing to the immediately superior class, of 1-3 *ton/ha/year*; scarce data of hydrosedimentology in the UHE Itiquira (1999), shows good agreement with the values gotten for the EUPS (Chart 2). Based on the hydric classification proposal for FAO (1967) (Chart 3), it is noticed that areas with high degree of erosion (> 50) in the analysed area are very restricted, occupying 493 *ha* in 1985 and 332 *ha* in 1996 (Chart 4). In 1996 appeared as isolated spots in the north of Itiquira and Alto Garças, however beyond limits of the Itiquira river basin. These areas require special cares in its use as agricultural areas. Aiming at identifying and indicating the areas of potential risk of erosion and that need implementation of conservation practices, it was elaborated the map of limit of tolerance to the soil losses. In 1966 (Figure 6), areas with soil losses over of the tolerable were restricted to small spots located in the eastern part of the area, occupying 0.43% of the total of the area; already in 1985 (Figure 7), this percentage passed to 5.86%, spreading for all the area; in 1996 (Figure 8) it is observed a fast reduction of the areas with soil losses over of the tolerance limit, passing 5.43% of the total of the area. All the areas with losses over of the tolerable value must be considered as risk areas and were done in these areas studies for implementation of conservation practices.

Key-words: Pantanal, laminar erosion, tolerance of soil losses.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas verificaram-se consideráveis transformações no uso do solo das regiões elevadas da borda do Pantanal, pela rápida implementação de técnicas de cultura intensiva, colocando o ecossistema em crise, principalmente em relação à erosão do solo e respectiva consequência nas regiões pantaneiras.

Assim, realizou-se a análise da erosão laminar na bacia do rio Itiquira, em sua porção que vai dos afluentes da sua cabeceira no leste da chapada Correntes / Itiquira, até a escarpa da serra de São Jerônimo, num total de 5.361 km² (Oka-Fiori 2002; Oka-Fiori et al. 1999 e Fiori et al. 2001). Localiza-se entre os paralelos 16°48' e 17°32' Sul e os meridianos 53°15, e 55° 01 Oeste, na parte leste da bacia do Alto Paraguai, na porção ocidental do planalto da Bacia Sedimentar do Paraná (figura 1).



Figura 1: Localização da área de estudo. *Place of studied area.*

A área da pesquisa está geologicamente inserida na bacia sedimentar do Paraná, constituída no local por rochas das formações Aquidauana, Corumbataí, Botucatu e do grupo Bauru. Quanto aos tipos de solos, ocorrem 6 classes, sendo os Latossolos, Areias Quartzosas e Podzólicos os mais importantes pelas respectivas áreas de abrangência, as quais mostram grande variação nas características físicas e morfológicas, principalmente em função dos diferentes tipos litológicos e formas de relevo. Geomorfologicamente, a área está inserida na região dos planaltos da Bacia do Alto Paraguai, na chapada Correntes / Itiquira, onde o relevo apresenta amplas formas tabulares estruturais e formas convexas, comportando altimetrias que vão de 500 a mais de 800 m.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Através de integração de uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas – SIG foi possível determinar as perdas totais de solo na bacia do rio Itiquira nos anos de 1966, 1985 e 1996, conforme consideradas neste trabalho, ou seja, até a desembocadura do Itiquira na bacia do Pantanal, com base na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Para tanto, foram elaboradas cartas temáticas, apresentando feições poligonais em que, para cada polígono, foi atribuído um valor referente aos parâmetros da Equação.

A carta de cobertura do solo do ano de 1966 foi elaborada com dados obtidos das cartas topográficas

da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (Itiquira e Rondonópolis), na escala 1:250.000. Para os anos de 1985 e de 1996 as cartas de cobertura do solo foram feitas através da análise de imagens de satélite, utilizando-se técnicas de classificação multiespectral, com classificação supervisionada, levando-se em conta chaves de interpretação e controles de campo.

Dessa forma, foram reconhecidas 10 classes de cobertura do solo na área de estudo, ou seja: área urbanizada, área de cultivo, área irrigada, área de pastagem, área reflorestada, área de matas, área de cerrado, área úmida, lagoas e área recentemente queimada.

Os valores do fator erosividade das chuvas (R) foram obtidos do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP (1997), que determinou a erosividade das chuvas no Pantanal Mato-grossense, com base em dados de 140 estações pluviométricas distribuídas na região da Bacia do Alto Paraguai - BAP. A partir desses dados gerou-se o mapa de isoerodentes da região estudada, obtido por interpolação de curvas com intervalos de 200 Mj.mm/ha.h.ano.

Os valores da erodibilidade dos solos (K), foram também obtidos do PCBAP (1997), que efetuou a avaliação dos parâmetros de erodibilidade dos solos da Bacia do Alto Paraguai a partir do levantamento de solos de Radambrasil (1982) na escala 1:1.000.000. Foi definido para cada tipo de solo um grau de erodibilidade a partir das classificações feitas por Wishmeier & Smith (1958) e Bertoni & Lombardi Neto (1985). Os valores da erodibilidade dos solos são expressos em t.ha.h/ha.Mj.mm.

A descrição e caracterização das classes dos solos da área de pesquisa são aqui feitas de acordo com Orioli et al. (1982) e Santos et al. (1997), uma vez que não é objetivo do presente trabalho a realização de uma campanha sistemática para o estudo dos solos. Apesar da nova classificação dos solos proposta pela Embrapa (1996, 1998), preferiu-se manter a classificação antiga, basicamente por dois motivos:

1. A adaptação da terminologia não é tarefa simples, com apenas troca de termos. Os novos termos não correspondem inteiramente aos termos da classificação antiga, havendo necessidade da elaboração de mapas de solos, já incorporando os conceitos da nova terminologia.
2. Para o cálculo das perdas de solo, um dos fatores importantes é o fator K, ou de erodibilidade do solo. Esse fator foi calculado para todos os solos da bacia do alto Paraguai pelo PCBAP (1997) e está relacionado aos solos da nomenclatura anterior.

O Projeto PCBAP (1997) realizou um exaustivo trabalho de revisão bibliográfica e de compilação de todos os trabalhos disponíveis para a caracterização dos solos e elaboração do Mapa Pedológico do Pantanal, como aqueles realizados pelo Projeto Radambrasil [Folhas de Goiás - SD.22 (1981), Campo Grande - SF.21 (1982a), Corumbá - SE.21 e parte da folha SE.20 (1982b), Cuiabá - SD.21 (1982c) e Goiânia - SE.22 (1983)], em escala 1:1.000.000, os levantamentos realizados pela Seplan-MS (Mato Grosso do Sul 1986), aqueles realizados no sul do Mato Grosso do Sul (Brasil 1971), em escala 1:600.000 e na região sudoeste do Mato Grosso (Embrapa 1982), e o levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da parte alta de Corumbá, em escala 1: 100.000, pelo CPAP e CNPS da Embrapa (Embrapa 1996).

Além disso, foram efetuadas dentro do PCBAP diversas campanhas de campo para a descrição dos diferentes tipos de solos, unificação das unidades de mapeamento, coleta de amostras e análises de solos.

Ocorrem na área da presente pesquisa dez classes de solo (figura 2) que mostram grande variação nas características físicas e morfológicas, principalmente em função dos diferentes tipos litológicos e formas de relevo. Já no planalto, cujos componentes litológicos são quase exclusivamente as formações cretáceas da Bacia Sedimentar do Paraná, com capeamento terciário detritico-laterítico no topo, ocorrem solos mais evoluídos. Por sua vez as depressões e os relevos residuais apresentam, em geral, solos mais jovens, oriundos de rochas pré-cambrianas. O Pantanal, por sua vez, na planura geral que o caracteriza, acumula os sedimentos recentes de caráter hidromórfico.

O fator topográfico é constituído por duas variáveis do relevo que modificam a ação exercida pela água pluvial: o comprimento das encostas e o declive. Para tanto, para obtenção do fator topográfico (LS) da área de estudo, foi gerado o Modelo Digital do Terreno – MDT, a partir dos dados de altimetria (curvas de nível e pontos cotados) e utilizando o comando *Topogrid* do *Arc/info*, que utiliza um método de interpolação especificamente projetado para criar modelos digitais do terreno hidrologicamente corretos.

A partir do MDT obteve-se o mapa de declividade com classes de declividade de 0-5%, 5-15%, >15%, que indicam o valor percentual da inclinação da vertente. Esse mapa é calculado automaticamente pelo sistema. O mapa de declividade, através de reclassificação, gerou um mapa poligonal de declividade onde, para cada polígono classificado, foi atribuído o fator LS correspondente aos intervalos de classe, da mesma forma como feito por Kok et. al. (1995).

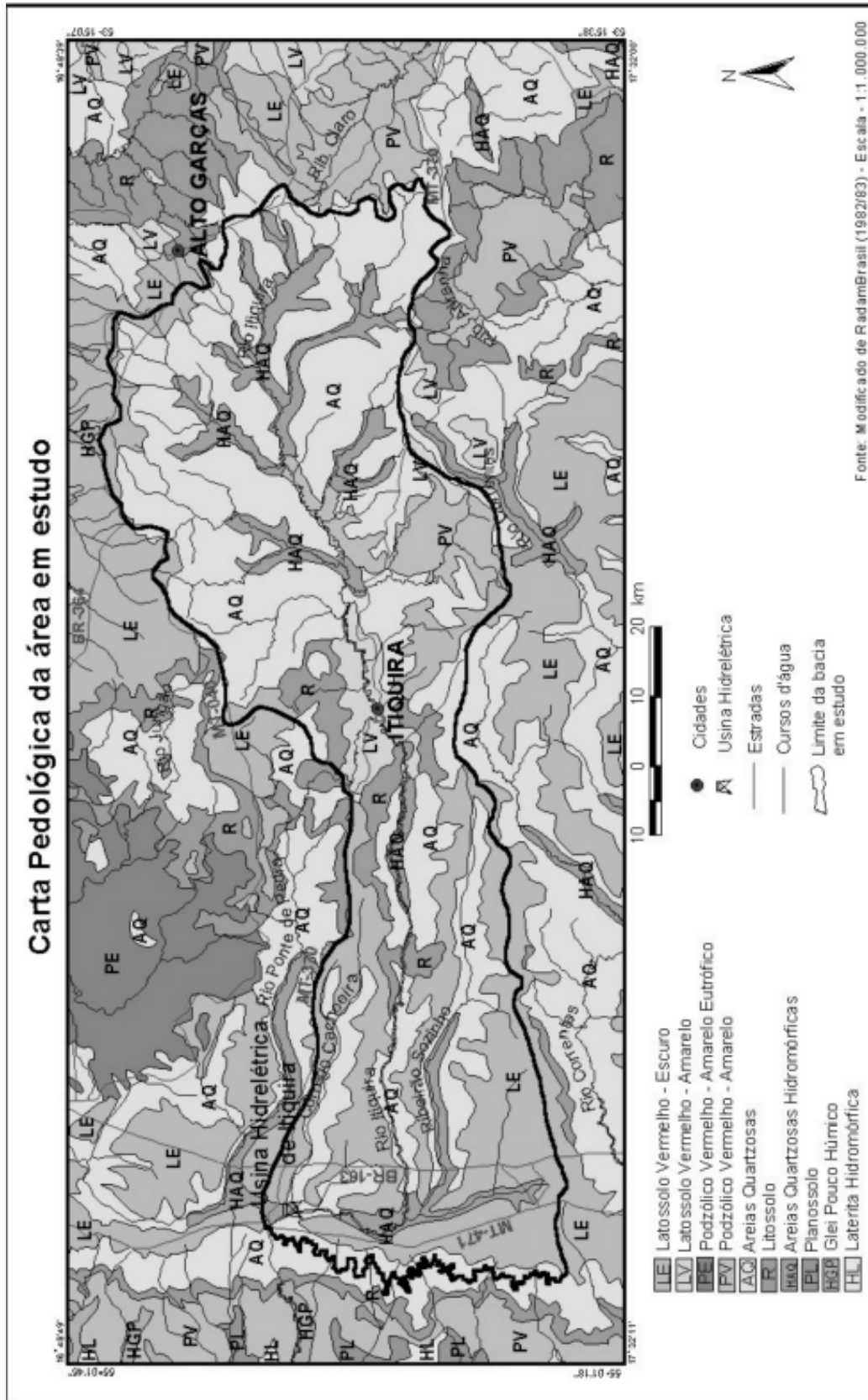


Figura 2: Carta pedológica da área de estudo. *Pedologic letter of studied area.*

Para os valores do fator uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P), foram adotadas as categorias de ocupação e valores correspondentes de CP atual estabelecidos por Stein et al. (1987). Para cada polígono foi atribuído o valor de CP correspondente.

Todas as cartas foram sobrepostas e, através de operações matemáticas, os valores poligonais foram multiplicados para se obter como resultado final o valor de erosão (A) em t/ha.ano, utilizando-se de operações de análise espacial (*Intersect – overlay – poly on poly*). Foi criado então novo nível de informação, em que cada polígono é o resultado da intersecção de todos os polígonos de *input*.

Nessa nova *coverage* criada, (Total_A), foi atribuído um novo item “valor_A” em que cada polígono passou a ter o resultado da multiplicação de todos os fatores da equação. Para calcular o valor de A trabalhou-se com a tabela da *coverage*, utilizando-se a expressão da Equação Universal de Perdas de Solos: Select all

$$\text{Calc Valor}_A = \text{Fator}_R * \text{Fator}_K * \text{Fator}_{LS} * \text{Fator}_{CP}$$

As equações de cálculo de perdas de solo permitem a estimativa da erosão esperada em uma determinada área sob as mais variadas condições existentes ou de uso, manejo e práticas conservacionistas. Os resultados devem ser comparados com as taxas máximas aceitáveis como “tolerância de perda de solo”. A tolerância de perda de solo é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, mantendo ainda o solo com elevado nível de produtividade por longo período de tempo e reflete a perda máxima de solo por ano que se pode admitir com um grau de conservação tal que mantenha uma produção econômica em futuro previsível com os meios técnicos atuais.

A presente pesquisa teve como base a metodologia proposta por Bertoni & Lombardi Neto (1985), que leva em consideração:

a) Profundidade do solo: A profundidade do solo favorável ao desenvolvimento do sistema radicular é, sem dúvida, a característica mais importante para o estabelecimento dos limites de tolerância de perdas por erosão. Para solos bem desenvolvidos, como os latossolos, a profundidade máxima admitida para o desenvolvimento do sistema radicular foi de 1 m.

b) Relação textural entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais: A relação textural, entre esses horizontes afeta principalmente a infiltração e a permeabilidade do solo. Uma relação textural de argila alta indica uma capacidade de infiltração menor nos horizontes de subsuperfície, acelerando, com isso, a inten-

sidade de erosão dos horizontes superficiais. A relação textural (Rt) calculada no presente trabalho, é a razão entre a média ponderada dos teores de argila dos horizontes B e a percentagem de argila dos horizontes A. A média do teor de argila foi ponderada pela espessura dos respectivos horizontes, tendo-se por base as descrições dos perfis de solos apresentados pelo projeto Radambrasil (1982, 1983) e por observações próprias, feitas pela equipe de trabalho do Projeto Pantanal. Como horizontes superficiais foram considerados os horizontes A (A_p, A_1, A_2 e A_3) e como subsuperficiais os horizontes B (B1 e B2), quando ocorrem.

Escolha dos horizontes no perfil de solo: Observando os critérios estabelecidos, os autores escolheram os horizontes de cada perfil de solo para o cálculo dos limites de tolerância de perdas de solo. As seguintes restrições foram verificadas: (a) não foi incluído para o cálculo o horizonte superior ao C ou R, à exceção dos litossolos; (b) os horizontes B3 não foram incluídos nos cálculos.

Cálculo do peso de terra por unidade de superfície (P): Para cada horizonte considerado do perfil de solo, foi medida sua espessura e o peso específico do solo, calculando o peso de solo por unidade de superfície, tendo-se ainda em conta o critério adotado para a relação textural entre ambos os horizontes especificado no item b. O cálculo foi efetuado com a equação abaixo, considerando-se a unidade de superfície igual a 100 hectares:

$$P = 100 \times H \times D,$$

onde:

P = peso de terra em um hectare, em toneladas;

H = espessura do horizonte, em centímetros.;

D = peso específico do solo, em g/cm³.

O peso total de solo por unidade de superfície é obtido somando-se a quantidade de solo de cada horizonte considerado.

Período de tempo para desgastar a quantidade de solo da unidade de superfície: Verificou-se que é necessário cerca de um milênio para desgastar a quantidade de solo da unidade de superfície, não considerando nos cálculos a formação de solos por fenômenos de intemperismo. Dividindo por 1.000 o peso de solo por unidade de superfície, tem-se a tolerância de perdas de solo (T_p) por ano para cada unidade de solo, ou seja, a quantidade máxima de solo que pode ser perdida por ano, mantendo-se ainda com certo nível de produtividade. Assim, $T_p = P/1.000$, que corresponde ao valor de A tolerável.

Devido à dificuldade de obtenção de análises atuais de cada solo da área pesquisada, foram utilizados os dados dos perfis do Projeto Radambrasil (1982, 1983)

e da Embrapa (1971), tomando-se o cuidado de escolher os perfis que estavam dentro da área de pesquisa ou próximos.

A coluna de Textura (\bar{T}) foi obtida através da média ponderada do conteúdo de argila multiplicado pela espessura do nível e dividida pela espessura do horizonte de cada solo, como mostra a equação abaixo:

$$\bar{T} = \frac{\sum e_i a_i}{h}$$

onde:

e_i = espessura do nível

a_i = argila < 0,002 mm

h = espessura do horizonte

A coluna de Relação textural (R_t) foi obtida através da seguinte relação:

$$R_t = \frac{\bar{T}_B}{\bar{T}_A}$$

onde:

\bar{T}_B = Média ponderada do conteúdo de argila do horizonte B

\bar{T}_A = Média ponderada do conteúdo de argila do horizonte A

Como exemplo, o cálculo realizado para o solo Podzólico Vermelho-Amarelo:

Textura do Horizonte A

$$T_A = \frac{20 \times 11 + 15 \times 16}{20 + 15} = 13,14$$

Textura do Horizonte B

$$T_B = \frac{25 \times 20 + 50 \times 28 + 40 \times 27}{25 + 50 + 40} = 25,91$$

Relação Textural

$$R_t = \frac{T_B}{T_A} = \frac{25,91}{13,14} = 1,97$$

Peso do Solo

Aplicando-se a equação anteriormente definida para a determinação do peso, tem-se para cada horizonte do solo:

Horizonte A: 100ha x 20cm x 1,32g/cm³= 2.640 t
 Horizonte A₃: 100ha x 15cm x 1,32g/cm³= 1.980 t
 Peso do horizonte A: = 4.620 t
 Horizonte B₁: 100ha x 25cm x 0,75 x 1,32g/cm³ = 2.475 t
 Horizonte B₂1t: 100ha x 50cm x 0,75 x 1,32g/cm³..= 4.950 t
 Horizonte B₂2t: 100ha x 40cm x 0,75 x 1,32g/cm³..= 3.960 t
 Peso do horizonte B:=11.385 t

Como a relação textural foi de 1,97, considerou-se para os horizontes superficiais apenas 75% do seu peso e 75% do espessura do horizonte B. Ou seja: Peso do Horizonte A = 4.620 x 0,75 = 3.465 t e Espessura do Horizonte B = 115 x 0,75 = 86,25. Peso do horizonte B = 11.385 t.

Somando-se o peso de cada horizonte considerado, obtém-se o peso total do solo igual a 14.850 t. Dividindo-se, então, o peso do solo por 1.000, tem-se a tolerância de perda para o solo Podzólico Vermelho-Amarelo, igual a 14,84 toneladas por hectare / ano.

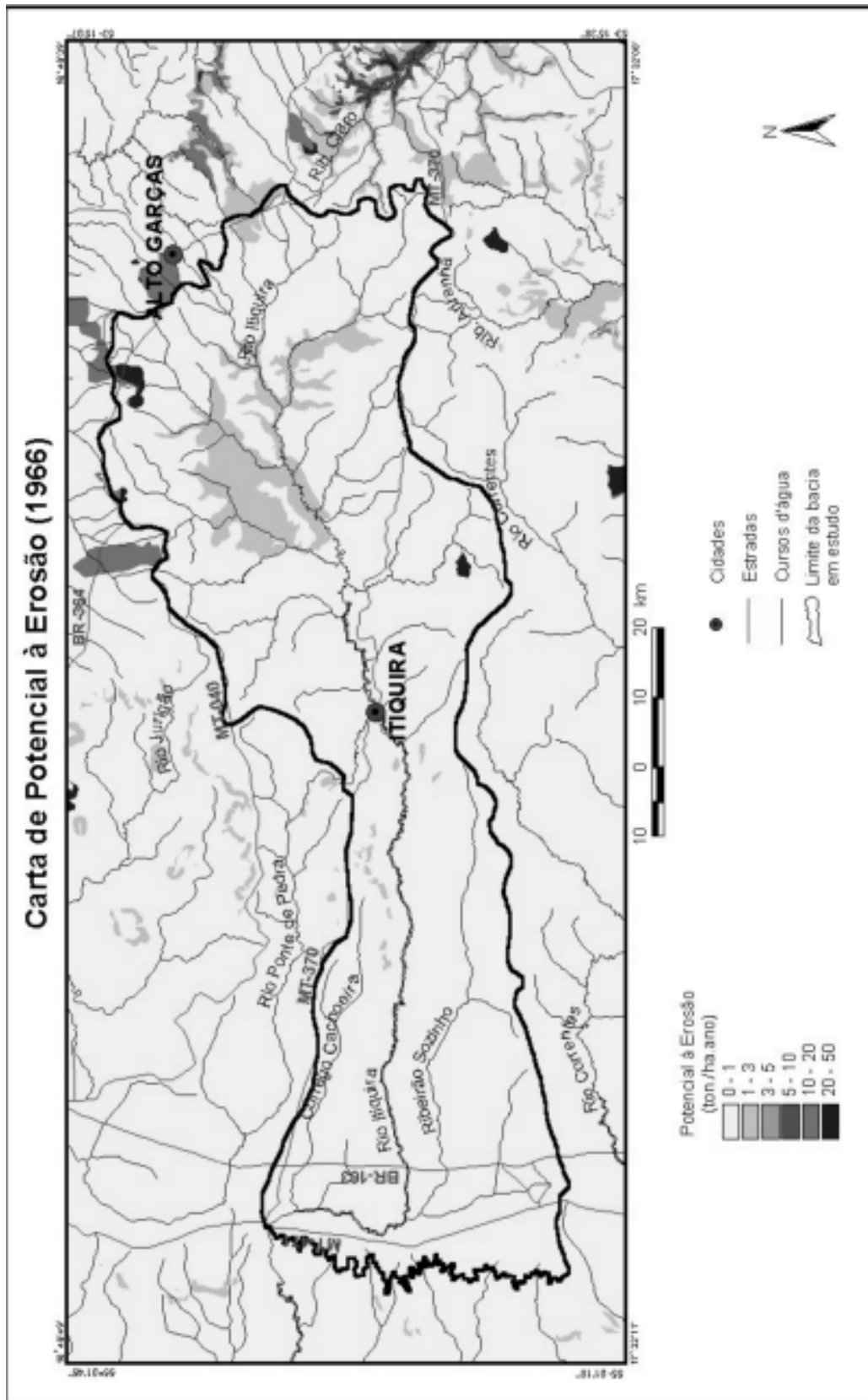
RESULTADOS E ANÁLISE

As classes de perdas de solo, ou valores de A (t/ha.ano) da EUPS, aqui denominadas de Carta de Potencial à Erosão, foram divididos em classes que variam de 0-1 t/ha.ano até mais de 50 t/ha.ano (figuras 2, 3 e 4).

Assim, em 1966 a bacia perdeu 201.546,94 t de solo, com uma perda média de 0,37 t/ha.ano, considerando-se que a área total da bacia do Itiquira é de 536.100 ha, enquanto em 1985 as perdas de solo passaram para 1.760.833,40 t, com um aumento de aproximadamente 8,5 vezes. A média de perdas de solo nesse ano foi de 3,28 t/ha.ano. Em 1996 a bacia perdeu 1.662.043,24 t, com uma diminuição de apenas 9,4% em relação a 1985, mas, em relação a 1966, o aumento continuou na ordem de 8 vezes. As perdas médias por hectare da bacia do rio Itiquira, nesse ano, foram da ordem de 3,10 t/ha.ano (tabela 1).

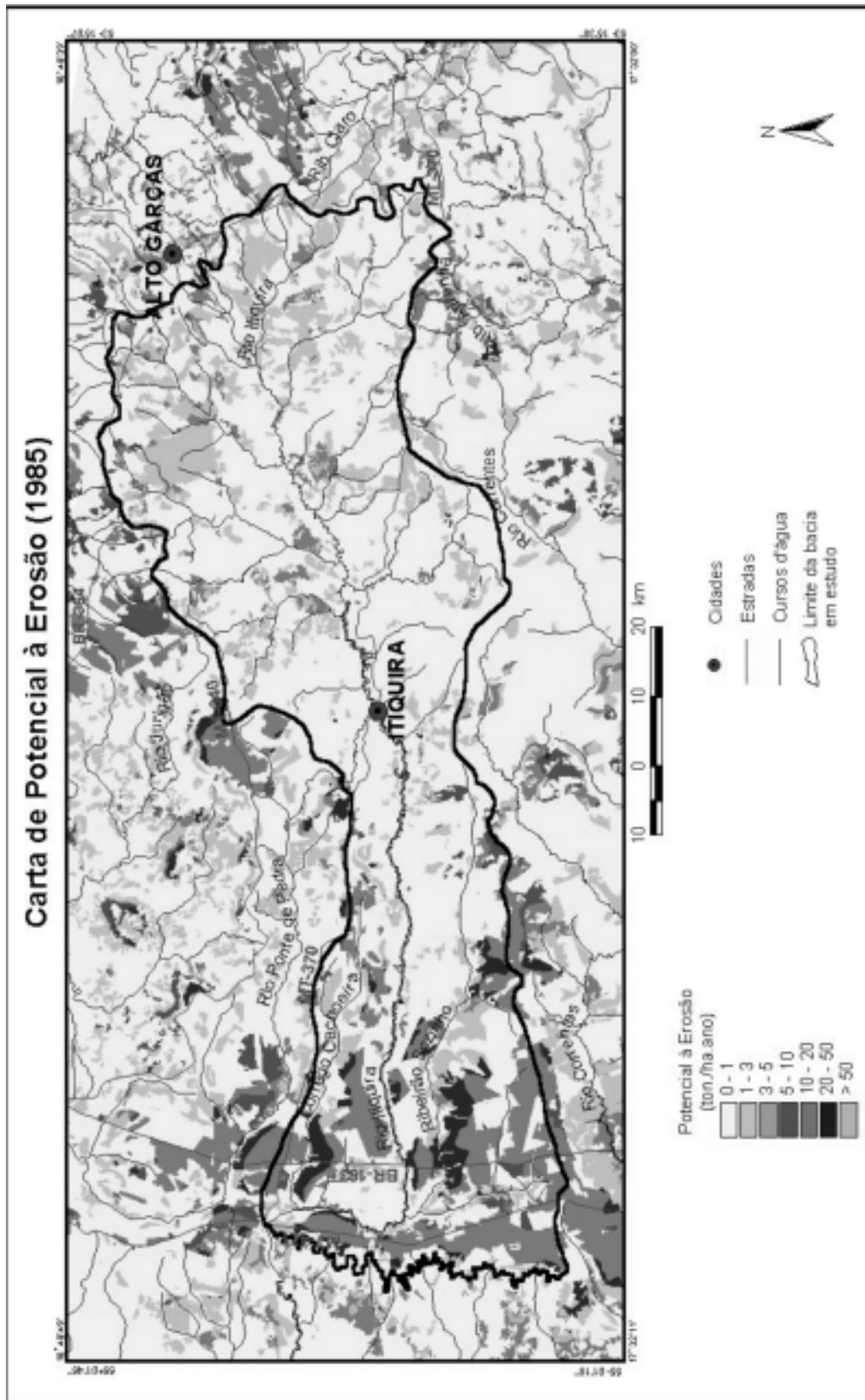
Ano	Média	Perdas anuais de solo (toneladas)
1966	0,37	201.546,94
1985	3,28	1.760.833,40
1996	3,10	1.662.043,24

Tabela 1: Perdas anuais médias de solo na bacia do rio Itiquira (t/ha.ano).



Fonte: Oka-Fiori, 2002.

Figura 3: Carta de potencial à erosão do ano de 1966. Letter of erosion potential in 1966.



Fonte: Oka-Fiori, 2002.

Figura 4: Carta de potencial à erosão do ano de 1985. *Potential letter of erosion in 1985.*

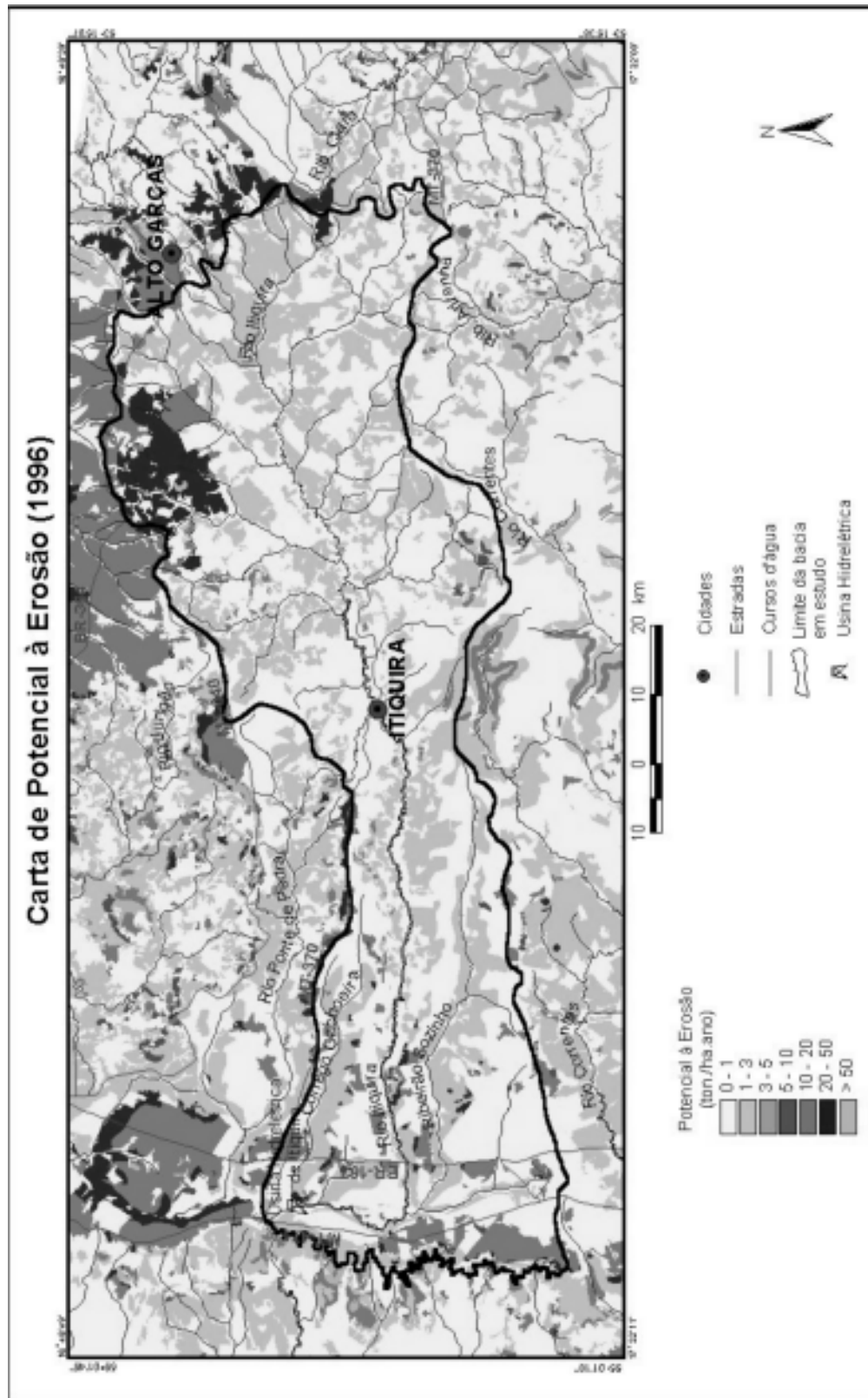


Figura 5: Carta de potencial à erosão do ano de 1996. Letter of potential erosion in 1996.

Fonte: Oka-Fiori, 2002.

Tabela 2: Avaliação hidrossedimentológica da bacia do rio Itiquira, nas proximidades da Usina Hidrelétrica Itiquira S.A. – ITISA. Fonte de dados: Plano de Controle Ambiental – UHE Itiquira, Relatório n. 2, agosto, 1999. *Hydrosedimentologic evaluation of rio Itiquira Basin, in the outskirts of hydroelectrical Itiquira S.A. Dam. Source: Plan of Environmental control, august 1999.*

Estação/ Secção	Local	Data	Área de drena- gem (ha)	Produção de sedimentos (t/ha.ano)	Degradação do solo (mm/ano)
Cascalheira	Rio Itiquira, montante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira	01/08/99	5,1	0,1359	0,01133
Pesqueiro Barrancão	Rio Itiquira, juzante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira e 13 km a jusante da antiga BR-163	01/08/99	52,5	0,1918	0,01598
Cascalheira	Rio Itiquira, montante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira.	24/01/99	51	0,4141	0,02480
Pesqueiro Barrancão	Rio Itiquira, juzante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira e 13 km a jusante da antiga BR-163	24/01/99	52,5	0,3966	0,02433
Itiquira	Rio Itiquira, município de Itiquira	28/03/98	28,5	2,04	0,014846
Cascalheira	Rio Itiquira, montante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira	29/03/98	51	1,2199	0,101658
Pesqueiro Barrancão	Rio Itiquira, juzante do aproveitamento hidrelétrico Itiquira e 13 km a jusante da antiga BR-163	29/03/98	52,5	1,3986	0,026640

Objetivando verificar ao menos a ordem de grandeza dos valores obtidos para as perdas de solo por unidade de área, buscaram-se dados hidrossedimentológicos em postos de coleta de dados no rio Itiquira. A avaliação hidrossedimentológica da bacia do rio Itiquira foi realizada pela Usina Hidrelétrica Itiquira S.A. – ITISA (1999), em três postos diferentes, sendo dois a montante da usina (Cascalheira e Itiquira) e um a jusante da mesma (Pesqueiro Barrancão) (tabela 2).

A produção de sedimentos foi calculada através do método de Colby apud Carvalho (1984), sendo dado pela razão da descarga sólida total pela área de drenagem, obtendo-se o valor em t/ha.ano. Por outro lado, a degradação do solo é obtida através da razão de produção de sedimentos pelo peso específico do sedimento transportado, obtendo-se o resultado em mm/ano. Para o ano de 1998, a produção de sedimentos variou de um

mínimo de 1,398, na estação do Pesqueiro Barrancão, a um máximo de 2,04 t/ha.ano, na estação Itiquira. Deve-se ressaltar, entretanto, que as coletas foram feitas em apenas dois dias, 28 e 29 de março daquele ano.

Os resultados acima, apesar de escassos, mostram uma boa concordância com os valores de A obtidos pela EUPS na área de estudo, com média de 3,28 e 3,10 t/ha.ano, para os anos de 1985 e 1996, respectivamente. Como as estações de medição situam-se próximas ao ponto final da bacia considerada, podem ser considerados como representando os valores acumulados de erosão por toda a bacia do rio Itiquira desse ponto para montante.

Na análise dos resultados, deve-se considerar que a EUPS fornece uma estimativa da erosão mas não da quantidade de sedimentação e, nesse caso, a produção de sedimentos representa a quantidade de sedi-

mentos que é transportada para fora de uma bacia de drenagem, sendo igual à quantidade de solo erodido, menos a quantidade de solo depositado ou retido dentro da bacia de drenagem.

Em um processo de erosão surgem muitas oportunidades para o material erodido ser retido na bacia, reduzindo com isso a quantidade total de sedimentos fornecidos ou cedidos pela bacia de drenagem. Em geral, a taxa com que os sedimentos são descarregados na saída de uma bacia de drenagem é de cerca $\frac{1}{4}$ da taxa de erosão laminar fornecida pela EUPS nos locais onde o escoamento superficial não é suficientemente grande para o seu transporte (Vanoni, 1970). A taxa de erosão e deposição depende do tamanho da bacia de drenagem e de suas características geométricas, como o comprimento da bacia, o tamanho da área de contribuição, a declividade média, a densidade de drenagem, a razão relevo-comprimento e a relação de bifurcação (Roehl 1962).

O ano de 1966 deve ser considerado atípico, com valor de 0,37 t/ha.ano fornecido pela EUPS, pois nesse período a bacia do rio Itiquira não havia sofrido ainda grande influência antrópica, estando recoberta principalmente por vegetação natural e, portanto, mais protegida contra os processos de erosão. Esse valor, entretanto, é comparável aos valores de descargas nas seções fluviométricas, com valores em torno de 0,1359 a 0,4141 t/ha.ano para ano de 1999 (ITISA, 1999), um ano considerado atípico quando se verificaram poucas chuvas na bacia do Itiquira.

Comparando-se as cartas de potencial à erosão dos anos de 1966 e 1996 com o mapa pedológico da área, fica evidente que a expansão do processo erosivo se deu principalmente em função do Latossolo Vermelho, mais adequado às práticas de agricultura na área.

A carta de potencial à erosão laminar para 1966 (figura 3) mostra os valores mais altos concentrados em pequenas áreas esparsas, situadas na parte nordeste da área, na altura de Alto Garças, com valores de A entre 10 a 20 t/ha.ano e algumas manchas nas cabeceiras dos rios Itiquira e Ariranha, com valores entre 1 a 5 t/ha.ano (tabela 4). De um modo geral, no entanto, a área apresenta uma baixa perda de solos por erosão laminar nesse ano, com valores inferiores a 1 t/ha.ano. As classes de erosão mais elevadas, acima de 10 t/ha.ano, ocupavam 2.947 ha em 1966. No ano de 1985, o processo erosivo alastrou-se pela inteira área estudada, e as classes de erosão acima de 10 t/ha.ano já passavam a ocupar 78.437 ha, implicando um aumento de aproximadamente 27 vezes em 19 anos. Um forte incremento no processo erosivo foi

verificado na parte oeste da área, ao longo da BR-163, justamente onde grandes áreas de vegetação natural (cerrado) foram transformadas em áreas de pastagem e de cultivo.

Na parte nordeste da área verifica-se, igualmente, um incremento no processo erosivo, em concordância com o aumento de áreas de cultivo e diminuição das áreas naturais, mas não de forma tão intensa como na porção oeste da área (figura 4). No ano de 1996, as classes de erosão acima de 10 t/ha.ano diminuíram para um total de 53.499 ha, notando-se uma retração do processo erosivo na parte oeste da área, ao longo da BR-163 mas, em contrapartida, ocorreu um forte incremento na parte norte da área, nas proximidades da cidade de Alto Garças, ao longo da BR-364 e parte da MT-040 (figura 5). De um modo geral, nos arredores da cidade de Itiquira, na parte central da área, verificou-se um aumento da quantidade de zonas com erosão entre 0 - 1 t/ha.ano, passando para a classe imediatamente superior, de 1 - 3 t/ha.ano. O mapa da cobertura de solo mostra que ao longo da BR-364 e MT-040, até a localidade de Alto Garças, houve ali um grande incremento nas áreas de agricultura a partir de 1985, enquanto nas proximidades da cidade de Itiquira grandes áreas de cerrado foram transformadas em áreas de pastagem.

As classes de erosão potencial e respectivas áreas envolvidas para os anos de 1966, 1985 e 1996 (tabela 3), elaboradas com base na classificação hídrica proposta pela FAO 1967 (tabela 4), mostra que áreas com grau de erosão alta (> 50) na área analisada são muito restritas, ocupando 493 ha em 1985 e 332 ha em 1996. Em 1996 apareciam como manchas isoladas ao norte de Itiquira e de Alto Garças, porém fora dos limites da bacia do rio Itiquira. Essas áreas requerem cuidados especiais na sua utilização como áreas agrícolas.

As cartas de perdas efetivas de solo levam em conta o limite de tolerância às perdas de solo e evidenciam as áreas que requerem um controle e monitoramento mais rigorosos. Em 1966, áreas com perdas de solo acima do tolerável eram restritas a pequenas manchas situadas na parte leste da área, ocupando 0,43% do total da área, ou 2.314 ha (figura 6). Já em 1985 esse percentual passou para 5,86%, ou 31.434 ha, espalhando-se por toda a área (figura 7). Em 1996 observa-se uma ligeira diminuição das áreas com perdas de solo acima do limite de tolerância, passando a 29.098 ha, ou 5,43% do total da área. Nas proximidades de Alto Garças, entretanto, observa-se um aumento considerável dessas áreas, como se pode ver na figura 8.

Classes t/ha.ano	Ano	1966	1985	1996	Grau de erosão segundo FAO
0 – 1	Hectares	496.355	367.728	309.047	Nenhuma ou ligeira
	%	92,59	68,59	57,65	
1 – 3	Hectares	36.796	83.676	171.208	Nenhuma ou ligeira
	%	6,86	15,61	31,94	
3 – 5	Hectares	0	72	169	Nenhuma ou ligeira
	%	0,00	0,01	0,03	
5 – 10	Hectares	0	6.183	2.174	Nenhuma ou ligeira
	%	0,00	1,15	0,41	
10 – 20	Hectares	785	63.790	32.417	Moderada
	%	0,15	11,90	6,05	
20 – 50	Hectares	2.162	14.154	20.750	Moderada
	%	0,40	2,64	3,87	
> 50	Hectares	0	493	332	Alta
	%	0,00	0,09	0,06	

Tabela 3: Classes de erosão potencial na área de Itiquira e respectivas áreas envolvidas para os anos de 1966, 1985 e 1996. *Classes of erosion potential in Itiquira and its areas which were involved in 1966, 1985 and 1996.*

.Perda de solo (t/ha.ano)	Grau de erosão
< 10	Nenhuma ou ligeira
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
> 200	Muito alta

Tabela 4: Classificação do Grau de Erosão Hídrica, segundo a FAO (1967). *Classifying the degree of hydric erosion, according to FAO (1967).*

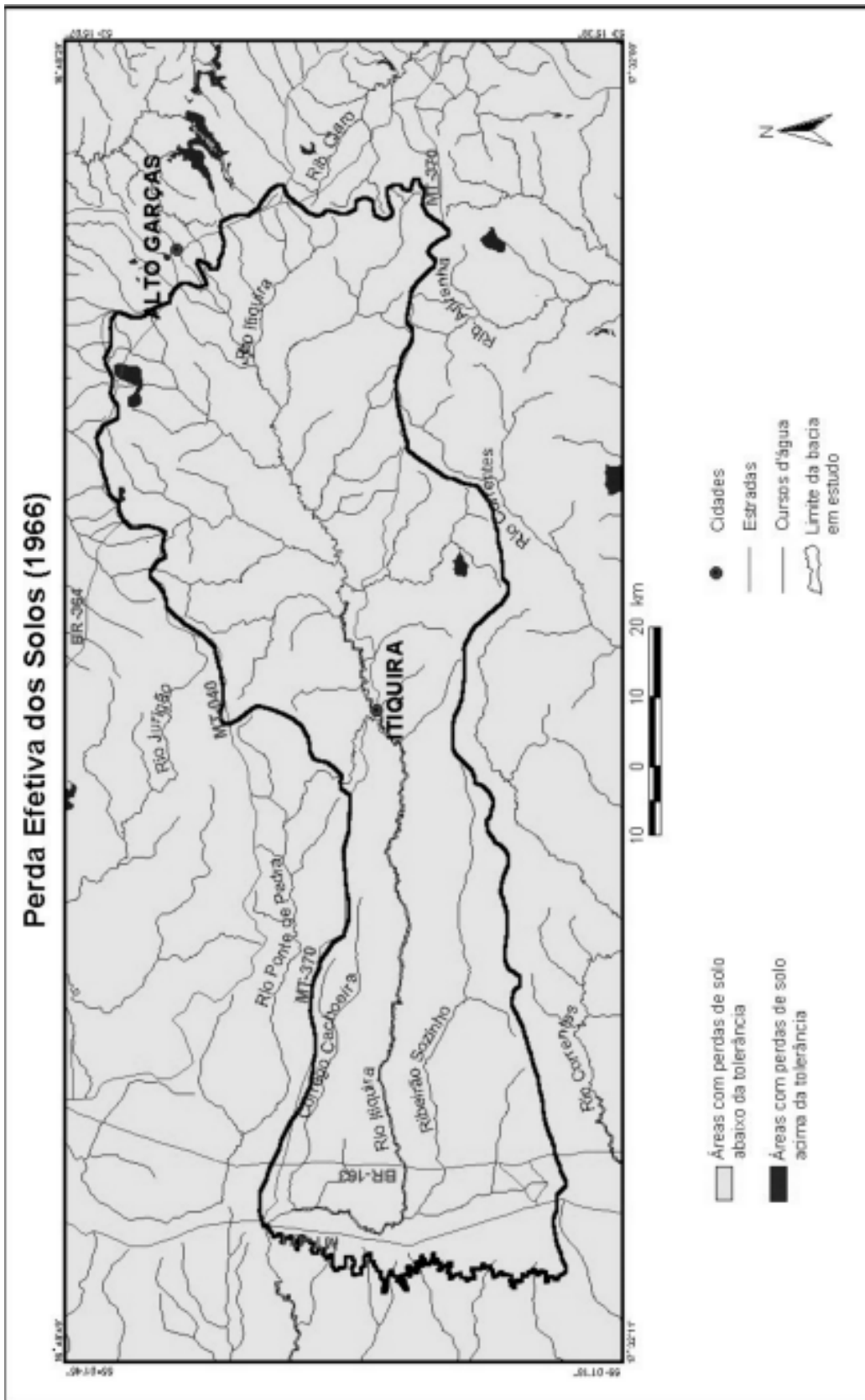
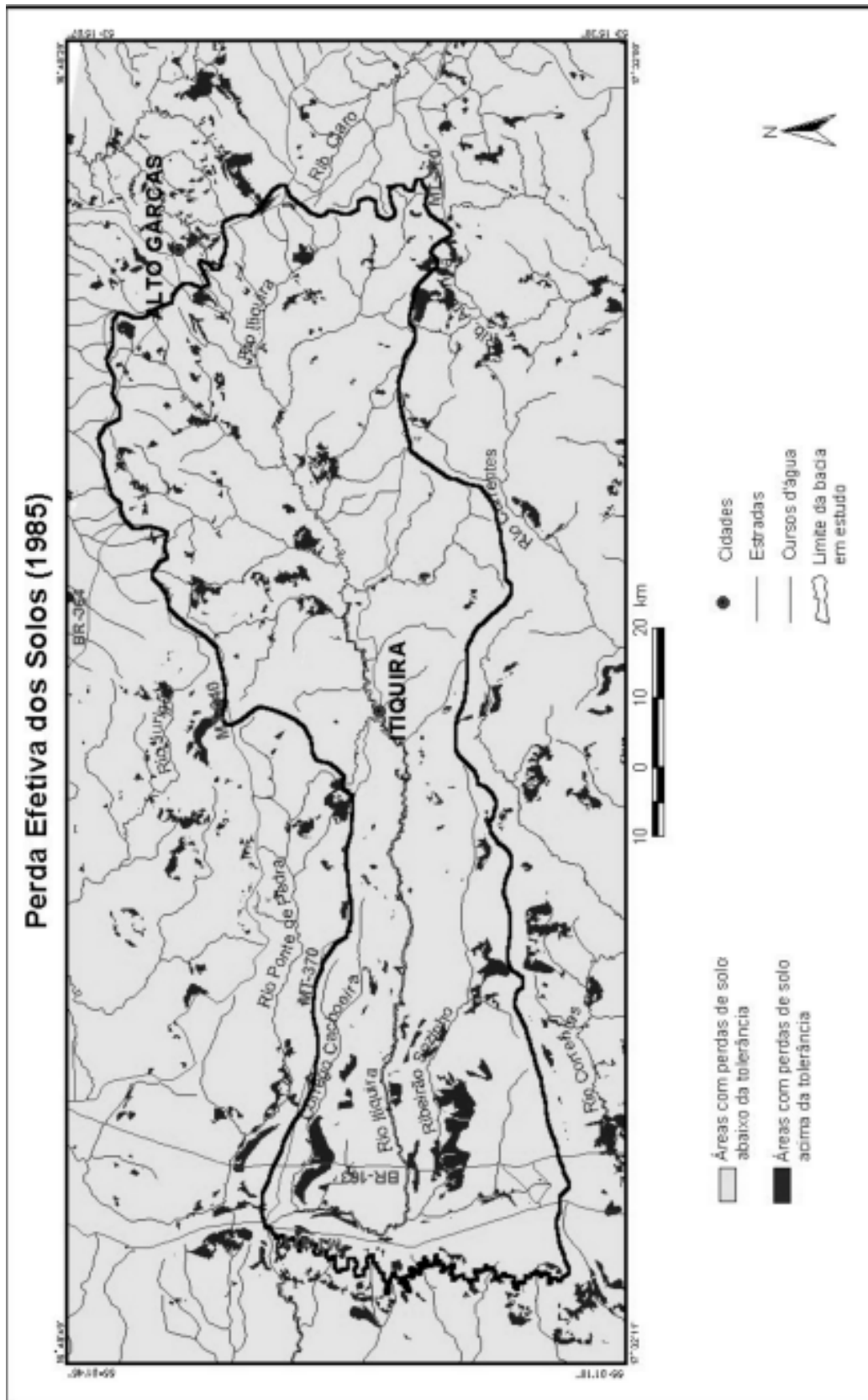
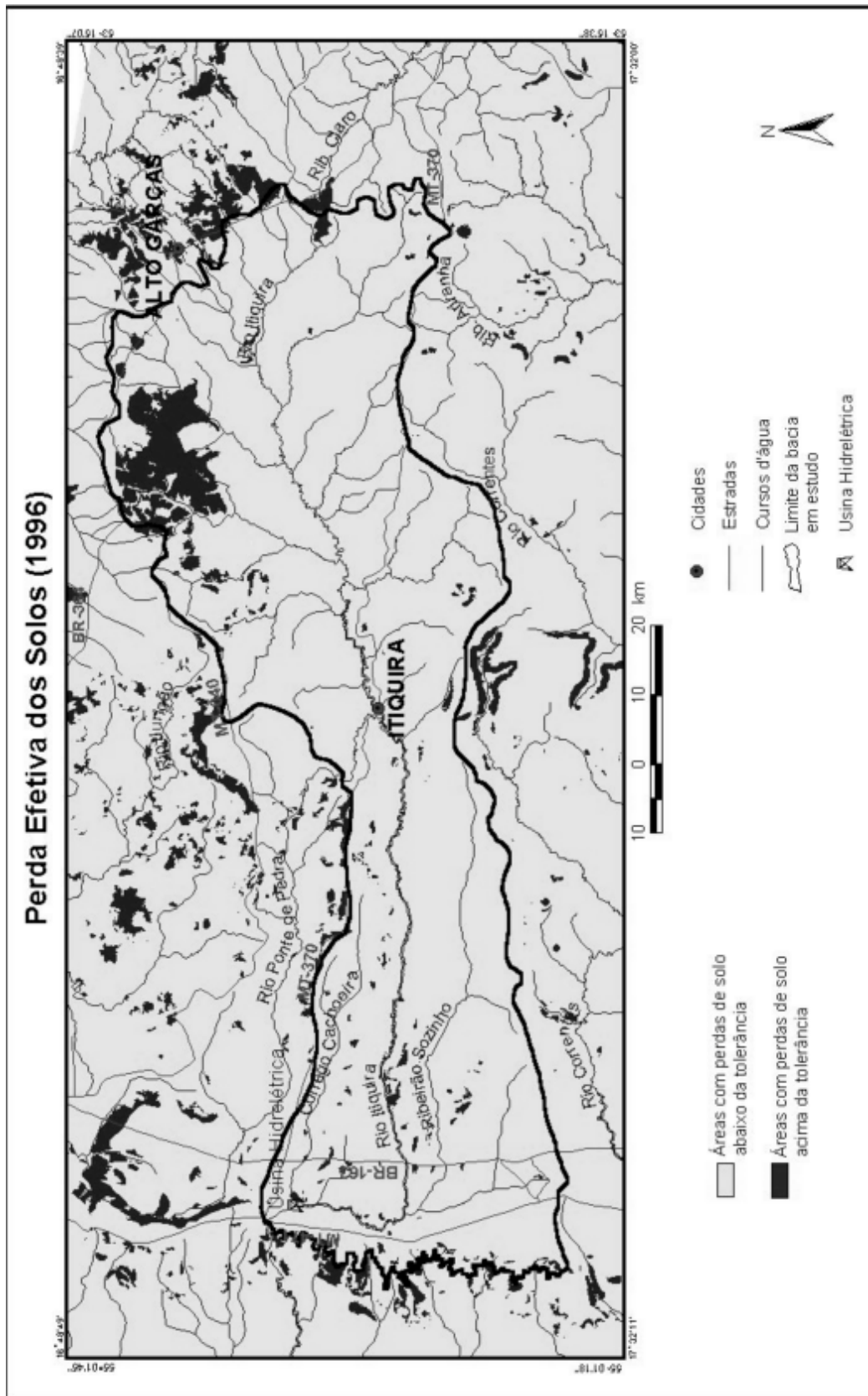


Figura 6: Carta de tolerância de perdas de solo do ano de 1966. Letter of soil loss tolerance in 1966.



Fonte: Oka-Fiori, 2002

Figura 7: Carta de tolerância de perdas de solo do ano de 1985. Letter of soil loss tolerance in 1985.



Fonte: Oka-Fiori, 2002

Figura 8: Carta de tolerância de perdas de solo do ano de 1996. *Letter of soil loss tolerance in 1996.*

CONCLUSÕES

A análise da dinâmica ambiental envolveu o estudo das modificações no uso e ocupação do solo e do processo erosivo num período de 30 anos, tendo-se por base os anos de 1966, 1985 e 1996.

A erosão laminar do solo foi avaliada pelo emprego da Equação Universal de Perdas de Solo, que leva em consideração, além de outros fatores, o uso e ocupação de solo nos anos de 1966, 1985 e 1996. Verificou-se que, com o rápido processo de ocupação antrópica, acelerou-se o processo de erosão do solo. Em 1966 havia uma perda média de 0,37 t/ha.ano, totalizando 201.546,94 toneladas de solo perdidas em

toda a bacia do rio Itiquira. Esse valor passou a 3,28 t/ha.ano em 1985, implicando perda de 1.760.833,40 toneladas e para 3,10 t/ha.ano em 1996, com uma perda de 1.662.043,24 toneladas de solo em toda a bacia. No período de 1985 a 1996 houve pequena diminuição da intensidade do processo erosivo, ao mesmo tempo em que se verifica um aumento nas áreas de pastagem, que protegem mais o solo da erosão que as áreas de agricultura.

Todas as áreas com perdas acima do valor tolerável devem ser consideradas como áreas de degradação do solo e nessas áreas devem ser feitos estudos para implementação de práticas conservacionistas.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. 1985. *Conservação do solo*. Piracicaba, Livrocere, 369 p.
- CARVALHO, N.O. 1984. *Estudo do transporte sólido nos cursos d'água e assoreamento de reservatórios de uso múltiplo*. Apostila ... Ilha Solteira, DNAEE / Cesp, Ilha Solteira, SP.
- EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). *Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da borda oeste do Pantanal*. Maciço do Urucum e adjacências. MS, Corumbá, 1996.
- EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento*: normas em uso pelo SNLCS. Documentos, 11 EMBRAPASNLCS. Rio de Janeiro, 1988, p. 67.
- F.A.O. 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*, Roma, n. 81, 207 p.
- FIORI, A.P. & OKA-FIORI, C. & DISPERATI, L. & PARANHOS, A.C. & KOZCIAK, S. & CIALI, A. 2001. O processo erosivo na Bacia do Alto Paraguai. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, UFPR, 49:63-78.
- INTERTECHNE: AH ITIQUIRA. 1999. *Relatório técnico*. Anexo 1, p. 19 e anexo 4, p. 10.
- KOK, K. et al. 1995. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain. In: *ITC Journal* 3:217-228,
- OKA-FIORI, C. & KOZCIAK, S. & CIALI, A & FIORI, A.P. 1999. Estimativa da erosão dos solos da folha de rio Itiquira (MT / MS). *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, UFPR, 47:31-44.
- OKA-FIORI, C. 2002. *Geomorfologia e Dinâmica Temporo-Espacial da Bacia do rio Itiquira: Pantanal Matogrossense – MT, MS*. Unesp, Tese de Doutorado, 209 p.
- ORIOLO, A.L. & AMARAL FILHO, Z.P. & OLIVEIRA, A.B. de. 1982. Pedologia: levantamento exploratório de solos. In: *Projeto Radambrasil*. v. 27. p. 272-328.
- PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI (PCBAP) - (PANTANAL). 1997. *Diagnóstico dos meios físico e biótico*. Meio físico. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. v. 2, 334 p. Tomo I.
- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. 1982. Corumbá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. *Levantamento de Recursos Naturais, Folha SE 21*, Rio de Janeiro, v. 27, 451 p. il. 6 mapas.
- ROEHL, J. W. 1962. Sediment Source Areas, Delivery Ratios and Influencing Morphological Factors. *Internation Association for Scientific Hydrology Commission of Land Erosion. Publication*, 59: 202-203.
- SANTOS, R.D. dos. et al. 1997. Pedologia. In: *Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP*, p. 123-293.
- 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-Parapanema. In: *Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, 4, Marília. *Anais...*, ABGE/DAEE, p. 105-135.
- VANONI, V. A. 1970. Task Committee on Preparation of Manual on Sedimentation, Vito A. Vanoni, Chmn., *Sedimentation Engineering*, Chapter IV: Sediment Sources and Sediment Yields. In: *Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineering*, 96 (HY6):1283-1329. **(rever referência – confusa)**
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. 1958. Rainfall Energy and its Relationships to Soil Loss. *Amer. Geoph. Union, Transactions*, Washington, 2(39):285-291.

Recebido em 01 mar. 2004

Aceito em 30 jun. 2004